

# A GEOMORFOLOGIA DO RIO PARAIBUNA: INTERFACE PRÉ E PÓS TRANSPOSIÇÃO NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA/MG

454

*Marina da Silva Cabral*

*Universidade Federal de Juiz de Fora*

*Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro,*

*Juiz de Fora - MG, 36036-900*

*E-mail: marinasilvacabral15@gmail.com*

*Diogo Parreira Lapa*

*Universidade Federal de Juiz de Fora*

*Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro,*

*Juiz de Fora - MG, 36036-900*

*E-mail: diogo.parreira@ich.ufff.br*

*Guilherme da Silva Senra*

*Universidade Federal de Juiz de Fora*

*Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro,*

*Juiz de Fora - MG, 36036-900*

*E-mail: guilherme.senra@ich.ufff.br*

## 1. Apresentação/Problemática

A Bacia do Paraibuna é citada por diversos autores como um dos vetores do crescimento da Zona da Mata Mineira, sobretudo do Município de Juiz de Fora. Entretanto, ao observar a morfologia da paisagem fluvial atual, principalmente no trecho entre os bairros Industrial e Poço Rico, nota-se uma série de anomalias no regime. Por meio da análise de horto-fotos do trecho em questão, é possível identificar: a formação de meandros abandonados; depósitos sedimentares; resíduos tecnogênicos e a diferença na morfometria do talvegue.

Dessa maneira, para elucidar o processo, consideramos o conceito de espaço geográfico como espaço total, no qual a influência antrópica altera o espaço real e epistemológico do lugar. E o conceito de paisagem, que segundo Pedroso (2019); e Holzer (1996) é o suporte físico em que o homem incorpora seu trabalho como agente e não espectador [...]. Sendo assim, a problemática se dá a partir de uma alteração antrópica que desencadeia uma série de impactos ambientais.

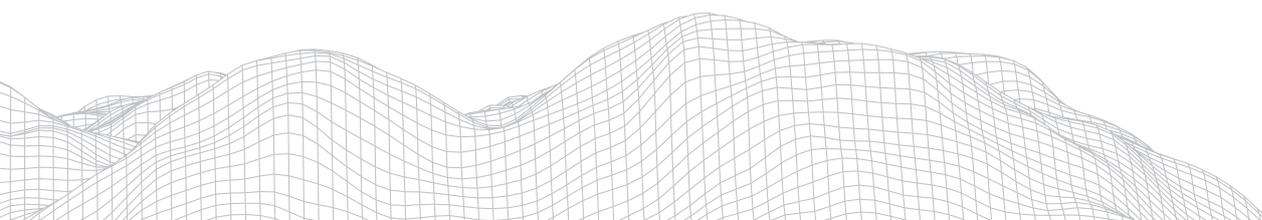
## 2. Objetivo

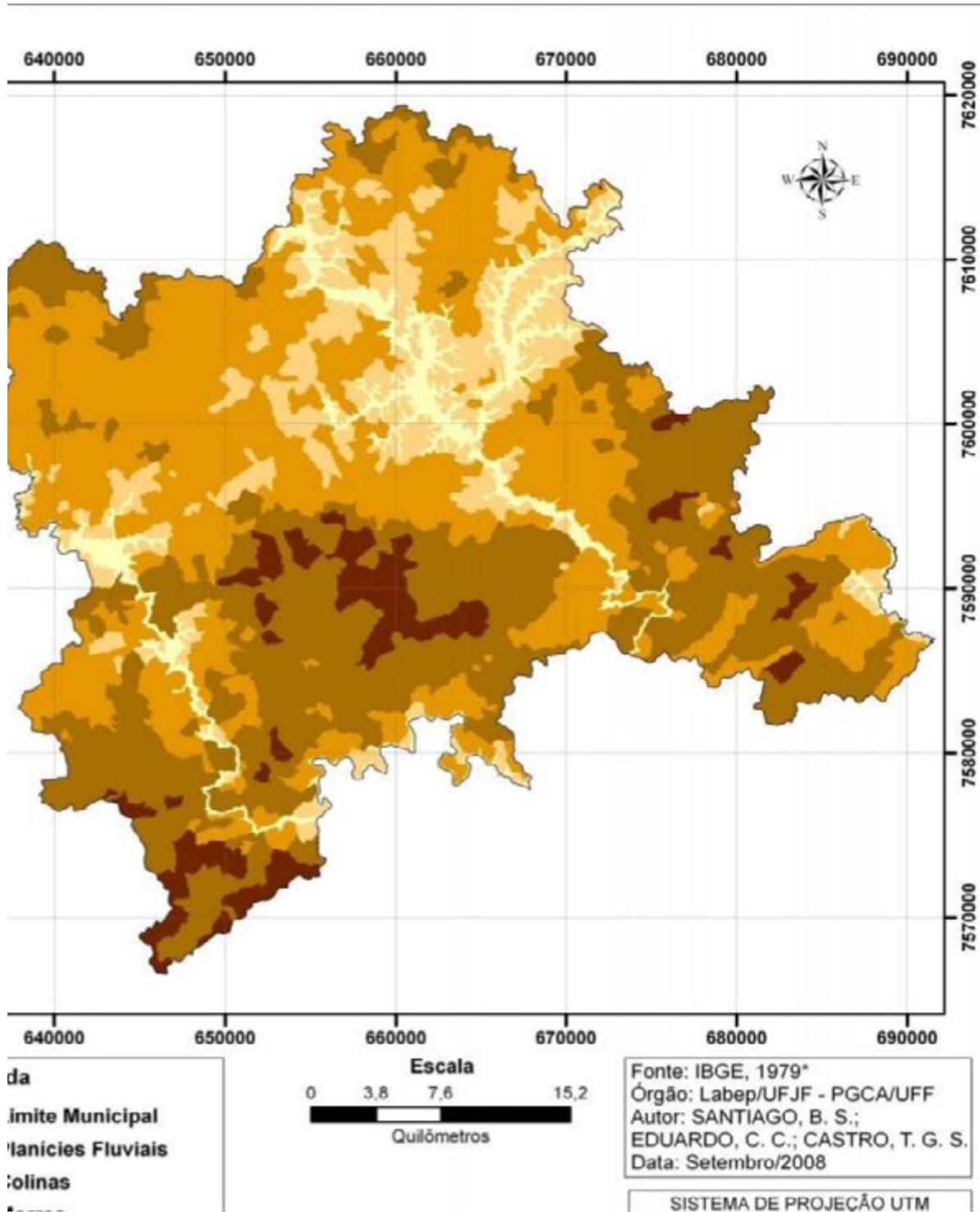
Analisar comparativamente a morfologia do relevo pretérita e subsequente à transposição do curso hídrico, buscando relacionar os eventos ocorridos no século XX com as alterações observadas na contemporaneidade. De modo a identificar se estas ocorreram de forma natural ou foram induzidas pelo processo. O trabalho visa, ainda que de maneira secundária, analisar a hierarquia de poderes que envolve as questões ambientais relacionadas ao rio Paraibuna no que tange ao seu percurso urbano.

## 3. Referencial Teórico

O presente trabalho traz um referencial teórico estruturado sobre três temas que serão os principais para o desenvolvimento do trabalho, sendo eles: a geomorfologia do município de Juiz de Fora/MG; processos de transposição fluvial; a utilização da cartografia histórica para compreender as alterações sofridas e implicadas pelo rio em seu leito.

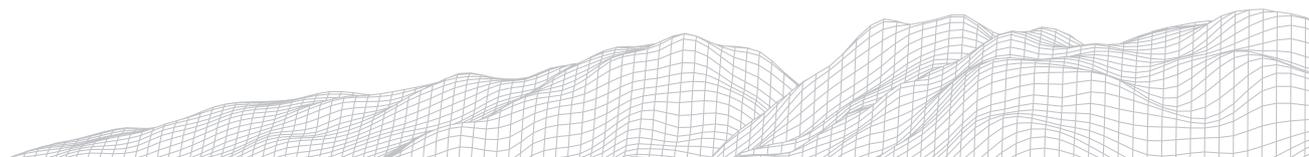
Ao iniciar pelo primeiro tema que será associado ao trabalho, Santiago (2008, apud EDUARDO, 2018) constatou, em seus estudos, que a geomorfologia do município é composta majoritariamente por Morros, indo ao encontro do nome popular dado à formação da região, o “Mar de Morros”. Também foram constatadas as outras classes geomorfológicas do município (**FIGURA 1**), como sendo (em ordem de hectares): Morros, Degraus Reafeiçoados, Colinas, Planícies Fluviais e Degraus Escarpados (SANTIAGO 2008, apud Eduardo, 2018).





**FIGURA 1:** Mapa Geomorfológico de Juiz de Fora/MG.  
Fonte: Adaptado de Santiago (2008, p.64).

Ao entrar nos méritos do processo de transposição, realizado no rio Paraibuna, precisamos entender os prós e contras envolvidos. As transposições hídricas, também chamadas de derivações hídricas, são utilizadas em várias partes do mundo para conseguir transferir água de uma bacia com excedente hídrico para uma com escassez Godoy (2000 *apud* Matsuzaki, 2007). Esses projetos visam facilitar a vida das pessoas, moldando a natureza da forma que se



acha mais adequada para o desenvolvimento do local Matsuzaki, 2007, como o caso de Juiz de Fora, onde foi feita para reduzir os alagamentos.

Dessa forma a utilização da cartografia histórica, será possível realizar uma análise comparativa semelhante a feita por Machado (2016), porém, por se tratar de um rio com proporções significativas dentro do município, precisará ser isolado tal qual foi feito por outros autores Giarola (2017); Machado, Raimundo, Marques (2016) para propor análises concentradas sobre os rios e córregos da cidade.

#### 4. Proposta de Metodologia

Para conseguir desenvolver a hipótese feita para este trabalho, foram escolhidas duas diretrizes revisionais e dois métodos analíticos que visa embasar a discussão que será realizada.

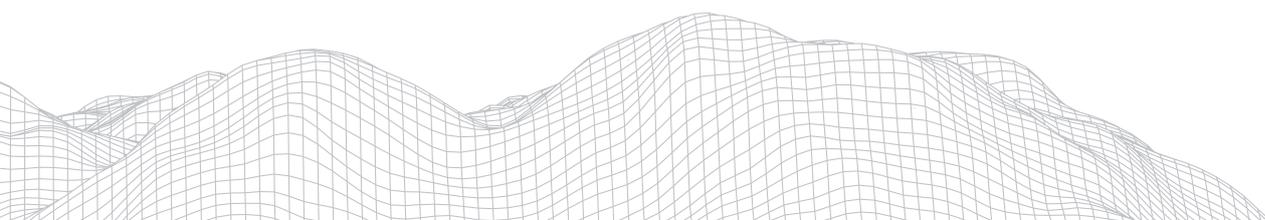
A primeira metodologia selecionada para este trabalho foi a de revisão cartográfica para auxiliar a comparação entre a Juiz de Fora “pré-transposição” e a Juiz de Fora “pós-transposição”, tal qual Machado (2016) realizou com o córrego Independência dentro do mesmo município. Em que ele produziu esboços da cidade anos antes do processo de urbanização intenso sofrido, e os sobrepôs com imagens de satélite recentes, o que auxiliou a compreensão das alterações sofridas pelo córrego, sendo esse trabalho o principal exemplo para a abordagem selecionada, pela forma com que foi produzido.

Na segunda etapa, será elaborada uma revisão bibliográfica sobre a cidade de Juiz de Fora, com o objetivo de entender os motivos que levaram a transposição do rio Paraibuna, e eventuais ônus gerados após a realização do processo. A revisão bibliográfica foi selecionada porque, segundo Minayo (1993, *apud* ECHER, 2001), esse método orienta o caminho do pensamento e da prática exercida na abordagem da realidade, alterando totalmente a qualidade do resultado pela forma como é realizada. Assim, foram escolhidos autores que trabalharam sobre a história da cidade e que auxiliariam na construção da discussão, tendo Silva (2010), Giarola (2017) e Machado, Raimundo e Marques (2016), que contribuem ativamente para a discussão histórica da relação entre a cidade, o rio Paraibuna e, conseqüentemente, seus afluentes. Tal pesquisa almeja analisar como as alterações antrópicas afetaram e afetam os habitantes ribeirinhos em sua cotidianidade. Será utilizado o método de análise do discurso que, de acordo com Nogueira (2001), contribui para a interpretação dos textos sociais e dos comportamentos locais, isso para a nossa pesquisa, constituiu suma importância. Uma vez, que em hipótese os mesmos foram alterados.

Após realizar os processos acima, será aplicada uma metodologia voltada para a observação e a análise dos materiais cartográficos obtidos, tal qual foi utilizada por Mendes e Felipe (2016). Esses servirão como base para a observação do leito do rio e análise individual de alguns pontos, o que atestará a mudança na geomorfologia fluvial no trecho que compreende o município de Juiz de Fora/MG.

#### 5. Desafios/Dificuldades

Os desafios relacionados à pesquisa possuem dois principais direcionamentos. O primeiro deles envolve a temática central trabalhada na pesquisa sobre as mudanças no percurso, considerando o manuseio dos dados ambientais, aliados aos atuais métodos de geoprocessamento. Por um lado, será uma oportunidade que apresentará ótimos resultados sobre a dinâmica fluvial atual, por outro lado, o levantamento das informações históricas poderá ser um empecilho, haja vista a falta de trabalhos de cartografia histórica sobre o município.



O segundo maior desafio da pesquisa será relacionado ao seu viés secundário, referente ao tratamento social da área, devido ao próprio processo histórico da transposição do percurso. Isso se dá pela incapacidade de captar o olhar dos habitantes “ribeirinhos” no contexto atual, em virtude do cenário pandêmico, entretanto esta análise é fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

## 6. Resultados Esperados

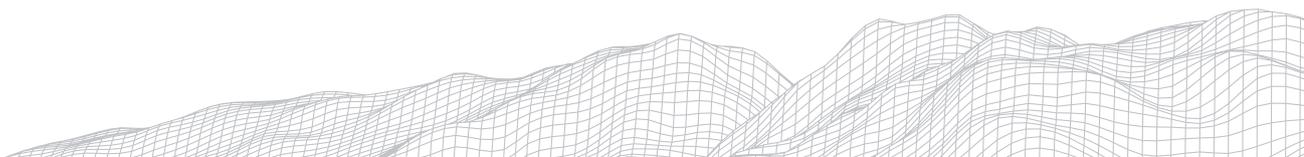
Por se tratar de uma pesquisa em estágio de planejamento, o simpósio será utilizado como uma ferramenta para validação e coleta de feedbacks para o seu desenvolvimento. Sendo assim, espera-se, como produto principal, a geração de um panorama socioambiental da localidade, cujos dados terão extrema validade e importância na geração de políticas públicas ambientais e de reordenamento urbano, visto que a localidade encontra-se recorrentemente afetada por problemas urbanos e ambientais.

## Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a Orbis Consultoria Jr., enquanto instituição, e aos seus membros, pelo apoio incondicional e por todo o fomento prestado à nossa iniciativa, com a indicação de referências e afins.

## Referências

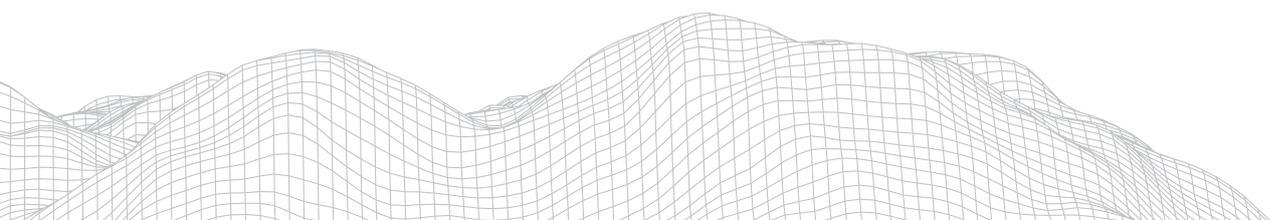
- ECHER, I. C. A revisão de literatura na construção do trabalho científico. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 5-20, jul. 2002. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/23470>. Acesso em: 05 jan. 2020.
- EDUARDO, C. C. **Cartografia geomorfológica comparada: aplicações no município de Juiz de Fora (MG) como subsídio ao planejamento**. 2018. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.
- GIAROLA, I. B. S.; ALMEIDA NETO, J. O. de; PAULA, R. T. As enchentes e a urbanização do rio Paraibuna - MG. In: 1º WORKSHOP ARTE & CIÊNCIA: REFLEXÃO INTEGRADA NA PAISAGEM, 1., 2017, Rio de Janeiro. **Workshop**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2017, p. 1-11. Disponível em: <https://conferencias.ufrj.br/index.php/wac/wap2017/paper/viewPaper/1670>. Acesso em: 17 dez. 2020.
- HOLZER, W. Uma discussão fenomenológica sobre os conceitos de paisagem e lugar, território e meio ambiente. **Revista Território**, v. 2, n. 3, p. 77-85, 1997.
- NOGUEIRA, C. A Análise do Discurso. In: Almeida; Fernandes. (Org). **Métodos e técnicas de avaliação: Novos contributos para a prática e investigação**. 1ed.: p. 15-48, 2001.
- MACHADO, P. J. de O. Urbanização e modificações no córrego Independência, Juiz de Fora - MG. **Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas**, v. 9, n. 1, p. 135-154, 2016.
- MACHADO, P. J. de O.; RAIMUNDO, C. da S.; MARQUES, V. Juiz de Fora e a urbanização do Paraibuna. **Revista de Geografia - Ppgeo/ufff**, Juiz de Fora, v. 6, n. 1, p. 23-34, set. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufff.br/index.php/geografia/article/view/18007/9310>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- MATSUZAKI, M. **Transposição das águas do braço Taquacetuba da represa Billings para a represa Guarapiranga: aspectos relacionados à qualidade de água para abastecimento**. 2007. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. doi:10.11606/T.6.2007.tde-24032008-091725. Acesso em: 2021-03-02.
- MENDES, L. C.; FELIPPE, M.. F. A geomorfologia do tecnógeno e suas relações com o rompimento da barragem de Fundão (Mariana, Minas Gerais). **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v. 6, n. 4, p. 1-10, dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufff.br/index.php/geografia/article/view/18044/9337>. Acesso em: 20 dez. 2020.



PEDROSO, L. F. As geografias do cotidiano. **Anais do Seminário de Estudos Urbanos e Regionais**, 2015.

SANTIAGO, B. da S. **Paisagem e fragmentação florestal no município de Juiz de Fora, MG**. 2008. 114 f. Dissertação (mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

SILVA, A.C. da; ZAIDAN, R.T. Bacia hidrográfica do rio Paraibuna: o zoneamento do uso e cobertura da terra por imagens de satélite como subsídio para o planejamento e a gestão de recursos. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 6, n. 2, p. 124-140, 10 nov. 2010. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. <http://dx.doi.org/10.17271/1980082762201086>. Disponível em: [https://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/view/86](https://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/86). Acesso em: 05 jan. 2021.



# A INFLUÊNCIA DAS AÇÕES ANTRÓPICAS NOS DESLIZAMENTOS EM SALVADOR-BA: UMA REVISÃO

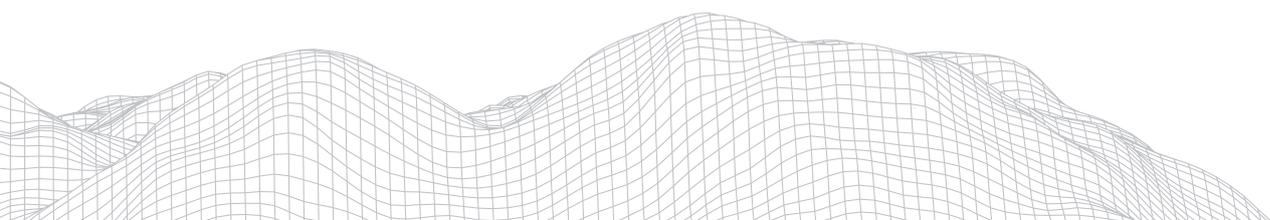
460

*Ingrid Priscilla Melo Pestana*  
Universidade Federal da Bahia- UFBA  
R. Barão de Jeremoabo, s/n - Ondina, Salvador - BA, 40170-290  
E-mail: [ingridmelogeo@yahoo.com.br](mailto:ingridmelogeo@yahoo.com.br)  
*Grace Bungenstab Alves*  
Universidade Federal da Bahia- UFBA  
R. Barão de Jeremoabo, s/n - Ondina, Salvador - BA, 40170-290  
E-mail: [alves.grace@ufba.br](mailto:alves.grace@ufba.br)

### Resumo

O processo de desenvolvimento das cidades é carregado de transformações da paisagem, culminando em impactos urbanos que interferem diretamente na vida das pessoas, podendo gerar exposição a situações de riscos. Na cidade de Salvador, na Bahia, é expressiva a desigualdade social, marcada por ocupação irregular, principalmente em encostas, que quando predisponentes, acarretam deslizamentos. Nosso objetivo foi discutir as consequências das intervenções antrópicas na paisagem, e entender os principais efeitos nos ambientes urbanos e suas alterações nas vertentes e dinâmica fluvial em Salvador, correlacionando com ocorrências em algumas cidades do Brasil. Adotamos como metodologia os levantamentos bibliográficos, e consideramos que os problemas ambientais urbanos estão majoritariamente motivados pelas transformações humanas. Os agravantes relacionam-se a processos erosivos e de deslizamentos das encostas, alagamentos, inundações, aumento do escoamento superficial e mudanças no microclima.

**Palavras-Chave:** Geomorfologia urbana, Clima urbano, Transformações urbanas



## Introdução

O relevo apresenta condições ora favoráveis, ora desfavoráveis à ocupação (GIRÃO; CORRÊA, 2004), com estreita relação às características socioeconômicas dos indivíduos. Assim, tanto o relevo, quanto as condições climáticas locais, têm potencial de apresentar um caráter restritivo a depender de quem ocupa. Isso se dá em função do processo de produção desigual do espaço urbano (ZANGALLI JUNIOR; ALVES, 2021).

Nos centros urbanos, as transformações antrópicas mal conduzidas vêm desencadeando desequilíbrios e processos destrutivos, impactando, ao longo do tempo, em alterações climáticas, alagamentos e deslizamentos (JACOBI; SULAIMAN, 2016; NASCIMENTO JÚNIOR, 2018). As modificações induzidas através de cortes em vertentes, aterros, depósitos de lixo, desmatamento, retilinização de rios e impermeabilização de solos, são exemplos de alteração na relação natural existente no espaço (FERNANDES et al., 2001; SANTOS FILHO, 2007; BAO et al., 2012).

Desta forma, a ocupação e uso do solo em ambiente urbano, associado à impermeabilização, afeta o microclima ou clima urbano, uma vez que interfere no ciclo hidrológico natural (PEREZ, 2013). Os efeitos do clima urbano se manifestam de forma desigual, já que os espaços sociais também são desiguais (SANT'ANNA NETO, 2011).

As consequências das alterações antrópicas em larga escala são tamanhas, ao ponto de ser considerada uma nova Era geológica, o Antropoceno (ARTAXO, 2014). Esta corresponde a um período caracterizado pela intervenção humana, culminando em impactos ambientais sobre o planeta, sob uma lógica de produção capitalista do espaço, fundamentado no aumento da produção e aceleração do tempo (ZANGALLI JR., 2020). Dentre suas características, além das mencionadas, estão mineração exacerbada, emissão de componentes químicos para a atmosfera, esgotamento de lagos e rios, genocídio de pessoas, entre outras (HARAWAY, 2016).

À medida que ocorre produção do espaço urbano, favorecido pela dinâmica da sociedade e natureza, há alteração do equilíbrio dos processos naturais, motivando uma nova configuração geomorfológica denominada por alguns autores de morfologia tecnogênica (CORREIA, 2011). Estas morfologias são oriundas da acumulação de material local, os depósitos tecnogênicos, resultado das transformações humanas, direta ou indiretamente (PELOGGIA et al., 2014).

A precariedade construtiva das ocupações desordenadas em sítios urbanos correlaciona-se com os depósitos tecnogênicos superficiais, intensificando a desestabilização de encostas (BRAGA; UBIRATAN; PELOGGIA, 2016), e favorecendo, sobretudo, os riscos.

O conceito de risco é polissêmico, sendo entendido como a potencial perda de vidas humanas em um local, resultado da ação dos agentes naturais exógenos (CUTTER, 2011). Está também associado a incertezas ambientais, no que concerne à instabilidade do terreno (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005), referindo-se à previsibilidade de exposição a um perigo incerto, que pode ocorrer, mas que não pode ser evitado (CARDOSO, 2006).

Assim, “a modificação do relevo promove a criação, indução, intensificação ou modificação dos processos geomorfológicos” (FUJIMOTO, 2005, p.03), permitindo que o ser humano possa atuar como principal agente externo (CORREIA, 2011), podendo levar ao risco de deslizamentos. Os deslizamentos são caracterizados pelo movimento de descida do solo, rochas e material orgânico sob efeito



da gravidade (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). Para Tominaga (2009), trata-se de um processo natural, relacionado ao movimento de materiais que recobrem as vertentes, sob contribuição de agentes externos.

Salvador, a cidade brasileira com o maior número de eventos de deslizamentos, apresenta estas ocorrências associadas às áreas de maior declividade, sobretudo associadas às cabeceiras de drenagem, que coincidem com a concentração de população mais vulnerável socialmente (SOUZA, 2021; ZANGALLI JUNIOR; ALVES, 2021). Os deslizamentos se tornam riscos e agravam-se quando ocorrem em encostas de áreas urbanas, pois têm como consequência perda de vidas humanas, assim como materiais e sociais (BAO et al., 2012).

As encostas são caracterizadas por Netto (1994, p. 94) como sendo “espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície crustal”. Variam conforme condições ambientais locais, em função das diferenças geomorfológicas, pedológicas e climatológicas (GUERRA, 2001), que quando instáveis, pode acarretar em movimentação. O movimento do material das encostas ocorre quando o terreno encontra-se numa condição de suscetibilidade, ou seja, quando há um conjunto de aspectos físicos nele que propiciam tal fenômeno (ZÊZERE et al., 2004). A água costuma ser um fator desencadeador dos deslizamentos, pois quando confinada, satura os poros dos solo (CARVALHAIS et al., 2019), que ficam encharcados, elevando seu limite de fluidez, acarretando nos deslizamento da vertente (VELOSO, 2009).

Assim, este trabalho objetiva discutir as consequências das ações antrópicas no ambiente urbano e como estas podem interferir nos deslizamentos de terra.

### **Metodologia**

A metodologia centrou-se no levantamento de literatura sobre os elementos relacionados às alterações de ambientes urbanos e sua integração, através de métodos bibliográficos descritivos, com revisão bibliográfica que auxiliou na construção do referencial teórico. Nos apoiamos em autores como Fernandes et al (2001), Santos Filho (2007), Bao et al (2012), Zangalli Jr; Alves (2021), Correia (2011) para fundamentar os principais conceitos relacionados com as interferências antrópicas na paisagem e suas consequências. Dentre as referências consultadas para entender os novos conceitos originados a partir das transformações, temos Peloggia et al (2014), Zangalli Jr (2020) e Haraway (2016). A seleção destas incluiu consultas em livros, revistas, dissertações, teses, atlas etc., disponíveis em meio analógico e digital, encontradas tanto na literatura nacional quanto internacional.

### **Resultados e Discussões**

Os riscos socialmente introduzidos afetam as cidades urbanas em diferentes proporções. Em Salvador, 45,5% da população vive em áreas de riscos à deslizamentos e alagamentos (IBGE, 2018). Isso se dá em função do processo de expansão da cidade, associado à uma dinâmica de ocupação desordenada, atrelado a fatores socioeconômicos e físicos, em áreas que culminam em deslizamentos (SANTANA; CERQUEIRA, 2017; SOUZA, 2021).

Santos (2018) identificou que a ocorrência de deslizamentos também possui relação com cortes nos taludes, lançamento de águas servidas e plantação de bananeiras. Souza (2021) identificou também a relação de deslizamentos com pedreiras abandonadas no meio de Salvador. Cerqueira (2019) complementa que carência de um sistema de drenagem de águas pluviais é um agravante. Segundo a autora, em função da impermeabilização dos solos e escassez de bueiros, a



água da chuva se acumularia, acarretando alagamentos, podendo influenciar nos deslizamentos.

Um outro agravante está na substituição da vegetação nativa por secundária em paralelo à ocupação, que quando associado a episódios de chuva, favorece a ocorrência de deslizamentos, como é o caso de Petrópolis, região serrana do Rio de Janeiro (TORRES; CARMO; PALMEIRA, 2020). A série histórica feita por Torres et al. (2020) mostra o aumento da densidade de deslizamentos, sendo as maiores ocorrências associadas a áreas de ocupação urbana.

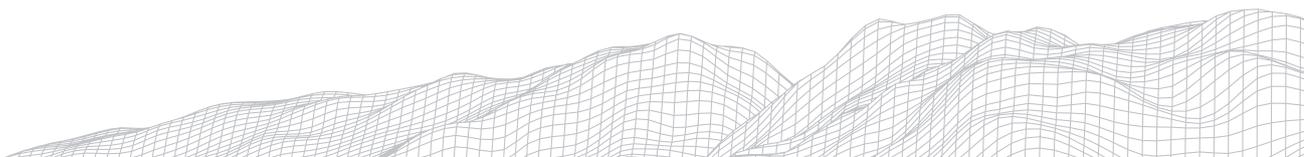
Da mesma forma, em Recife, as ocupações em áreas de encostas promovem cortes e impermeabilizações, assim como remoção da vegetação para instalação de moradias. Assim, culminam em processos erosivos e de deslizamentos, potencializados pela ausência de esgotamento sanitário. As chuvas intensas promovem facilmente alagamento na cidade, tombamento de árvores, o que culmina muitas vezes em óbitos. Um exemplo de situação como esta ocorreu em abril de 2016, repercutindo em um apagão, reflexo da falta de preparo a situações adversas (SANTOS et al., 2019).

Em Salvador, os eventos de deslizamentos podem ainda ter correlação, de acordo com Zangalli Junior e Alves (2021), com o processo de retificação dos rios, que levariam à aumento do *streampower*, e, por consequência, implicariam na potencialização dos processos erosivos nas cabeceiras, durante os eventos chuvosos. Santos e Pinheiro (2002) ratificam essa afirmação, e complementam que tal interferência compromete o comportamento sazonal de escoamento dos rios e seu volume da carga detrítica, afetando a estabilidade das margens, conforme observaram em Blumenau e Gaspar.

Estudos comparativos realizados por Assumpção e Marçal (2012) em três rios distintos: Rio Macaé, Rio São Pedro e Rio D'antas, permitiu verificar que a mudança do padrão meândrico para o retilíneo acarretou na variação da granulometria e carga sedimentar do canal, além de fortes deslocamentos para o centro de suas planícies. Estas considerações só confirmam que as modificações dos sistemas fluviais provenientes de obras de engenharia podem acarretar impactos muitas vezes irreversíveis aos rios (CUNHA, 1994), podendo também impactar nos processos que modelam as vertentes (ZANGALLI JUNIOR; ALVES, 2021).

Em São Paulo, as obras de retificação modificaram o sistema hidrodinâmico do rio, a exemplo do canal Pinheiros, que teve redução significativa nos valores de vazão hídrica, aumento de profundidade e redução do comprimento (LUZ, 2015). Para o autor, tais processos tiveram como consequência a potencialização das cheias e das vazantes, em função da baixa capacidade de armazenamento da água das chuvas. Já em Salvador, a retificação dos canais iniciou como uma alternativa aos problemas sanitários (PAZ, 2018). Contudo, esse movimento inicial desencadeou uma série de problemas ambientais na cidade, promovendo desestabilização dos cursos de drenagem (BRITTO; MELLO; MATTA, 2017).

Podemos observar que as alterações antrópicas no ambiente urbano influenciam diretamente nos processos naturais destas paisagens, podendo levar à ocorrência de deslizamentos e alagamentos. No entanto, em geral, as pesquisas ou se concentram nas alterações e consequências nas vertentes, ou nos canais fluviais, dificilmente realizando uma avaliação sistêmica que considere como as alterações nas bacias hidrográficas, seja nos canais, seja nas vertentes, podem influenciar nas ocorrências de deslizamentos. Assim, julgamos necessário realizar uma avaliação sistêmica, baseada em uma bacia hidrográfica totalmente urbana para este tipo de avaliação, tais aspectos estão sendo abordados em nosso trabalho de mestrado, no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia.



## Considerações

A partir dos levantamentos bibliográficos e discussões propostas por diversos autores, ficou evidente que problemas ambientais urbanos estão majoritariamente motivados pela supressão da cobertura vegetal, associada à impermeabilização do solo, modificação das formas de vertentes, ocupação com técnicas inadequadas para o terreno e canalização dos rios.

Os efeitos dos impactos urbanos condizem com agravantes relacionados à processos erosivos e de deslizamentos das encostas, alagamentos, inundações, aumento do escoamento superficial e mudanças no microclima urbano. Estes são consequência às interferências antrópicas, motivadas pela produção do espaço urbano, culminando em potenciais situações geradoras de risco quando decorrem de ações auto empreendidas, sem a utilização de técnicas adequadas.

Por assim dizer, com expansão das cidades e ocupações periféricas urbanas, faz-se imprescindível o planejamento e assistência para um uso do solo adequado, a fim de que as ocupações sejam viáveis sob a perspectiva ambiental (GIRÃO; CORRÊA, 2004), e também social.

Sendo assim, este trabalho propõe estudos mais aprofundados sobre a relação entre obras de modificação da drenagem e deslizamentos em uma bacia hidrográfica, a fim de compreender as influências existentes em processos de deslizamentos de terra.

## Referências

- ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? **Revista USP**, n. 103, p. 13, 2014.
- ASSUMPÇÃO, A. P.; MARÇAL, M. dos S. Retificação Dos Canais Fluviais E Mudanças Geomorfológicas Na Planície Do Rio Macaé (Rj). **Revista de Geografia (Recife)**, v. 29, n. 3, p. 18-36, 2012.
- BAO, R. *et al.* DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA CIDADE DE SALVADOR E OS DESLIZAMENTOS NA RA DE SÃO CAETANO NO PERÍODO DE 2010 A 2012. v. 4, n. Atcc 25923, p. 2012, 2012.
- BRAGA, E.; UBIRATAN, A.; PELOGGIA, G. Análise De Risco Geológico Em Encostas Tecnogênicas Urbanas : O Caso Do Jardim Fortaleza ( Guarulhos , Sp , Brasil ) Geological Risk Analysis in Urban Technogenic Hillsides : the Case of Jardim Fortaleza ( Guarulhos , Sp , Brazil ). n. November, p. 27-42, 2016.
- BRITTO, L.; MELLO, M.; MATTA, R. da. O Processo De Transformação Urbana De Salvador-Ba. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 1, n. 39, p. 111, 2017.
- CARDOSO, A. L. Risco urbano e moradia: a construção social do risco em uma favela do Rio de Janeiro. **Cadernos Ippur**, v. 20, n. 1, p. 27-48, 2006.
- CARVALHAIS, R. M. *et al.* Deslizamento de encostas devido a ocupações irregulares. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 9765-9772, 2019.
- CASTRO, C. M. de; PEIXOTO, M. N. de O.; RIO, G. A. P. do. Riscos Ambientais e Geografia Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 28, n. 2, p. 11-30, 2005.
- CERQUEIRA, E. D. C. **No VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA CIDADE DE SALVADOR - BAHIA: ANÁLISE ESPACIAL DAS SITUAÇÕES DE RISCO E AÇÕES DE RESILIÊNCIA**. 2019. 8 Universidade Federal da Bahia, 2019.
- CORREIA, P. L. Geomorfologia Urbana: Impactos No Ambiente Urbano Decorrente Da Forma De Apropriação, Ocupação Do Relevô. **Geografia em Questão**, v. 4, n. 1, p. 153-172, 2011.
- CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores Vulnerability Science: Models, Methods, and



IndicatorsLa science de la vulnérabilité : modèles, méthodes et indicateurs. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 93, p. 59-69, 2011.

FERNANDES, N. F. *et al.* Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na geomorfologia urbana. **Geography Department, University of Sao Paulo**, v. 16, p. 76-80, 2005.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**, v. 21, n. 2, p. 36-58, 2004. Disponível em: <<http://www.cchla.ufrn.br/geoesp/arquivos/artigos/artigoGeomorfologiaUrbana.pdf>>.

GUERRA, A. J. T. EROÇÃO URBANA: OCUPAÇÃO IRREGULAR E O DESENCADEAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS - ALGUNS EXEMPLOS BRASILEIROS. p. 6, 2001.

HARAWAY, D. Antropoceno, Capitaloceno, Plantationoceno, Chthuluceno: fazendo parentes. n. 2015, p. 139-146, 2016.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. O manual de deslizamento - um guia para a compreensão de deslizamentos. **US Geological Survey Circular**, v. 1325, p. 156, 2008. Disponível em: <[https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/Deslizamentos\\_M5DS\\_0.pdf](https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/Deslizamentos_M5DS_0.pdf)>.

IBGE. **População em áreas de risco no Brasil**. [s.l.: s.n.]

JACOBI, P. R.; SULAIMAN, S. N. Governança ambiental urbana em face das mudanças climáticas. **Revista USP**, n. 109, p. 133, 2016.

LUZ, R. A. da. Mudanças geomorfológicas na planície fluvial do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização. **PhD Proposal**, v. 1, 2015.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. [UNESP]. Clima urbano, risco e vulnerabilidade em cidades costeiras do mundo tropical: estudo comparado entre Santos (Brasil), Maputo (Moçambique) e Brisbane (Austrália). 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/154130>>.

NETTO, A. L. C. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. DA (Ed.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 93-148.

PAZ, D. J. M. DE VALES E VALAS : a Rua da Valla na Salvador do século XIX. **XV SEMINÁRIO DE HISTÓRIA DA CIDADE E DO URBANISMO**, 2018.

PELOGGIA, A. U. G. *et al.* Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014.

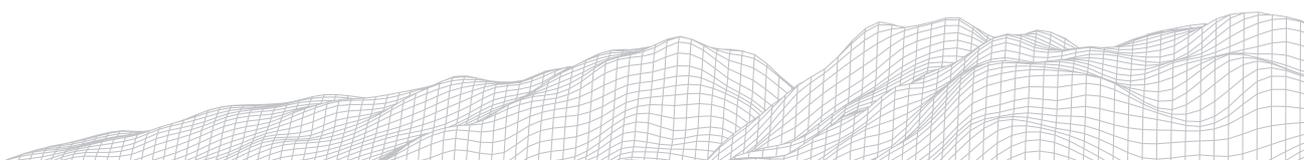
PEREZ, L. P. Índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos e deslizamentos de terra, em função de eventos extremos de clima, na Região Metropolitana de São Paulo: uma proposta de método. 2013.

SANT'ANNA NETO, J. L. O Clima Urbano Como Construção Social: Da Vulnerabilidade Polissêmica Das Cidades Enfermas Ao Sofisma Utópico Das Cidades Saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, n. 2009, p. 45-60, 2011.

SANTANA, J. O.; CERQUEIRA, E. D. C. Movimentos de massa em Salvador: uma contribuição preliminar. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, p. 4098-4106, 2017.

SANTOS, D. A. C. ANÁLISE DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A ESCORREGAMENTOS E DA VULNERABILIDADE SOCIAL EM SÃO MARCOS, SALVADOR - BAHIA. **e-conversion - Proposal for a Cluster of Excellence**, 2018.

SANTOS, G. F. dos; PINHEIRO, A. Transformações Geomorfológicas e Fluviais Decorrentes da Canalização do Rio Itajaí-Açu na Divisa dos Municípios de Blumenau e Gaspar (SC). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2002.



SANTOS, L. D. J. dos *et al.* VULNERABILIDADES A EVENTOS PLUVIAIS DE ALTA MAGNITUDE DA CIDADE DO RECIFE - PERNAMBUCO/BRASIL. **Revista de Geografia**, p. 26, 2019.

SANTOS FILHO, R. D. dos. ANTROPOGEOMORFOLOGIA DA OCUPAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO EM PETRÓPOLIS ( RJ ): análise ambiental urbana. 2007.

SOUZA, J. F. D. S. **RISCOS SOCIOAMBIENTAIS, RACISMO ESTRUTURAL E DESLIZAMENTOS EM SALVADOR**. 2021. Universidade Federal da Bahia, 2021.

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. DO (Ed.). **Desastres Naturais : conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 27-38.

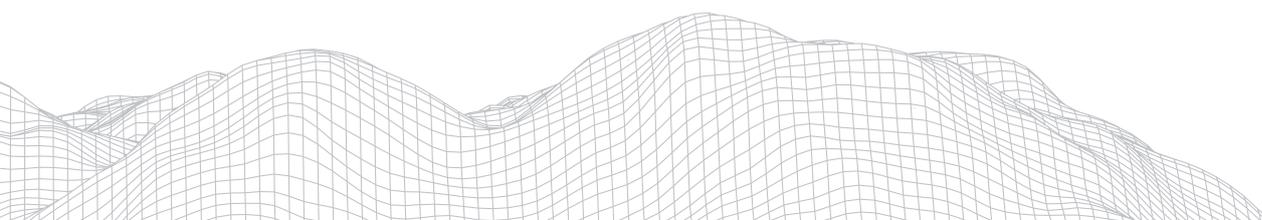
TORRES, G. P.; CARMO, L. F. R. do; PALMEIRA, A. C. P. de A. Estudo da relação entre precipitação e deslizamentos no município de Petrópolis - RJ. **Sistemas & Gestão**, v. 15, n. 1, p. 38-45, 2020.

VELOSO, A. Importância do Estudo das Vertentes. **GEOgraphia**, v. 4, n. 8, p. 79, 2009.

ZANGALLI JR., P. C. a Natureza Do Clima E O Clima Das Alterações Climáticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 295-311, 2020.

ZANGALLI JUNIOR, P. C. ; ALVES, G. B. A cidade que não combina com a chuva: risco e vulnerabilidade em Salvador. In: SANTOS, ELISABETE; BENEVIDES, T. B. *et al.* (Ed.). **QUALISalvador: qualidade do ambiente urbano na cidade da Bahia**. Salvador: Edufba, 2021. p. 95-114.

ZÊZERE, J. L. *et al.* Integration of spatial and temporal data for the definition of different landslide hazard scenarios in the area north of Lisbon (Portugal). **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 4, n. 1, p. 133-146, 2004.



# A INFLUÊNCIA DO RELEVO NO PROCESSO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO BAIRRO SÃO LÁZARO, NA CIDADE DE MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL

468

*Edionilde Araújo de Souza*

*Universidade Federal do Pará*

*R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110. Brasil*

*E-mail: macapa.edione@gmail.com*

*Jucilene Amorim Costa*

*Universidade Federal do Amapá*

*Rodovia Juscelino Kubitschek, km 02, Macapá, Amapá. CEP: 68.903-419. Brasil*

*E-mail: jucilene@unifap.br*

*Felipe Lima Moreira Albuquerque*

*Universidade Federal do Amapá*

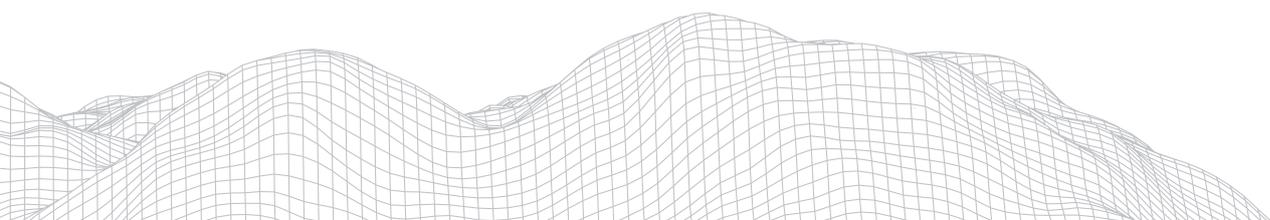
*Rodovia Juscelino Kubitschek, km 02, Macapá, Amapá. CEP: 68.903-419. Brasil*

*E-mail: felipe.lima\_stn@hotmail.com*

### Resumo

A influência que o relevo exerce sobre as dinâmicas urbanas constituem temática cada vez mais recorrente nas pesquisas de âmbito das Geociências. O presente trabalho visa correlacionar as formas de uso e ocupação do solo com as unidades de relevo do bairro São Lázaro, na cidade de Macapá/AP, apontando os principais impactos ao meio ambiente e às condições de vida da população. Para tal foi realizada análise bibliográfica, uso de técnicas de geoprocessamento, caracterização físico-natural e ida a campo para validação dos dados obtidos. A partir dos resultados foi possível concluir que durante o processo de ocupação houve avanço da urbanização em detrimento da vegetação, danos ambientais aos corpos d'água, além de uma evidente desigualdade socioespacial, onde a população de baixa renda se concentra, sobretudo, na porção mais baixa do terreno enquanto que na porção mais elevada predomina a ocupação por empreendimentos públicos, comerciais e moradias dotadas de melhor infraestrutura.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. Uso e Ocupação. Cobertura do solo. Geoprocessamento



## 1. Introdução

A Geografia busca constantemente a releitura de seus conceitos visando acompanhar a dinâmica, condição intrínseca das ciências em geral e da Geografia em particular. Tal busca resulta do esforço contínuo em acompanhar as transformações que este período técnico-científico e informacional nos impõe. Renovam-se, as concepções teórico-metodológicas e seus paradigmas na busca incessante de se obter respostas, ainda mais no que se refere à natureza e sociedade.

O homem, ao longo da história da civilização, mostra-se como um dos maiores agentes modificadores do meio e as suas ações caracterizam-se principalmente pela alteração do equilíbrio das dinâmicas dos processos naturais. Essas modificações, na maioria das vezes, não contribuem para o bem da sociedade, ainda que as mesmas sejam voltadas para as necessidades da população.

A ação antropogênica sobre o ambiente natural tem promovido diversas alterações que negligenciam as dinâmicas ambientais que regulam os processos encarregados pelo equilíbrio dos sistemas físicos (GIRÃO e CORRÊA, 2004).

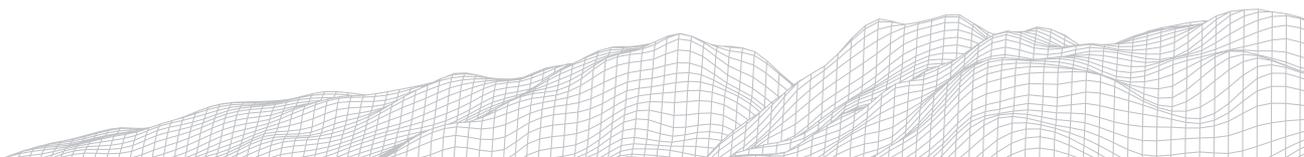
Considerando a importância da Geomorfologia, que “analisa as formas de relevo focalizando atuantes e fatores controlantes, bem como a dinâmica evolutiva” (GUERRA & CUNHA, 2005), o que demonstra a peculiaridade envolvida nos estudos geomorfológicos, faz-se necessário entender como o relevo influencia as formas de uso e ocupação do solo pela população, levando em conta a sua importância para compreender o ambiente físico, uma vez que as ações antrópicas, de uma maneira ou de outra, sempre estão sobrepostas à alguma forma de relevo e de algum tipo de solo (GUERRA & MARÇAL, 2006).

No que tange às bacias hidrográficas, o relevo exerce grande influência sobre os fatores climáticos/meteorológicos e hidrogeográficos/hidrológicos, devido a velocidade de escoamento superficial que é determinada pela declividade do terreno, enquanto que os valores das variáveis, tais como temperatura, precipitação e evaporação, são influenciados pela altitude da bacia (GALVÍNICO et al., 2006).

O ambiente urbano vem sofrendo diversos impactos, entre eles inundações, alagamentos e processos erosivos do solo. Estes impactos estão geralmente relacionados à forma de apropriação e ocupação do relevo. A população que mais sofre são aquelas que vivem em áreas de menor infraestrutura tanto social quanto econômica, evidenciando o quadro de condições de vida desse grupo social.

Os quadros de exclusão social e de degradação ambiental estão diretamente relacionados, pois as áreas mais carentes de infraestrutura, nos centros urbanos, são justamente aquelas onde se encontra a população que vive em situação de vulnerabilidade, pois a ausência ou ineficiência de infraestrutura básica e acesso à informação se mostram como alguns dos condicionantes dessa circunstância. Podendo gerar ou agravar as condições de riscos, sobretudo se estiverem ligados diretamente com os períodos chuvosos mais intensos, que tendem a atingir com maior dano às áreas de ocupações irregulares, principalmente aquelas instaladas em vertentes íngremes ou em fundos de vales (PEDRO MIYAZAKI, 2014).

Neste sentido, o ambiente urbano configura como o local mais apropriado para se estudar os impactos resultantes da ocupação do relevo, devido à elevada concentração populacional neste espaço. Portanto, o estudo do relevo é um dos principais elementos que contribuem para orientar o planejamento urbano-ambiental nas cidades, no que se refere a ocupação do mesmo (RHEBEIN e FUGIMOTO, 2006).



Os estudos geomorfológicos trabalham sob duas perspectivas: a primeira se fundamenta em estudos básicos e específicos das características morfológicas e dos processos morfogenéticos, que são as pesquisas feitas para o levantamento de características das formas de relevo e os processos responsáveis pela esculturação dos mesmos; e a segunda consiste em analisar a vulnerabilidade dos ambientes (CHRISTOFOLETTI, 2007).

Christofoletti (2007, p. 416) diz que a “...potencialidade aplicativa do conhecimento geomorfológico insere-se, portanto, no diagnóstico das condições ambientais, contribuindo para orientar a alocação e o assentamento das atividades humanas”. Sendo estes estudos, portanto, importantes para a identificação de áreas ambientalmente frágeis à dinâmica das ocupações antrópicas. Portanto, estudar a relação homem-natureza torna-se fundamental no processo do uso adequado do espaço.

Diante do exposto, este artigo tem como principal objetivo correlacionar as formas de ocupação e uso do solo com as unidades de relevo do bairro São Lázaro, na cidade de Macapá/AP, apontando os principais impactos ao meio ambiente e às condições de vida da população.

## 2. Área de Estudo

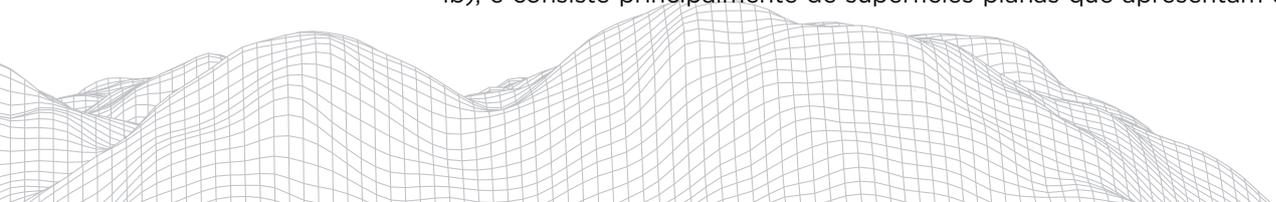
Localizado na Zona Norte da cidade de Macapá, o bairro São Lázaro surgiu em meados de 1977, no Km 0 da BR-210 e foi sancionado em 13/07/1984. O bairro possuía 5.241 domicílios, distribuídos em uma área total de 8,0 km<sup>2</sup>, e sua população era de 21.965 habitantes, destes, 10.859 homens e 11.106 mulheres e a densidade demográfica era de 2 730,52 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

A escolha do bairro São Lázaro, como área de estudo deste trabalho, consiste no fato de o mesmo ser um dos primeiros bairros da capital amapaense, sendo resultante da expansão urbana direcionada à Zona Norte e ao longo da rodovia BR-210. Além da existência de aspectos físicos e sociais que evidenciam sua importância no panorama do município.

No início dos anos 1980 a expansão urbana de Macapá avançou rumo ao norte da cidade, às margens da BR-210. As famílias que residiam nessa área só começaram a ter a situação regularizada, por volta de 1987, quando o governador da época, Annibal Barcelos, elaborou um plano de assentamento, através da compra de terras para loteamento. Isso representou fator decisivo para a expansão urbana no sentido norte da capital. (PIMENTEL; COSTA, 2018).

O recorte espacial que compreende a área do atual bairro São Lázaro, tem sua Geologia marcada pela presença da unidade geológica Grupo Barreiras (TQb) (Figura 1a), que é uma unidade de idade geológica terciária, e sua extensão vai ao longo da faixa costeira do Brasil, mais precisamente do estado do Amapá até o estado do Rio de Janeiro. Caracterizando-se pela ocorrência quase contínua e regularidade geomorfológica, é marcada pela presença de arenitos, argilitos, siltitos e conglomerados de cores variadas, com níveis concrecionários denominados “grés do Pará” e Cauliníticos, depositados em ambientes predominantemente continental, marcado pela presença de sistemas fluviais, fluvioacustre e leques aluviais (ARAI, 2006; IBGE, 2004a; SANTOS; PEREZ FILHO, 2016).

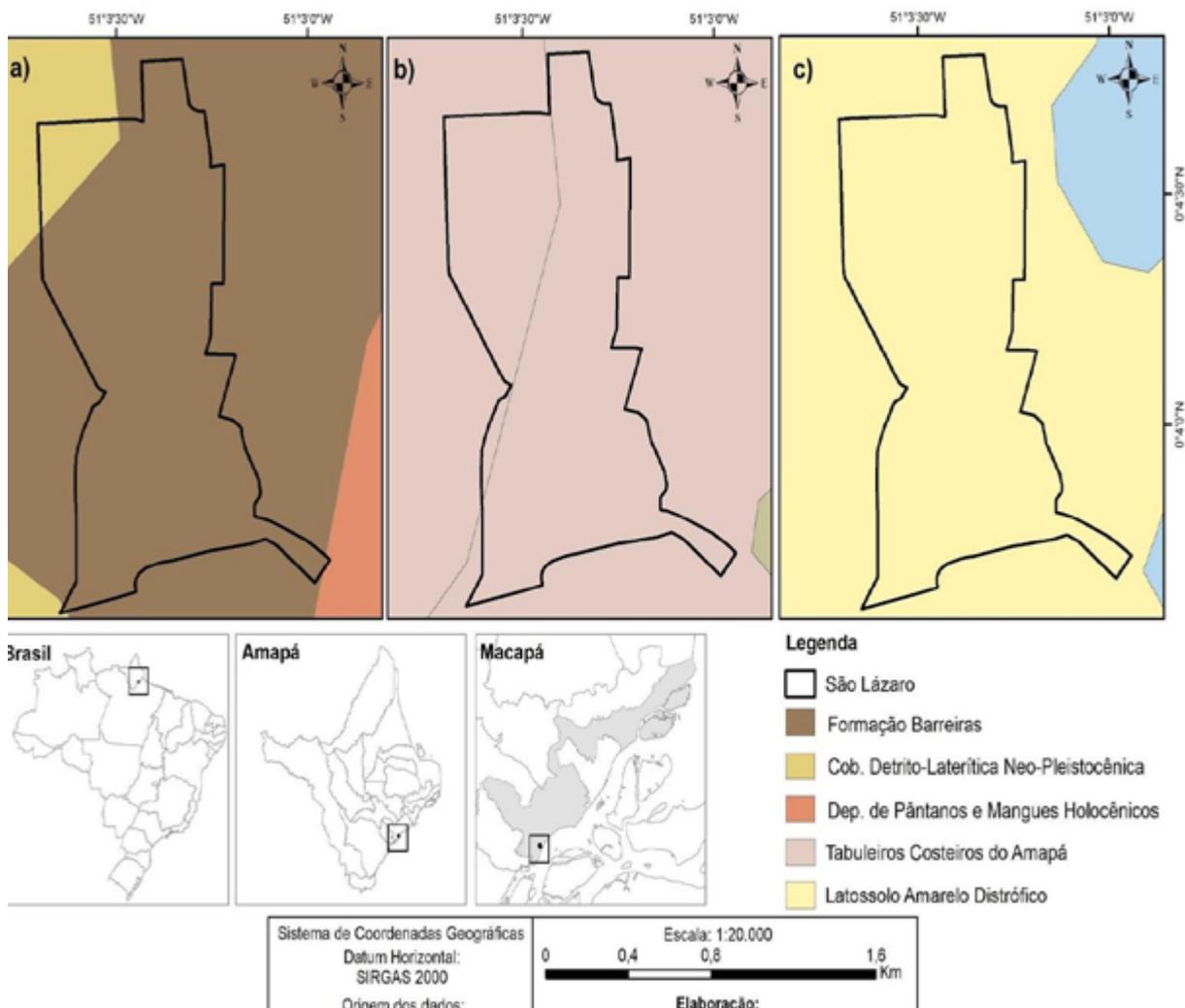
As formas de relevo, que englobam a paisagem, estão em processos dinâmicos de evolução (SANTOS; PEREZ FILHO, 2016). Sobre a unidade morfoestrutural Grupo Barreiras (TQb), situa-se a unidade morfoescultural Tabuleiros Costeiros. Sua unidade geomorfológica é caracterizada como Tabuleiros Dissecados (CPRM, 2013) ou Tabuleiros Costeiros do Amapá (IBGE, 2004b) (Figura 1b), e consiste principalmente de superfícies planas que apresentam uma média



densidade de drenagem e intensa dissecação, não obedecendo a um controle estrutural nítido, podendo comportar vales com aprofundamentos diferenciados (DANTAS; MEDINA, 2000; IBGE, 2004b).

O solo do bairro é caracterizado pela presença do Latossolo Amarelo Distrófico (Figura 1c), desenvolvido de materiais argilosos ou areno-argilosos sedimentares do Grupo Barreiras, sendo solos profundos e bem estruturados, de coloração amarelada, possuindo perfis muito homogêneos e baixa fertilidade natural, em sua maioria (IBGE, 2004c; IBGE, 2007).

As peculiaridades geográficas do território amapaense, localizado em uma região equatorial, refletem sobretudo nas condições climáticas e hidrológicas que acarretaram alterações nas paleo-coberturas do solo e da vegetação. Fazendo com que o mesmo abrigue uma diversidade de ecossistemas amazônicos.



**FIGURA 1:** Aspectos Fisiográficos do Bairro São Lázaro, Macapá/AP.

a) Geologia; b) Geomorfologia; c) Pedologia.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2021).

Neste contexto, predomina no bairro São Lázaro o clima equatorial semi-úmido (Am) com pouca variação de temperatura, onde o período mais frio apresenta elevados índices de pluviosidade com precipitação anual de cerca de 2.500mm e média anual variando de 25°C a 27°C (DRUMMOND, 2004). A

vegetação é a Savana (Cerrado), com floresta-de-galeria apresentando forte influência urbana. São encontradas ainda Matas Ciliares e de Galeria. A Mata Ciliar e a Mata de Galeria são fisionomias associadas a cursos d'água, que podem ocorrer tanto em terrenos bem drenados, quanto em mal drenados (RIBEIRO; WALTER, 2008).

A hidrografia do bairro, assim como todo município de Macapá, está inserida no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas que em função das características do relevo apresenta grande número de áreas úmidas, e as feições predominantes são os terrenos sujeitos à inundação configurados em áreas de "Ressaca", termo do linguajar local para definir as bacias de acumulação de água que são influenciadas pelos regimes das marés, dos rios e das chuvas abundantes na região (BRITO et al., 2012), compostas de vegetação e água. Estão presentes ainda cursos de drenagem que alimentam as ressacas. O principal é o Igarapé do Jandiá que deságua no Rio Amazonas.

### 3. Procedimentos Metodológicos

Para obter os resultados desta pesquisa, a proposta baseou-se em pesquisas bibliográficas e documentais através de livros, artigos, teses, dissertações, periódicos, documentos impressos e eletrônicos.

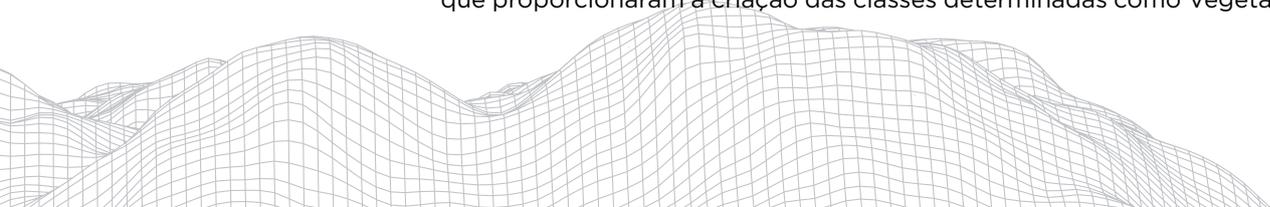
As análises foram feitas através do mapeamento da área, e para isso foi necessário o uso de Geodados (vetoriais e matriciais) que tiveram a função de estruturar e alimentar um Sistema de Informação Geográfica (SIG), voltado para a organização do espaço urbano. Os mesmos foram obtidos sem custos, através da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá (SEMA), do Instituto de Geografia e Estatística (IBGE), da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Análises Espaciais Aplicado a Ecossistemas Aquáticos (LASA), pertencente ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA), através do Projeto Olhos D'água.

A evolução temporal analisada neste estudo compreendeu os anos de 2005 e 2015 por ser o período que registra significativa mudança na paisagem. Foram levados em consideração alguns critérios para a escolha das imagens utilizadas no mapeamento, entre eles a disponibilidade e a qualidade das mesmas, referente ao período.

Para subsidiar a análise foi utilizada imagem digital de satélite de alta resolução IKONOS-2 para o ano de 2005 e ortoimagens coletadas da Base Cartográfica Contínua do Estado do Amapá, por meio da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) para o ano de 2015.

Imagens aéreas, quando aliadas às Geotecnologias, têm se demonstrado fundamentais nas análises espaciais voltadas ao planejamento urbano. Seu uso diminui os custos provenientes das idas à campo para levantamento de todas as informações necessárias ao desenvolvimento do trabalho (MEIRELES, 1997) A ênfase da análise espacial é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Ou seja, a ideia central é incorporar o espaço à análise que se deseja fazer. (DRUCK *et al.*, 2004; SILVA; ZAIDAN, 2007).

Para a análise de uso e ocupação e cobertura do solo foi utilizada a classificação supervisionada Maximum Likelihood (Máxima Verossimilhança), pixel a pixel e supervisionado, onde foram criados dados amostrais (polígonos e pontos) que proporcionaram a criação das classes determinadas como Vegetação e Edifi-



cação/solo exposto.

Após a classificação, foi realizado o cálculo das áreas em metro quadrado (m<sup>2</sup>) e as porcentagens de cada parcela em relação à área total do bairro. Logo após foi gerada a matriz de confusão e feita a validação da classificação através do cálculo do índice de Kappa.

Foi, ainda, utilizado na análise o mapa de localização dos órgãos públicos, confeccionado a partir da imagem de 2015, comparada com as imagens de 2005 e 2019, esta adquirida através do Google *Earth*. Este mapa foi sobreposto ao modelo 3D do terreno, que foi gerado a partir da imagem SRTM do Topodata (BRASIL, 2008), no software QGIS 3.4, a partir do plugin Qgis2threejs.

A análise seguiu através da interpretação da caracterização físico-natural do bairro, a partir da qual foi feita a correlação entre as dinâmicas, os processos e o relevo da área de estudo. O mapa de aspectos fisiográficos foi elaborado utilizando dados da base cartográfica do IBGE, através da Diretoria de Geociências (IBGE, 1994), em escala 1:250.000 - BC250.

O mapa de hipsometria foi elaborado em escala 1:16.000, utilizando as seguintes categorias altimétricas: 0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-30m, contemplando as diferentes altitudes da área de estudo, que variam de 1 a 21 m. As cores RGB utilizadas seguem o padrão da Comunidade SPRING - DPI/INPE. O modelo 3D do terreno foi gerado a partir da imagem SRTM do Topodata (BRASIL, 2008), no software QGIS 3.4, a partir do plugin Qgis2threejs. O mapa de localização dos órgãos públicos foi confeccionado a partir da imagem de 2015, comparada com as imagens de 2005 e 2019, esta adquirida através do Google *Earth*.

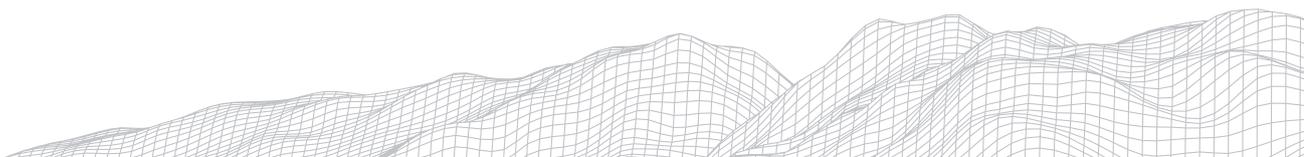
Após o mapeamento ocorreu a ida a campo, que foi realizado para reconhecimento da área e comparação dos dados obtidos, tais como verificar os nomes dos órgãos públicos, escolas, UBS, e como estavam organizadas as construções residenciais nas áreas úmidas. A última etapa da pesquisa consistiu na análise da compilação dos resultados, tornando possível a discussão dos objetivos propostos.

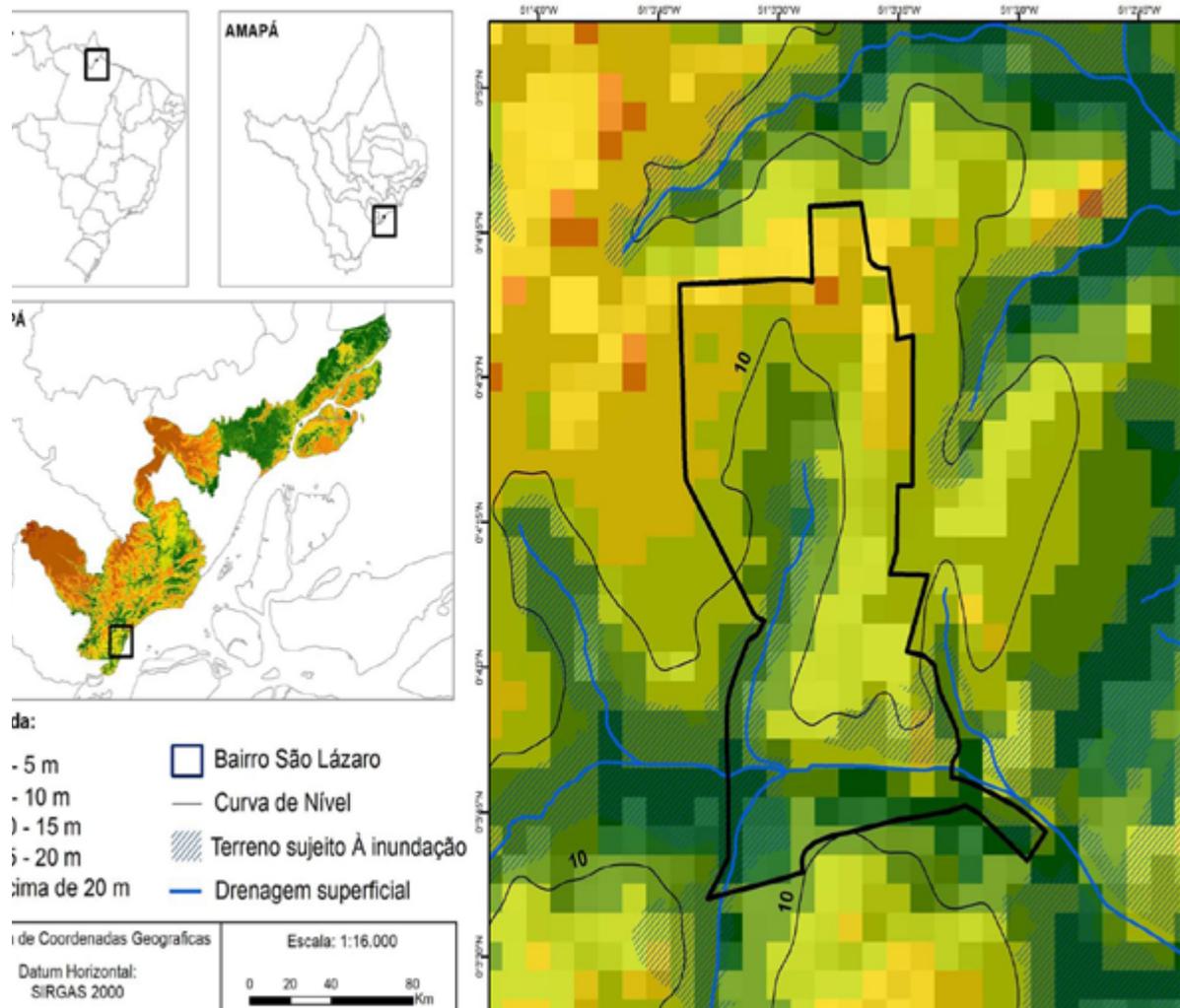
#### 4. Resultados e Discussões

##### 4.1 Análise Morfométrica

Na maioria das pesquisas referentes ao comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, é utilizado o método de análise morfométrica que caracteriza a rede de drenagem levando em consideração a geologia e a geomorfologia existente na área de estudo (SANTOS, V. et al., 2016). Ainda que seja sob um enfoque panorâmico, vários aspectos oriundos da hidrografia são incorporados durante as diversas etapas do mapeamento, uma vez que os conjuntos das formas de relevo fisionomicamente semelhantes são organizados e conectados a partir de sua rede de drenagem (IBGE, 2009; SANTOS, D.; MORAIS, 2012).

O relevo é um fator que influencia diretamente no processo de escoamento (EMBRAPA, 2012), e suas características podem ser melhor observadas através da análise do mapa de hipsometria da área a ser estudada. Como citado anteriormente, o bairro São Lázaro está situado sobre a unidade geomorfológica Tabuleiros Costeiros, que tem como característica a presença de um relevo mais plano, tendo sua altimetria não superior a 22 m, em relação à drenagem mais próxima, conforme representado na (Figura 2). Os pontos mais altos identificados no relevo, ficam na porção norte, variando de 10 a 21 m.





**FIGURA 2:** Hipsometria do Bairro São Lázaro (Macapá/AP). Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

As porções sul e sudoeste do bairro, localizadas na Planície de Inundação e Baixa Encosta, são as que possuem menor altitude, com altimetria variando de 0 a 10 m, e são onde estão situadas as drenagens existentes no bairro. Nelas estão concentrados os maiores níveis de afloramento do lençol freático possuindo áreas suscetíveis a inundações (IBGE, 2004d), que no contexto regional sofrem a influência das marés e são conhecidas localmente como áreas de ressacas. Nestas porções está localizado o maior adensamento populacional, sobretudo da população de baixa renda residente sobre palafitas.

Na faixa da planície costeira a presença de inúmeros lagos, várzeas, terrenos alagados e pantanosos, caracterizam uma intensa diversificação de ambientes, cuja interação solo-água-clima resultaram na predominância de ambientes de vegetação arbustivas e herbáceas e extensas áreas de manguezais, que se estendem ao litoral do Estado, constituindo-se ainda em um imenso reduto de biodiversidade aquática. Para o interior, alcançando os terrenos da formação Barreiras as características dos solos, intensamente lixiviados, associados às condições climáticas, onde os períodos de estiagem são bem marcados, propiciaram a conservação de áreas de campos de savanas(cerrados), remanescentes de uma vegetação de clima pretérito, entremeados de baixios com veredas de buritis (IBGE, 2004, p.5).

Nas áreas com altimetria entre 10 e 15 m, Média Encosta, está localizada a Rodovia BR-210, grandes empreendimentos comerciais e residências com valor elevado e melhor infraestrutura de saneamento. Já nas com altimetria acima de 15 m, Alta Encosta e topo das pequenas colinas, estão localizados os órgãos públicos e áreas com maior valor comercial.

Na conjuntura ambiental em que se encontra o bairro, os processos de urbanização que ocorrem sem devido planejamento, através de ocupações irregulares que evidenciam o uso indevido do solo, acarretam em impactos que favorecem os processos de alteração das paisagens naturais e degradação do meio ambiente. As ações antrópicas tendem a ser um dos fatores que mais influenciam as alterações da paisagem urbana, e é nesse contexto que as análises que relacionam as dinâmicas de uso, ocupação e cobertura do solo se demonstram relevantes.

#### *4.2 Mapeamento e Análise do Uso, Ocupação e Cobertura do Solo*

##### *4.2.1 Uso e Ocupação*

Na análise referente ao ano de 2015, em relação ao ano de 2005, foi possível observar que ocorreu a construção de um conjunto residencial estilo condomínio fechado, às margens da rodovia, visto que a área tem alto valor imobiliário. Relacionando com as cotas hipsométricas, esta área representa uma das partes mais elevadas do relevo, cujo a altimetria varia de 10 a 21 m, e por estarem mais distantes dos cursos d'água, apresentam melhores condições para este tipo de ocupação.

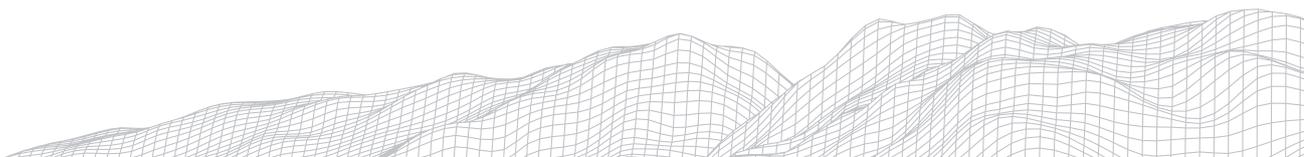
Outra alteração observada foi a construção de diversas moradias irregulares resultantes de uma invasão que já é intitulada pelos moradores como um novo bairro, o qual eles chamam de “Vitória do São Lázaro”, sendo o mesmo situado na porção de relevo mais plano cuja variação altimétrica está entre 0 e 10 m. Estas são áreas menos propícias a grandes construções dada à sua condição suscetível a inundações sazonais decorrentes dos períodos com maior índice pluviométrico na região, diminuindo assim seu valor imobiliário.

Um fator preocupante na dinâmica de ocupação do bairro, é a manutenção das áreas de relevância ambiental. Parte do mesmo está localizada sobre a “Ressaca do Pacoval”, esse ambiente alagado tem uma área total de 1.626.425 m<sup>2</sup>, estando 372,006m<sup>2</sup> inseridos no recorte do bairro, sendo que destes, 276,789m<sup>2</sup> são de área habitada. Segundo a Secretaria de Infraestrutura do Estado do Amapá - SEINF cerca de 293 famílias vivem nessa área. Em 2018, em cumprimento ao Termo de Ajustamento de Conduta nº 2008.31.00.001047- 8 órgãos federais e estaduais cumpriram mandado de reintegração de posse e demolição das casas construídas sob a “ressaca” e 92 famílias foram remanejadas para conjuntos habitacionais municipais (ALBERTO JR, 2018).

O problema da falta de habitação em áreas dotadas de infraestrutura começa a ficar cada vez mais evidente. A qualidade ambiental é objeto da percepção humana, pois a mesma organiza os elementos naturais de acordo com a forma como percebem o ambiente. Porém, “no caso das cidades, é mais do que isso, é também uma questão de funcionalidade, que passa necessariamente pela organização do espaço urbano” (SANTOS; SOUZA, 2013, p. 111).

##### *4.2.2 Uso e Cobertura*

A partir da análise realizada por meio da classificação supervisionada das imagens correspondentes ao bairro, foi possível caracterizar duas classes de uso e cobertura do solo nos anos de 2005 e 2015. Essas classes correspondem à Vegetação e Edificação/solo exposto, que também abrange o arruamento (Figura 3a e 3b).





**FIGURA 3:** Relação Vegetação x Solo exposto do bairro São Lázaro (Macapá/AP). a) Classificação 2005; b) Classificação 2015; c) Imagem 2005; d) Imagem 2015. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No ano de 2005 a vegetação estava mais presente em todo bairro do que se observa no ano de 2015, havia maior concentração, sobretudo a nordeste, sudeste e sudoeste. Em 2015 se evidencia a diminuição da vegetação e o aumento da classe Edificações e solo exposto, sobretudo nas porções nordeste, sudoeste e central.

Em 2005 a classe Vegetação correspondia a 653.400m<sup>2</sup> do total de 1.546,200m<sup>2</sup>, equivalendo a 42,26%. Em 2015 esta classe expressou 495,900m<sup>2</sup>, correspondendo assim a 32,07% da área total, concentradas principalmente nas partes de relevo mais baixo do bairro, 0 a 10 m, associadas às áreas de ressaca e de proteção ambiental (Figura 3c e 3d). Esse decréscimo, de aproximadamente 10,18%, é explicado em virtude do crescimento da área urbana e do avanço das ocupações em áreas ambientalmente frágeis, ocasionando a modificação significativa do ambiente.

Em 2005 a classe Edificação/solo exposto correspondia a 892,800m<sup>2</sup>, equivalente a 57,74% da área total. O que na época já era solo exposto, permaneceu, tornando perceptível o avanço destas áreas sobre as de vegetação nos anos seguintes. Mudanças estas, com maior ocorrência nas partes mais altas do relevo, 10 a 21 m, na porção altimétrica da parte norte. Em 2015 esse número passou a ser de 1.050,300m<sup>2</sup>, equivalente a 67,93% da área total do bairro. Constatando assim um aumento de 157,500m<sup>2</sup>, aproximadamente 10,21%, evidenciando que as condições do relevo foram determinantes para o processo de uso e ocupação e redução da vegetação do bairro.

A classificação do uso e cobertura possibilitou observar significativa alteração na vegetação entre os anos de 2005 e 2015, ocorrendo fragmentação desta em pequenas “ilhas”, sobre a Média Encosta, principalmente na parte central do bairro, que podem ser associados aos quintais das residências existentes nestas porções altimétricas.

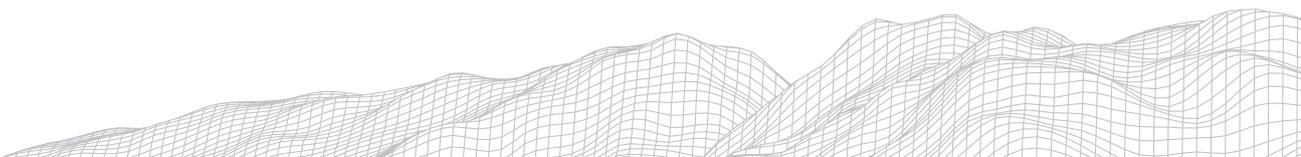
#### *4.3 Relação do Relevo com o Uso e a Ocupação do Solo*

A produção do espaço é resultado da relação homem-natureza, ou seja, reflete em como a população utiliza-o em virtude das técnicas disponíveis e das necessidades humanas (CORRÊA, 2003). Essa ação, a qual nomeia de ação antropogenética, promove inúmeras alterações nas feições, negligenciando a dinâmica ambiental (GIRÃO; CORRÊA, 2004).

É essencial para que se tenha uma visão satisfatoriamente adequada dos sistemas complexos em que vivemos que se entendam os reflexos das modificações na paisagem, visto que a mesma é possuidora de uma gama de características físicas, biológicas e sociais. Desta forma é possível apontar as dinâmicas e os processos que a relação homem-natureza pode exercer para a conservação do meio ambiente e a restauração da paisagem.

Em função das características do relevo do bairro e da presença de uma drenagem superficial, há uma grande área úmida ao centro e ao sul do terreno. Essas áreas são ocupadas por palafitas construídas pela população de baixa renda, enquanto que as parcelas mais elevadas do terreno são ocupadas por órgãos públicos, grandes empreendimentos comerciais, e residências com valor elevado e melhor infraestrutura.

Durante o mapeamento foi possível identificar a existência de uma grande área pertencente às administrações públicas federal, estadual e municipal, destinada às edificações de órgãos dessas esferas. Foi possível perceber que grande parcela destes órgãos estão agrupados à leste do bairro. Esta ocupação setorializada está relacionada com a declividade do terreno (Figura 4).





**FIGURA 4:** Bairro São Lázaro (Macapá/AP): Espacialização dos órgãos públicos sobre o modelo 3D do terreno. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Através da interpretação do modelo 3D do terreno, torna-se nítido que as condições geomorfológicas existentes na área foram fatores determinantes para o processo de ocupação do bairro, ocasionando uma visível desigualdade socioespacial dentro de seu perímetro. As áreas mais altas (10 a 20 m) nas porções norte, nordeste e noroeste, correspondentes às pequenas colinas de topo mais plano e mais distantes dos cursos d'água, tornaram-se áreas destinadas à implantação dos órgãos públicos e residenciais privados, sendo áreas ocupadas, sobretudo, por quem possui maior poder aquisitivo.

Em contrapartida, as porções central e sul, caracterizadas por relevos mais baixos e planos (0 a 10 m), com áreas suscetíveis a períodos de inundações, são ocupadas pelos grupos sociais de menor poder aquisitivo. Esta dinâmica pode estar relacionada com o processo inicial de ocupação do bairro, em 1977, onde a maioria das pessoas eram provenientes da Região do Pacuí e das ilhas do Pará. Essas comunidades ribeirinhas possuem o hábito cultural de ocupar áreas próximas às drenagens, seja em perímetro urbano ou não, e quando chegam à cidade, elas reproduzem o estilo de vida a qual estão acostumadas (CABRAL, 2017; MARINHO, 2018).

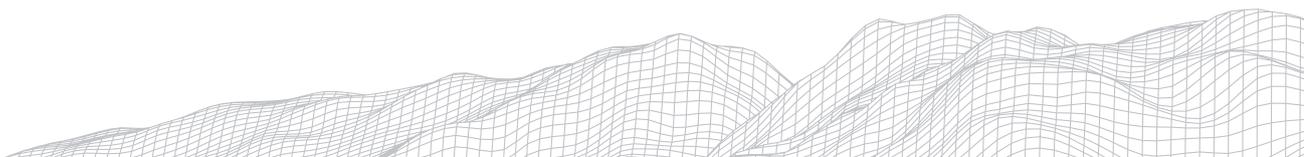
#### 4.3.1 Impactos Ambientais e condições de vida

Entre as consequências das habitações irregulares nas áreas de ressaca estão: dificuldade de drenagem das águas pluviais provocadas pelo aterramento, contribuindo para alagamentos em períodos chuvosos; perda da transparência e da qualidade da água, mediante a contaminação provocada pelo acúmulo de resíduos sólidos vetores de pragas e doenças; risco para a falta de proteção dos corpos d'água causada pela retirada da vegetação ciliar; diminuição da fauna e da flora; alteração na paisagem; e alta na temperatura ambiente (CUNHA, 2011).

Durante a análise do bairro, foi possível identificar que a área de inundação da ressaca do Pacoval avança cerca de 100 m além das margens do Igarapé Jandiá. É pertinente citar que a ocupação de diversas áreas do bairro não respeita as normas gerais contidas no Código Florestal, e no Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, referentes às Áreas de Proteção Ambiental inseridas no ambiente urbano.

Estas leis consideram as faixas marginais de curso d'água natural perene e intermitente como Áreas de Proteção Permanente, que possuem função de proteger os solos e as matas ciliares. As mesmas estabelecem que as faixas marginais devam possuir largura mínima de 30 m, onde há cursos d'água de menos de 10 m de largura, como no caso do Igarapé Jandiá.

Na realidade do bairro, essas margens são intensamente ocupadas por moradias, empreendimentos comerciais e vias de circulação de veículos (Figura 5a). Ocorre também o descarte de resíduos sólidos e esgoto no leito do canal, que ocasiona o assoreamento e a intensificação dos processos erosivos das margens, além da contaminação da água (Figura 5b).





**FIGURA 5:** Área de Ressaca do Bairro São Lázaro (Macapá/AP). a) ocupação do entorno do Canal do Jandiá; b) resíduos e assoreamento no leito do canal; c) moradia e tubulação sobre o lago; d) banheiros que despejam dejetos na água; e) passarelas de acesso, sem manutenção. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A falta de saneamento básico, sobretudo nas áreas úmidas, oferece condições propícias à disseminação de doenças tais como a dengue, leptospirose, amebíase, entre outras doenças de veiculação hídrica (COELHO, 2006).

Durante a análise das imagens e ida à campo, foi possível observar que nas ocupações inseridas sobre as áreas úmidas, é comum o uso de água contaminada, tanto para banho e serviços domésticos, quanto para consumo humano, uma vez que as tubulações em geral são clandestinas e impróprias para o abastecimento das moradias (Figura 5c). Além do fato de que com a falta da rede de esgoto, os dejetos humanos são despejados diretamente nas águas na ressaca (Figura 5d), aumentando o risco de contaminação.

Nestas condições de moradia a população sofre pela ausência de infraestrutura adequada. Não há saneamento básico, energia elétrica, acesso à internet, segurança pública, ou vias de acesso que se mostrem seguras para a integridade física da população, visto que as passarelas são construídas em madeira, por vezes improvisadas, sendo comum ocorrerem acidentes (Figura 5e). Um fato infelizmente comum, é a morte de crianças por afogamento quando as mesmas, devido à falta de manutenção das moradias e das passarelas, caem no lago.

Tendo em vista que as áreas do bairro que apresentam problemas sociais e ambientais mais latentes, são as que estão localizadas nas áreas de relevo com menor altimetria, como a planície de inundação, a base e a baixa encosta das pequenas colinas, torna-se evidente, portanto, que o uso inadequado destes espaços associado ao desconhecimento da interdependência dos componentes responsáveis pela dinâmica dos processos ambientais, fazem com que as ações antrópicas gerem consequências nocivas aos sistemas ambientais e socioespaciais existentes.

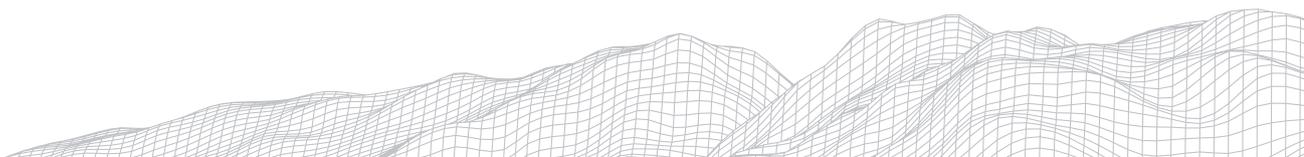
## 5. Considerações

O tratamento utilizado nas imagens de satélite, através da representação da elevação do terreno, permitiu a caracterização de diferentes classes hipsométricas que estão diretamente relacionadas com as diferentes formas de uso do solo.

Quanto aos resultados alcançados constatou-se que, além do avanço da urbanização e conseqüente supressão da vegetação, durante o processo de ocupação do bairro a população de baixa renda se concentrou nas cotas de relevo mais baixo, residindo em palafitas e outras construções dotadas de pouca ou nenhuma infraestrutura, sobretudo sanitária. Nas cotas médias estão concentrados alguns empreendimentos de pequeno e médio porte, moradias de aluguel, e demais residências dotadas de melhor infraestrutura. E no topo, na parte mais elevada do relevo das pequenas colinas do Amapá, estão os empreendimentos de grande porte, condomínios fechados e órgãos públicos.

Concluindo que foi possível, através das técnicas de geoprocessamento, correlacionar as cotas hipsométricas diretamente com as formas de uso e ocupação do solo. Outra observação importante sobre a dinâmica de ocupação foi a desigualdade socioespacial evidente na extensão do bairro. Enquanto que nas áreas úmidas, nas cotas de relevo mais baixo, está concentrada a população de baixa renda e de renda média baixa, em habitações precárias, nas cotas mais elevadas está a população de média e alta renda, residindo em moradias dotadas de melhor infraestrutura urbana, empreendimentos de serviços e órgãos públicos de diferentes esferas.

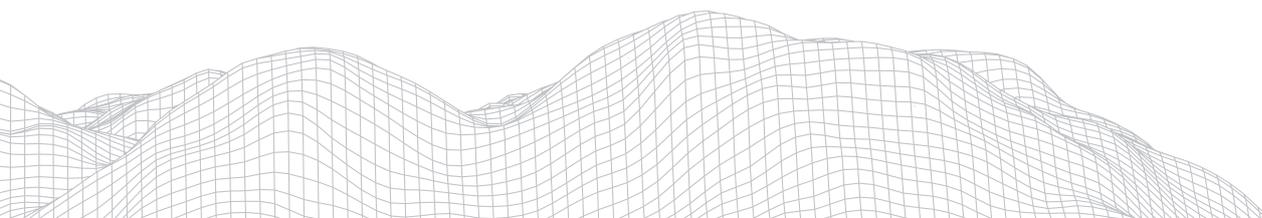
O que evidencia a importância do relevo atuando como fator determinante sobre os tipos de ocupação humana durante a apropriação do espaço pela sociedade, onde o processo de produção do espaço urbano transforma as características naturais do ambiente.



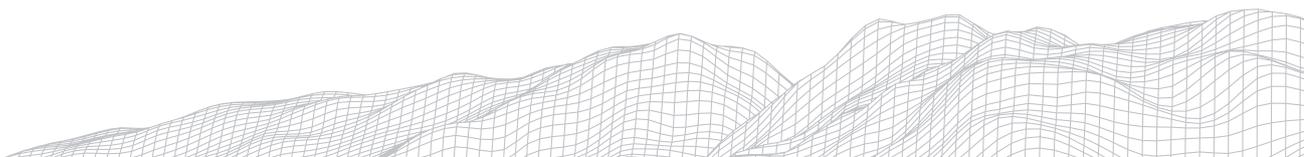
Em tempo, pontua-se a importância de ambientes saudáveis que deem suporte à qualidade de vida da população, principalmente mediante a pandemia do novo Coronavírus, em que o distanciamento social tornou-se necessário.

## Referências

- ALBERTO JR, Carlos. Justiça cumpre reintegração de posse de 92 casas em área da Infraero em Macapá. **G1 Amapá**. Macapá, 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2018/08/27/justica-cumprere-integracao-de-posse-de-92-casas-em-area-da-infraero-em-macapa.ghtml>. Acesso em: 20/10/2019.
- ARAI, M. A Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.
- BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. .
- BRITO, Andréa M. *et al.* Análise da Legislação Aplicável nas Áreas de Ressacas no Município de Macapá. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, v.01, p.01-12-2, 2012.
- CABRAL, Eliane S. A urbanização em Macapá após a criação do estado do Amapá: expansão urbana e desigualdade socioespacial. *L'urbanisation à Macapá après La création de l'état d'Amapá: L'expansion urbaine et l'inégalité socio-spatiale*. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 21, p. 428-441, 2017.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, Antonio José Teixeira, CUNHA, Sandra Batista. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- COELHO, André L. N. Sistema de informações geográficas (SIG) como suporte na elaboração de planos diretores municipais. **Caminhos de Geografia**, v. 10, n. 30, 2006.
- CORRÊA, Roberto L. **Região e organização espacial**. São Paulo: Ática, 2003.
- DANTAS, M.E.; MEDINA, A.I. M. **Geomorfologia. Projeto Porto Seguro/Santa Cruz Cabralia - Salvador**. CPRM-SUREG/SA. 2000.
- DRUCK, Suzana *et al.* **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 02/05/2018.
- DRUMMOND, José. A. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. IBAMA; SEMA-AP, Macapá, 2004
- EMBRAPA. Análise Morfométrica de bacia hidrográfica – subsídio à gestão territorial: Estudo de caso no Alto e Médio Mamanguape. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. ISSN: 2317-8779. Dezembro, 2012.
- GALVÍNCIO, J. D.; SOUSA, F. A. S. de; SHIRINIVASAN, V. S. Análise do relevo da bacia hidrográfica do Açude Epitácio Pessoa. **Revista de Geografia**. Recife, v. 23, p. 54-70, 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228652>. Acesso em: 02/05/2021.
- GIRÃO, Osvaldo; CORREA, Antonio C. de B. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**, Recife, v. 21, n. 2, p. 36-58, 2004. Disponível em: <http://morrodobau.ufsc.br/files/2011/03/A-CONTRIBUIÇÃO-DA-GEOMORFOLOGIA-PARA-O1.pdf>. Acesso em: 13/12/2017.
- GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M. S; Geomorfologia Ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- IBGE. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 26/06/2018.



- \_\_\_\_\_. **Mapa de geologia do Estado do Amapá.** Rio de Janeiro, 2004a. 1 Mapa. Escala 1:750.000.
- \_\_\_\_\_. **Mapa de geomorfologia do Estado do Amapá.** Rio de Janeiro, 2004b. 1 Mapa. Escala 1:750.000.
- \_\_\_\_\_. **Mapa de pedologia do Estado do Amapá.** Rio de Janeiro, 2004c. 1 Mapa. Escala 1:750.000.
- \_\_\_\_\_. **Manual Técnico de Pedologia.** 2ª Edição. Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_\_. **Manual Técnico de Geomorfologia.** 2ª Edição. Rio de Janeiro, 2009.
- \_\_\_\_\_. **Métodos e documentos de referência.** Geociências. 1994. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/metodos-e-outros-documentos-de-referencia/1861-novo-portal/institucional/16148-principios-fundamentais-das-estatisticas-oficiais.html>. Acesso em 20/06/2021.
- LANDIS, Richard; KOCH, Gary G. 1977. *The measurement of observer agreement for categorical data.* Biometrics, v.33, n.1, p.159-174, Mar. 1977.
- MEIRELLES, Margareth S. P. **Análise Integrada do Ambiente através de Geoprocessamento - Uma Proposta Metodológica para Elaboração de Zoneamentos.** 1997. 280 p. Programa de Pós-Graduação em Geografia (Tese de Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, IGEO, Rio de Janeiro.
- PEDRO MIYAZAKI, Leda Correia. **Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo: impactos e vulnerabilidades em ambientes urbanos.** 2014. 265 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/132172>. Acesso em 20/06/2021.
- PIMENTEL, Gilberto; COSTA, Worchiel. O bairro São Lázaro em Macapá. Fala Comunidade. **Amapá, minha terra amada.** Macapá, 2018. Disponível em: <http://casteloroiger.blogspot.com/2012/01/o-bairro-sao-lazaro-em-macapa.html>. Acesso em: 19/09/2018.
- REHBEIN, Moisés Ortemar; FUJIMOTO, Nina Simone Vilaverde Moura. Mapeamento geomorfológico: análise morfogenéticas e morfodinâmicas em estudo de caso urbano. **Geosul** (UFSC), Florianópolis-SC, v. 21, n. 01, 2006.
- RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora** v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 2008. 876 p.
- SANTOS, D. A. R.; MORAIS, F. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio lago verde como subsídio à compartimentação do relevo da região de Lagoa da Confusão - TO. **Revista Geonorte**, edição especial, v.3, n.4, p. 617- 629, 2012.
- SANTOS, R.; PEREZ FILHO, A. **Caracterização geomorfológica: uma contribuição ao planejamento ambiental do estado do Amapá.** XI SINAGEO, Maringá-PR. 2016.
- SANTOS, Franco P.; SOUZA, Lucas B. Percepção da qualidade ambiental urbana dos moradores do Bairro Jardim das Oliveiras em Luís Eduardo Magalhães - BA. **Interface.** Porto Nacional, v. 1, p. 110-117, 2013.
- SANTOS, V. S., *et al.*, **Uso dos parâmetros morfométricos na bacia hidrográfica do Rio Jaguarí/RS em estudos geomorfológicos.** XI SINAGEO, Maringá-PR. 2016.
- SILVA, Jorge X. da; ZAIDAN, Ricardo T. **Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações.** São Paulo Bertrand Brasil, 2007.



# ABORDAGEM GEOMORFOLÓGICA NA ANÁLISE AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO PAIOL GRANDE, IBIÚNA/SP

485

---

*Jocasta Harue Tamataya*

UFSCar - Universidade Federal de São Carlos

Rodovia João Leme dos Santos, SP - 264 - Sorocaba - SP - BR

CEP: 18052-780

E-mail: [jocasta.tamataya@estudante.ufscar.br](mailto:jocasta.tamataya@estudante.ufscar.br)

*Emerson Martins Arruda*

UFSCar - Universidade Federal de São Carlos

Rodovia João Leme dos Santos, SP - 264 - Sorocaba - SP - BR

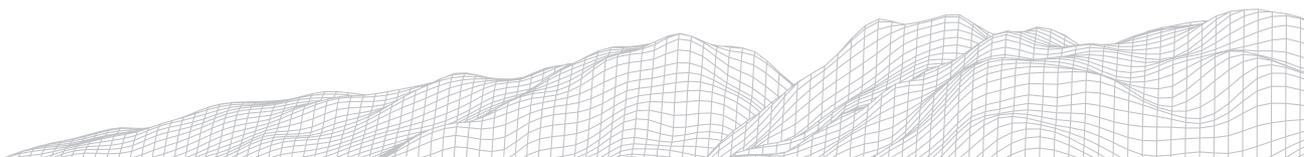
CEP: 18052-780

E-mail: [emersongeo@ufscar.br](mailto:emersongeo@ufscar.br)

### Resumo

Nas áreas rurais o desenvolvimento de atividades econômicas e habitação podem alterar a dinâmica ambiental. Assim, procurou-se abordar como tais intervenções impactam no meio em relação à geomorfologia e aos recursos hídricos, numa análise integrada dos elementos da paisagem. A Bacia do Ribeirão Paiol Grande situa-se em Ibiúna-SP, compondo o alto Sorocabuçu, contribuindo para o abastecimento da Represa Itupararanga, fornecendo água aos municípios do entorno. Também, desenvolvem-se na área culturas agrícolas temporárias, principal atividade econômica local. Foi utilizada a elaboração de mapas temáticos, interpretação de imagens de satélite e observações de campo. Realizou-se o levantamento dos aspectos geomorfológicos; identificação de quatro compartimentações geomorfológicas, das quais pôde se identificar relações com o adensamento das ocupações e usos; sistematização entre intervenções e impactos responsáveis pela alteração das dinâmicas do relevo, da vazão e contaminação da água.

**Palavras-chave:** Estudos ambientais. Áreas rurais. Ribeirão Paiol Grande.



## 1. Introdução

As áreas rurais podem apresentar diversas problemáticas, tanto no contexto ambiental, como social, devido aos usos da terra empregados para o desenvolvimento de atividades econômicas e de habitação, bem como pela deficiência da oferta de serviços de saneamento básico. A partir de tais questões, procurou-se abordar como os aspectos mencionados podem alterar a dinâmica ambiental, sobretudo com relação ao relevo e a rede de drenagem.

Para o desenvolvimento do trabalho, focaram-se na análise dos aspectos geomorfológicos e como os mesmos são alterados devido à ação antrópica. Também se considerou as interações entre os elementos naturais e sociais que compõem o meio, procurando englobar os diversos elementos e fatores que se relacionam na escala de uma bacia hidrográfica ou de uma sub-bacia, no contexto ambiental.

O tema se justifica pela necessidade de compreender como os impactos causados pela ação humana ao solo, à água e conseqüentemente ao relevo que levam à degradação dos recursos naturais, os quais são essenciais para o desenvolvimento da sociedade e para a preservação da biodiversidade.

A bacia do Ribeirão Paiol Grande situa-se na zona rural do município de Ibiúna, interior do Estado de São Paulo, compõe a bacia do Rio Sorocabuçu, um importante afluente do Rio Sorocaba, que contribui para o abastecimento da Represa Itupararanga. Portanto, trata-se de um setor de potencial hídrico significativo, uma vez que as águas da represa abastecem Ibiúna, Votorantim, Sorocaba e Mairinque. Também compreende uma área economicamente importante ao município, pois se desenvolve ampla atividade de plantio de culturas temporárias, a principal atividade econômica do município.

Além disso, a escolha da área está ligada à relação de pertencimento que a autora possui com a bacia, devido ao histórico familiar de vivência em mais de um ponto dentro da área de estudo.

## 2. Área de estudo

A área estudada encontra-se no município de Ibiúna, no Estado de São Paulo, que está à 23°39'20" S de latitude e à 47°13'30" W de longitude, com altitude média de 996 metros, área total de 1.058,082 km<sup>2</sup> e população total é de 71.217 habitantes (IBGE, 2018a). A bacia possui área total de 81,67 km<sup>2</sup> e perímetro de 69,76 km, dados obtidos a partir dos resultados dos produtos cartográficos.

Ibiúna faz parte da Região Metropolitana de Sorocaba, institucionalizada pela Lei Complementar Estadual nº 1.241/2014 (SÃO PAULO, 2014). O município ainda é qualificado como Estância Turística, conforme critérios da Lei Complementar nº 1.261/2015 (SÃO PAULO, 2015). Também recebe o título de Município Agrícola (IBIÚNA, 2013). Além disso, a área de estudo está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) Itupararanga (SÃO PAULO, 2007).

A primeira atividade socioeconômica local foi a agricultura de subsistência, passando ao extrativismo vegetal e mineral a partir de meados do século XIX voltados para a exploração de carvão e madeira de lei, argila e areia (IBGE, 2018b). Mudanças na legislação ambiental fizeram com que se adotassem atividades agrícolas temporárias. As mesmas se iniciaram com a chegada de imigrantes portugueses e italianos no início do século XX, porém com a imigração japonesa, novas técnicas de plantio foram aplicadas, tornando-se a principal atividade econômica do município, considerado o maior celeiro de produção de hortifrutigranjeiros do Estado de São Paulo (GUIA DE IBIÚNA, 2017).



O município de Ibiúna encontra-se no domínio morfoclimático dos “Mares de Morros” florestados, com mamelonização extensiva, superfícies aplainadas de cimeira ou intermontanas, patamares de pedimentação e eventuais terraços; considerável decomposição de rochas cristalinas e processos de convexização em níveis intermontanos; e solos frequentemente superpostos, resultantes de processo de coberturas coluviais soterrando *stonelines*, com propensão a processos de erosão e movimentos coletivos de solo. Pode-se observar a remodelação da paisagem por conta da ação antrópica, através de represamentos e processos de urbanização e industrialização, fazendo ser o meio físico mais complexo do país (AB’SÁBER, 2003).

A Bacia do Ribeirão Paiol Grande compõe o Alto Sorocabaçu, um dos principais afluentes do Rio Sorocaba, possui boa vazão mesmo em períodos do ano de baixa precipitação, servindo para irrigação de lavouras, abastecimento doméstico e criações de animais. A bacia está localizada na UGRHI-10, que se inclui no quinto grupo (Sorocaba/Médio Tietê), abrangendo trinta e quatro municípios (SigRH, 2006).

### 3. Metodologia

Inicialmente foram realizadas consultas em livros, dissertações, artigos e propostas de projetos ambientais a fim de obter respaldo teórico sobre análise hidrogeomorfológica e dinâmicas ambientais, caracterizar a área de estudo e levantar discussões em relação às possibilidades de ações para a preservação da Bacia do Ribeirão Paiol Grande.

Para interpretar o relevo utilizou-se da literatura e observações de campo que permitem obter perspectivas desde escalas gerais até locais. Dessa forma, nesta etapa foram utilizadas as abordagens de Ross (1992) e Ab’Sáber (1969).

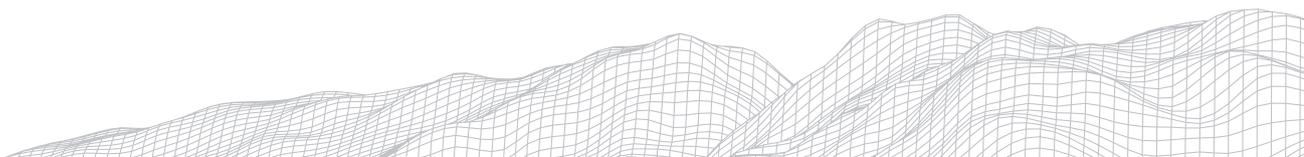
Além disso, foram elaborados os seguintes produtos cartográficos temáticos a partir do uso de imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) como base, das quais foram filtradas e tratadas com o *software* ArcGIS: mapa hipsométrico; mapa de declividade; organização do mapa geológico; e mapa de unidades de relevo. Também foram elaborados perfis topográficos.

A análise da rede de drenagem da bacia hidrográfica foi realizada pela consulta de documentos cartográficos; análise do padrão da rede de drenagem proposta por Christofolletti (1980); e elaboração de perfis de elevação dos canais principais.

Os trabalhos de campo foram realizados tendo em vista a importância do reconhecimento da área, dos impactos ambientais e questões práticas que podem não estar descritos na literatura e nos documentos cartográficos produzidos, ou que possam ser confirmados.

Devido à extensão da área, condições de locomoção e o tempo hábil para a realização da pesquisa foram selecionados pontos-chave conforme fatores e elementos que sejam relevantes para a caracterização de diferentes aspectos da bacia e análise da situação ambiental.

Para a análise ambiental considerou-se as condições do meio de cada unidade de relevo e tendo a maior concentração de impactos ambientais pela ação antrópica na unidade IV, que representa o setor das planícies, se deu maior ênfase à mesma. Realizou-se análise de imagens de satélites (Google Earth); síntese da cobertura e do uso da terra no contexto atual a partir do Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra (SCUT) (IBGE, 2013); e sistematização dos impactos ambientais encontrados na área.



#### 4. Resultados e discussões

Procurou-se abordar os aspectos geomorfológicos e hidrológicos, fazendo a discussão por unidades de relevo identificadas a partir dos mapas hipsométrico, de declividade e geológico, imagens de satélite e perfis de elevação. E em um segundo momento, foi realizada a análise ambiental dos impactos a partir de pontos-chave, utilizando mapa de declividade, fotos e imagens de satélite, finalizando com a síntese dos resultados.

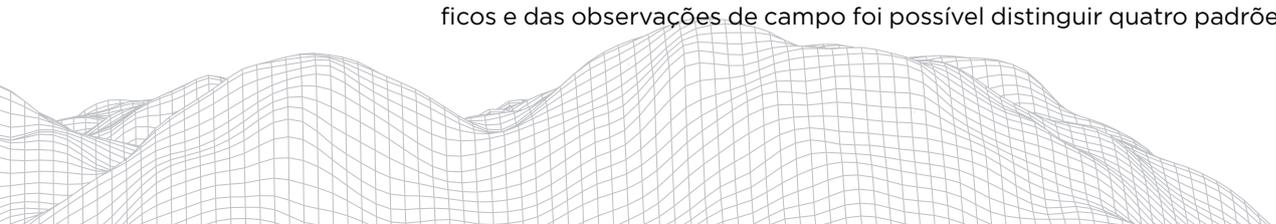
De acordo com a proposta de análise do relevo de Ab'Sáber (1969), no primeiro nível Ibiúna localiza-se nas Serras e Planaltos do Leste e Sudeste, na transição entre o Planalto Ibiúna/São Roque e as Escarpas da Serra de Paranaíacaba. No segundo nível, o terreno é caracterizado por atuação de forças endógenas que orientam o relevo, sobretudo a atuação de falhamentos, sendo a Zona de Cisalhamento Caucaia um importante elemento, pois marca a separação entre os blocos Granito Caucaia e Ibiúna, onde se observa acentuação da declividade, limitando o uso e ocupação; e atuação de forças exógenas que dissecam a cobertura superficial, devido ao clima quente e úmido e a rede de drenagem. No terceiro nível, a erosão e sedimentação da cobertura superficial, além de serem favorecidas pelo clima quente e úmido e pela rede de drenagem, também são influenciadas pela ação antrópica, a partir do uso da terra, principalmente para agricultura e habitação, provocando movimentação do solo em algumas áreas e impermeabilização em outras.

De maneira a detalhar a caracterização geomorfológica optou-se por adotar a proposta de Ross (1992), que consiste na organização do relevo em táxons, hierarquicamente, partindo das grandes unidades até as formas locais e processos atuais. A área em questão pode ser classificada da seguinte maneira: (1) Unidade Morfoestrutural, Cinturão Orogênico do Atlântico; (2) Unidade Morfoescultural, Planalto do Atlântico, mais especificamente o Planalto de Ibiúna/São Roque; (3) padrões e formas de relevo em colinas e morros; (4) formas semelhantes de relevo com formas com topos convexizados das colinas e topos restritos e aguçados dos morros, e vales em "V" com planícies restritas, ou até mesmo planícies amplas; (5) tipos de vertentes retilíneas e convexas, com distribuição influenciada pela declividade da área; e (6) dentre os processos atuais observou-se a erosão fluvial e movimentos de massa, sendo estes processos influenciados pelo uso e ocupação da terra para plantio e habitação, inclusive em algumas áreas de alta declividade e dissecação.

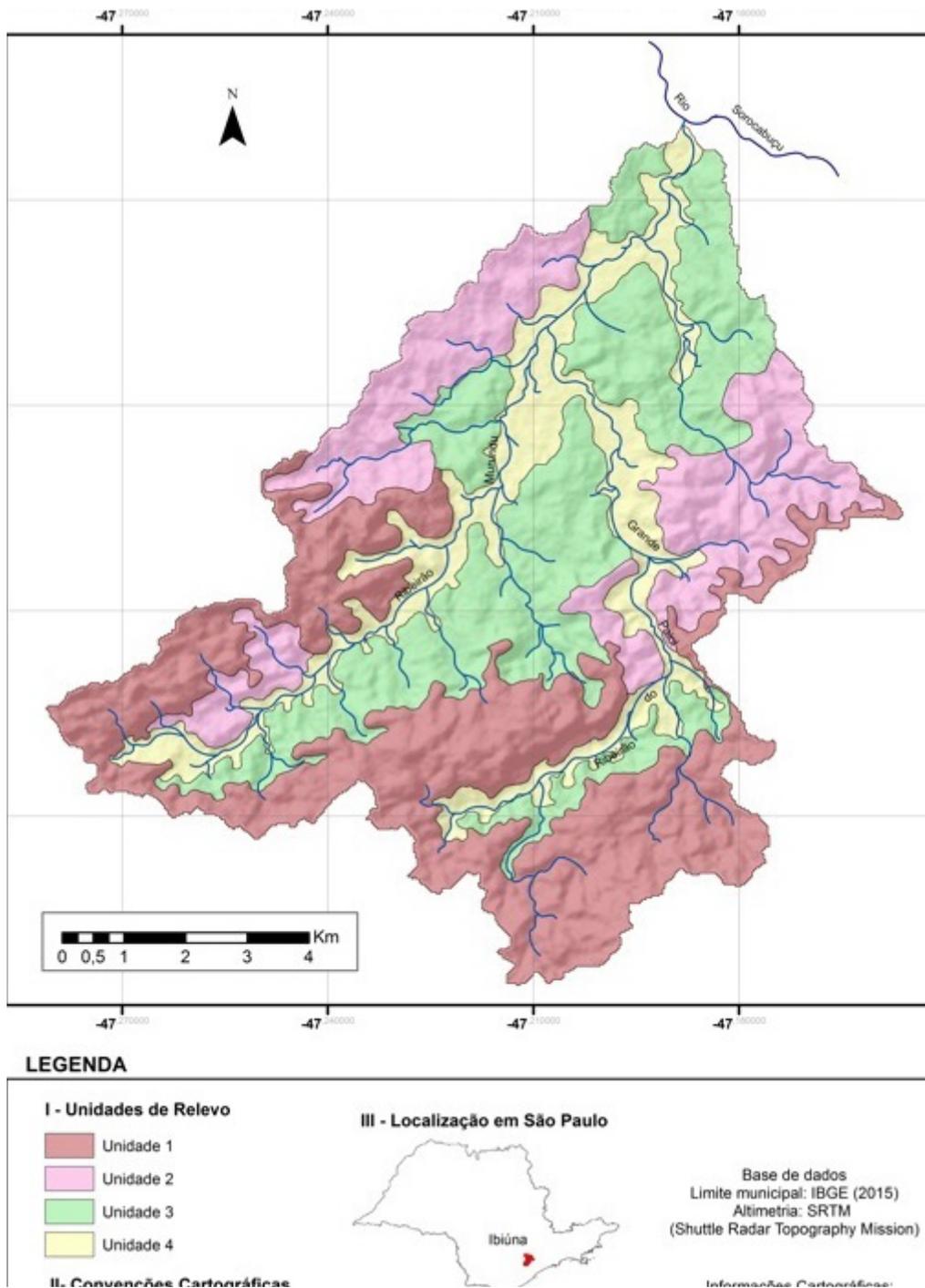
De acordo com a proposta de Christofletti (1980) para a classificação da rede de drenagem, a bacia possui padrão dendrítico e dentre seus subsidiários, também há ocorrência de padrão pinado, ou seja, confluências em ângulos retos, que podem ser consideradas anomalias atribuídas aos fenômenos tectônicos, desenvolvendo-se em rochas de resistência uniforme. Assim, a bacia possui um padrão híbrido, com aspectos dos dois padrões mencionados.

Verificou-se que as formas e os padrões do relevo sofrem influência da rede de drenagem a partir dos processos de erosão e deposição, além dos processos tectônicos. Por outro lado, a orientação da rede de drenagem também é influenciada pelas formas de relevo resultantes de processos tectônicos que produziram falhas. Os principais falhamentos da área estão orientados à NE, bem como grande parte das zonas de cisalhamento do sudeste brasileiro. Através da hipsometria da área, se observou que os vales de forma geral são assimétricos e há ocorrência de cotovelos e confluências de ângulos acentuados, possivelmente resultantes do cisalhamento das falhas e adensamento de blocos.

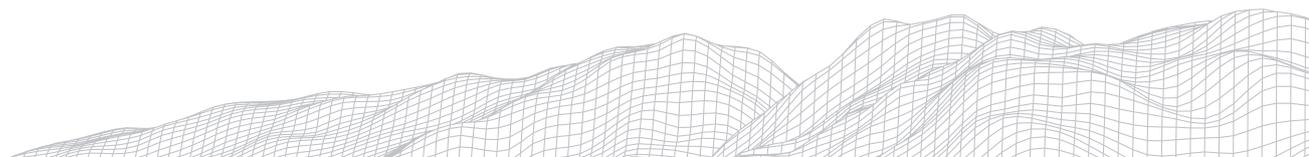
A partir da análise dos mapas de declividade, hipsométrico, perfis topográficos e das observações de campo foi possível distinguir quatro padrões de relevo



e agrupar em unidades (Figura 1). A unidade I possui as maiores cotas altimétricas, padrões em serra, com formas mais declives que nas demais, topos restritos, vertentes convexas e retilíneas e vales em “V”; a unidade II apresenta altitudes intermediárias, padrões colinares e formas relativamente bem dissecadas, com topos convexas, vertentes convexas a retilíneas; a unidade III se assemelha a unidade II, porém possui formas mais suavizadas e planícies mais amplas; e a unidade IV constitui-se nas planícies e baixas encostas, de relevo suavizado, caracterizando-se em ambientes de deposição. Tais características influenciam na densidade e nos tipos de uso do solo.



**FIGURA 1:** Mapa de unidades de relevo da bacia do Ribeirão Paiol Grande. Fonte: Arquivo dos autores.



No município de Ibiúna não são aplicadas certas recomendações de manejo do uso do solo e dos recursos hídricos, sendo estes os elementos mais afetados pelas atividades e ocupações das áreas rurais. Desse modo, procurou-se analisar de forma integrada os processos e impactos ambientais relacionados à Geomorfologia e Hidrologia.

Tomando como base imagens de satélite Landsat do Google Earth e observações feitas em trabalho de campo, podem-se classificar os usos e ocupação da terra da bacia de acordo com os critérios do Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra (SCUT), utilizado pelo IBGE (2013), conforme o Quadro 1.

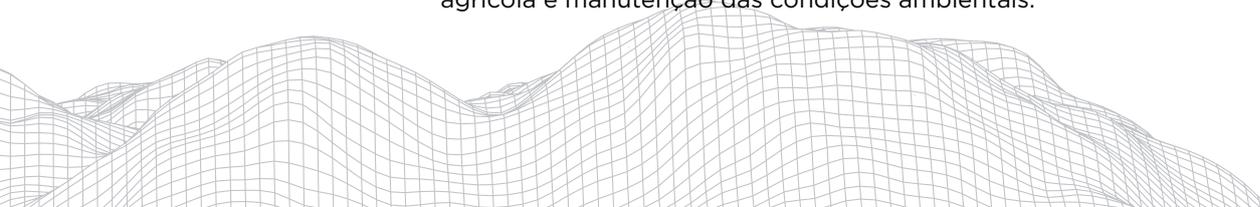
#### QUADRO 1

Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra (SCUT)

Nível I	Nível II	Nível III
Áreas antrópicas não agrícolas	Áreas urbanizadas	Urbanização pré-consolidada. Exemplo: Bairro Piaí.
Áreas antrópicas agrícolas	Culturas temporárias	Hortícolas e floríferas, cultivos temporários diversificados. Exemplos: plantações de hortaliças, leguminosas, frutas.
	Pastagens	Pecuária de animais de grande, médio e pequeno porte. Exemplo: pastagens nos bairros Piaí e Gabriel.
	Silvicultura	Reflorestamento de eucalipto. Exemplo: plantações em propriedades no bairro Paiol Grande.
Áreas de vegetação natural	Área florestal	Unidade de conservação de uso sustentável em área florestal. Exemplo: APA Itupararanga e proximidade com o Parque Estadual do Jurupará (PEJU).
		Floresta Ombrófila Densa e Aberta. Exemplo: Unidade 1, fragmentos florestais e APPs.
Água	Águas continentais	Unidades de conservação de uso sustentável em corpo d'água continental. Exemplo: tubulações em rios destinadas à irrigação.
		Receptor de efluentes em corpo d'água continental. Exemplo: despejo parcial de esgoto doméstico; resíduos de plantações e criação de animais que chegam à rede de drenagem com o escoamento superficial.
		Uso diversificado em corpo d'água continental. Exemplo: pesca; recreação; represamentos.

Fonte: IBGE, 2013.

Procurou-se observar a variação de uso e ocupação conforme a declividade, o tratamento dado a efluente e resíduos sólidos, como esgoto doméstico, fossas caipiras, manejo do solo e a possibilidade de conciliação entre atividade agrícola e manutenção das condições ambientais.



A unidade I possui declividades acentuadas e padrões de relevo em serras, devido à proximidade com a Serra de Paranapiacaba, fator que dificulta em certa medida o desenvolvimento de atividades agrícolas, sendo o setor com melhor preservação dos recursos naturais. As unidades II (Figura 2) e parte da III possuem declividades acentuadas que dificultam a mecanização, sobretudo nas áreas próximas aos topos, fazendo com que se estabeleçam intervenções pontuais, inclusive em encostas íngremes.



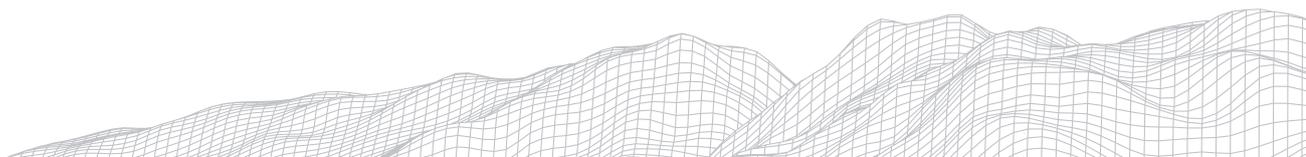
**FIGURA 2:** Bairro Murundu, unidade II. Fonte: Arquivo dos autores.

Já a unidade IV (Figura 3), possui padrões de relevo de planícies, com formas suavizadas e baixa declividade o que favorece a mecanização agrícola, pastagens e construção de moradias. Dessa forma, este é o setor mais afetado pela ação antrópica, demandando maior atenção, no que diz respeito aos estudos dos aspectos ambientais.

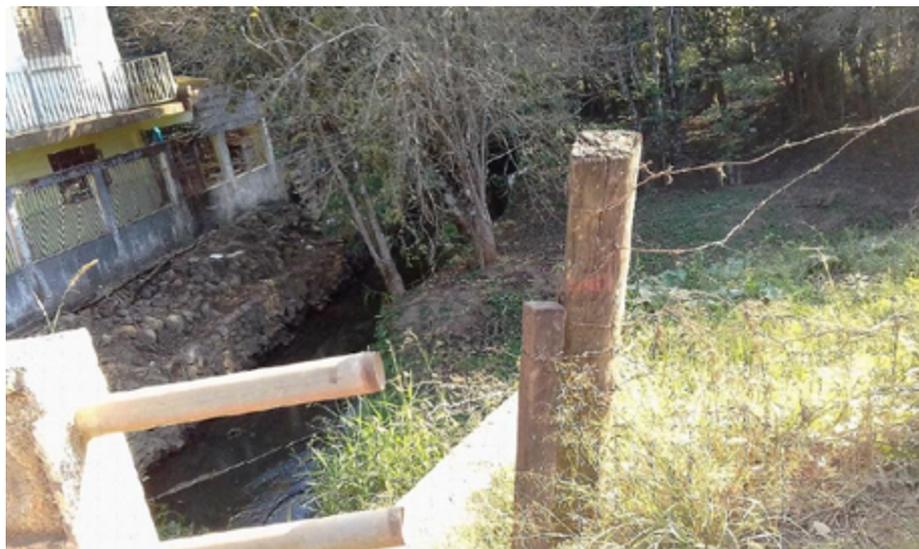


**FIGURA 3:** Bairro Paiol Grande, unidade IV. Fonte: Arquivo dos autores.

Ao longo do tempo, o relevo e os recursos hídricos foram apropriados de diferentes maneiras a depender das legislações em vigência, necessidade de moradia e mudanças na produção agrícola. Assim como na maioria dos municípios da região, a ocupação da área rural se deu de maneira irregular, no que diz respeito a tipos de construção, aos aspectos do terreno em que avançam e registros de documentação. Embora algumas propriedades tenham contrato de compra e venda e seja cobrado Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), as propriedades não possuem matrículas de imóveis, a maioria não possui



outorga para uso de bombas para poço, contam com precária infraestrutura sanitária e avançam sobre as Áreas de Proteção Permanente (APP) (Figura 4).



**FIGURA 4:** Setor central do bairro Piaí. Fonte: Arquivo dos autores.

Para sistematizar a relação entre intervenções antrópicas e impactos ambientais optou-se por escolher pontos-chave por bairros (Murundu, Piaí, Paiol Grande e Gabriel). Nos trajetos realizados entre os pontos através da Rodovia Presidente Tancredo Neves, foram observados arruamentos que acompanham a topografia do terreno, como forma de evitar o acúmulo de água em poças, já que alguns vegetais não se desenvolvem em solos molhados e encharcados. Este tipo de método de arruamento favorece o escoamento superficial da água, que pode levar a aceleração da erosão das vertentes, causando a abertura de sulcos nas estradas em épocas de alta precipitação; e o depósito de sedimentos nos canais em longo prazo pode acarretar na mudança do nível de base da área e até o assoreamento em áreas pontuais. Além disso, o favorecimento do escoamento superficial pode levar a intensificação da vazão da rede de drenagem.

Bairro Murundu: Possui características de relevo das unidades I, II e III. Foram verificados plantios em encostas íngremes, que podem causar perda de solo, risco de movimentos de massa e aumento do escoamento superficial; estradas vicinais e arruamentos acompanhando a topografia e demais estradas vicinais, que levam ao aumento do escoamento superficial e abertura de sulcos; supressão vegetal, que leva a perda de solo, alteração das propriedades da água, assoreamento, desconectividade entre fragmentos florestais; represamentos, que levam a alteração do nível de base, inundações, eutrofização; uso de agroquímicos, que leva a contaminação do solo, água e alimentos, alteração das características bioquímicas do solo, favorecimento da erosão, infertilidade, danos à saúde; mecanização, que leva ao aumento do escoamento superficial e da erosão, compactação do solo, remobilização do solo, mobilização de sedimentos e agroquímicos; irrigação, que leva a alteração da vazão; etapa de solo exposto do plantio, que leva a perda de solo, aumento da erosão, alteração das atividades biológicas; e captação de água superficial, subsuperficial e utilização de fossas, que leva a contaminação do solo e da água e danos à saúde pública.

Bairro Paiol Grande: Possui características de relevo das unidades III e IV. Foram verificadas estradas vicinais e arruamentos acompanhando a topografia e demais estradas vicinais, que levam ao aumento do escoamento superficial e abertura de sulcos; supressão vegetal, que leva a perda de solo, alteração

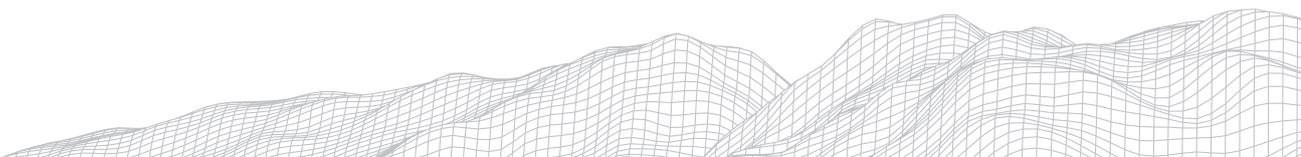
das propriedades da água, assoreamento, desconectividade entre fragmentos florestais; represamentos, que levam a alteração do nível de base, inundações, eutrofização; uso de agroquímicos, que leva a contaminação do solo, água e alimentos, alteração das características bioquímicas do solo, favorecimento da erosão, infertilidade, danos à saúde; mecanização, que leva ao aumento do escoamento superficial e da erosão, compactação do solo, remobilização do solo, mobilização de sedimentos e agroquímicos; Irrigação, que leva a alteração da vazão; etapa de solo exposto do plantio, que leva a perda de solo, aumento da erosão, alteração das atividades biológicas; e captação de água superficial, subsuperficial e utilização de fossas, que leva a contaminação do solo e da água e danos à saúde pública.

Bairro Piai: Possui características de relevo das unidades III e IV. Foram verificadas ocupações de planícies com características de pré-urbanização precarizada, que leva a retirada de APP, representando risco de inundação e assoreamento; estradas vicinais e arruamentos acompanhando a topografia e demais estradas vicinais, que levam ao aumento do escoamento superficial e abertura de sulcos; supressão vegetal, que leva a perda de solo, alteração das propriedades da água, assoreamento, desconectividade entre fragmentos florestais; represamentos, que levam a alteração do nível de base, inundações, eutrofização; uso de agroquímicos, que leva a contaminação do solo, água e alimentos, alteração das características bioquímicas do solo, favorecimento da erosão, infertilidade, danos à saúde; mecanização, que leva ao aumento do escoamento superficial e da erosão, compactação do solo, remobilização do solo, mobilização de sedimentos e agroquímicos; Irrigação, que leva a alteração da vazão; etapa de solo exposto do plantio, que leva a perda de solo, aumento da erosão, alteração das atividades biológicas; e Captação de água superficial, subsuperficial e utilização de fossas, que leva a contaminação do solo e da água e danos à saúde pública.

Bairro Gabriel: características de relevo das unidades III e IV. Foram verificadas estradas vicinais e arruamentos acompanhando a topografia e demais estradas vicinais, que levam ao aumento do escoamento superficial e abertura de sulcos; supressão vegetal, que leva a perda de solo, alteração das propriedades da água, assoreamento, desconectividade entre fragmentos florestais; represamentos, que levam a alteração do nível de base, inundações, eutrofização; uso de agroquímicos, que leva a contaminação do solo, água e alimentos, alteração das características bioquímicas do solo, favorecimento da erosão, infertilidade, danos à saúde; mecanização, que leva ao aumento do escoamento superficial e da erosão, compactação do solo, remobilização do solo, mobilização de sedimentos e agroquímicos; Irrigação, que leva a alteração da vazão; etapa de solo exposto do plantio, que leva a perda de solo, aumento da erosão, alteração das atividades biológicas; e Captação de água superficial, subsuperficial e utilização de fossas, que leva a contaminação do solo e da água e danos à saúde pública.

Trata-se de uma área inserida em uma Unidade de Conservação e Estância Turística, onde o fluxo de pessoas se direciona significativamente aos finais de semana e na temporada de férias escolares, o que gera a possibilidade de desenvolvimento de práticas de turismo rural. Para tal, deve ser desenvolvido o diálogo entre os moradores e projetos que viabilizem estruturas para fins turísticos de forma sustentável e que sejam de fácil acesso à população local e exterior.

Já existem alguns instrumentos legais de regulamentação ambiental de propriedades e atividades desenvolvidas em áreas rurais, porém o que se observa é o baixo impacto dos mesmos. Nesse contexto, a gestão pública tem o papel de tomar iniciativas e administrar investimentos que permitam a regulamentação das atividades destas áreas, sem que haja ônus aos produtores e trabalhadores rurais.



## 5. Considerações Finais

Sendo o solo e a água os recursos mais utilizados pelas atividades rurais, bem como a ocupação do relevo, o desenvolvimento de pesquisas nesses setores devem abordar tais aspectos e a forma como os mesmos interagem no meio, considerando sempre a ação antrópica sobre as dinâmicas ambientais. A Geomorfologia e seus sub-ramos contemplam as necessidades destes estudos, sobretudo em áreas que representam potencial hídrico elevado, dados os interesses econômicos, políticos e sociais.

A organização de produtos cartográficos permitiu realizar análises sobre as características da área, dando base para orientar a pesquisa sobre a gênese e os processos que envolvem a dinâmica ambiental. O uso de imagens de satélite foi útil para a identificação dos usos da terra e outros recursos em diversas escalas. Já o trabalho de campo possibilitou constatar a realidade dos fatos e processos que influenciam a paisagem. Com as metodologias empregadas foram alcançados os objetivos do trabalho no sentido teórico e de constatação de diagnósticos, ainda que não tenha sido possível realizar medições que demandam equipamentos específicos. Devido a imprevistos com a aquisição de recursos materiais impossibilitou-se a realização do projeto original, o que na verdade gera a possibilidade de realização de novos trabalhos.

Existem várias pesquisas científicas realizadas no município, porém o território é extenso, e os estudos produzidos são de temáticas diversas, sobre setores distintos, havendo assim escassez de dados para a realização de novos estudos de algumas áreas. Portanto, cada nova abordagem gera perspectivas significativas para o desenvolvimento científico, político, econômico e social. Futuramente, espera-se que possa dar continuidade de estudos sobre a área e a realização de procedimentos pretendidos no projeto.

## Referências

AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**. n.18. São Paulo: 1969. P. 1-23.

AB'SÁBER, A. N. Potencialidades Paisagísticas Brasileiras. In: \_\_\_\_\_. **Os domínios de natureza no Brasil - Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. Cap. 1. P. 09-26.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. 2006. Disponível em: <<http://geosgb.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 19 de fev. de 2018.

GUIA DE IBIÚNA. **Ibiúna, estância turística**. Ibiúna: 2017. Disponível em:

<<http://guiadeibiuna.com.br/ibiuna/>>. Acesso em: 04 de abr. de 2019.

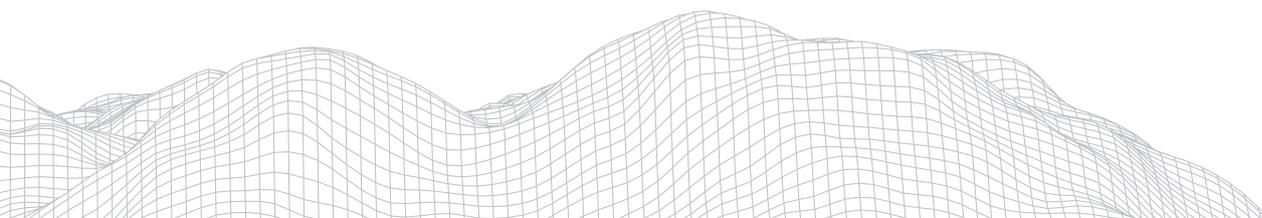
IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2013. 171 p.

IBGE. **Brasil / São Paulo/ Ibiúna**. 2018a. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ibiuna/panorama>>. Acesso em: 19 de jan. de 2018.

IBGE. **História - Ibiúna - SP**. 2018b. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ibiuna/historico>>. Acesso em: 24 de dez. de 2018.



IBIÚNA (Município). **Números e Dados**. Ibiúna: 2013. Disponível em:

<[http://www.ibiuna.sp.gov.br/ibiuna/numeros\\_e\\_dados](http://www.ibiuna.sp.gov.br/ibiuna/numeros_e_dados)>. Acesso em: 27 de fev. de 2018.

PEREIRA, L. C. **Avaliação da aptidão das terras: proposta metodológica**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico e a questão da taxonomia do relevo. **Revista de Geografia**, São Paulo: 1992.

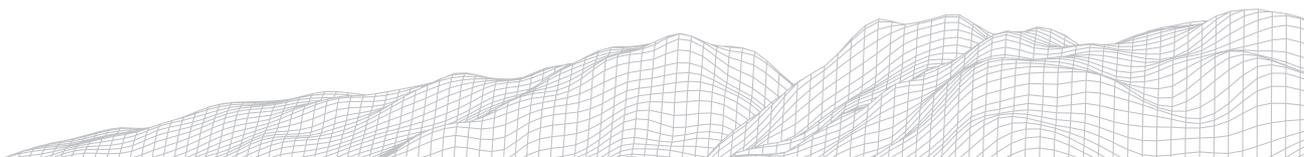
SÃO PAULO (Estado). **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Ituparanga**. Instituto Lótus. São Paulo: Fundação Florestal, 2007.

SÃO PAULO (Estado). Lei Complementar nº 1.241, de 08 de maio de 2014. Cria a Região Metropolitana de Sorocaba e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**. Poder Executivo, São Paulo, de 09 de mai. de 2014, p. 1.

SÃO PAULO (Estado). Lei Complementar nº 1.261, de 29/04/2015. Estabelece condições e requisitos para a classificação de Estâncias e de Municípios de Interesse Turístico e dá providências correlatas. São Paulo: 2015. **Diário Oficial do Estado**. Poder Executivo, São Paulo, de 30 de abr. de 2015, p.1.

SigRH. **Relatório Técnico nº 91 265-205. Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10)**. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológica, 2006. Disponível em:

<[http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7000/mapasintese\\_subbacia06.pdf](http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7000/mapasintese_subbacia06.pdf)>. Acesso em: 11 de jan. de 2018.



# ALTERAÇÕES ANTROPOGÊNICAS EM MARGENS DE CANAIS FLUVIAIS DA BACIA DO RIBEIRÃO BRANDÃO - VOLTA REDONDA, MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL (RJ)

497

*Lucas Cesar Figueiredo Hoepfner de Almeida*  
Mestrando do Programa de Pós - Graduação em Geografia da UFRJ  
UFRJ-CCMN-IGEO-PPGG, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, CEP  
21941-916, Rio de Janeiro (RJ)

E-mail: [lucas.hoepfner@gmail.com](mailto:lucas.hoepfner@gmail.com)

*Eduardo Vieira de Mello*

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ  
e professor EBTT do Colégio Pedro II campus Tijuca II

R. São Francisco Xavier, 204 - Tijuca, Rio de Janeiro - RJ, 20550-012

E-mail: [edu\\_vm@yahoo.com.br](mailto:edu_vm@yahoo.com.br)

*Maria Naise de Oliveira Peixoto*

Professora Associada IV do Departamento de Geografia,  
Instituto de Geociências (IGEO/UFRJ)

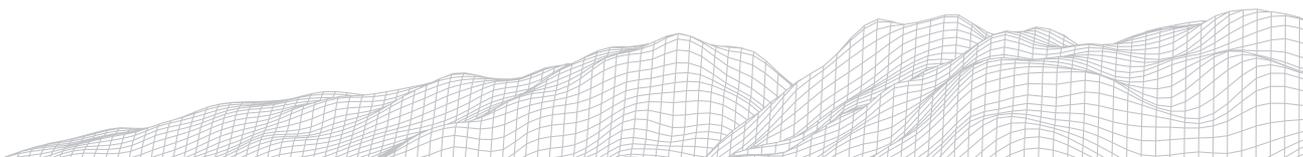
UFRJ-CCMN-IGEO, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, CEP 21941-  
916, Rio de Janeiro (RJ)

E-mail: [marianaise@igeo.ufrj.br](mailto:marianaise@igeo.ufrj.br)

### Resumo

O trabalho tem como objetivo mapear as alterações geomorfológicas de origem antropogênica nas margens dos principais canais fluviais na bacia hidrográfica do Ribeirão Brandão, que constitui um dos principais afluentes do rio Paraíba do Sul no município de Volta Redonda (RJ). O mapeamento realizado utilizou a metodologia apresentada em Wheaton *et al.* (2015), que se fundamenta nos Estilos de Rios (River Styles<sup>®</sup>) de Brierley e Fryirs (2005). As margens dos canais foram identificadas, utilizando-se imagens do Google Street View e Google Earth Pro para reconhecimento de feições que exercem o confinamento dos rios, enfatizando-se as antropogênicas. Os resultados mostram que as encostas são as feições confinantes predominantes dos coletores analisados nas áreas rurais e/ou com baixo adensamento da malha urbana, e que nas áreas urbanizadas o principal elemento confinante são os aterros e edificações, frequentemente implantados em áreas de várzeas e planícies, modificando-as significativamente.

**Palavras-chave:** Geomorfologia Antropogênica; Canais Fluviais; Geotecnogênese; Volta Redonda.

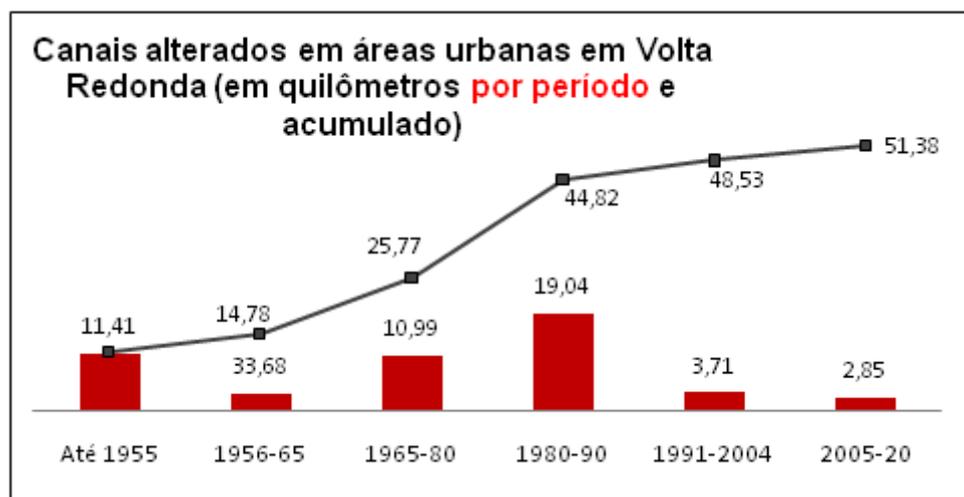


## 1. Introdução

A evolução das encostas e dos sistemas de drenagem durante os últimos milhares de anos na região do Médio Vale do rio Paraíba do Sul tem sido analisada através de investigações estratigráficas e geomorfológicas desenvolvidas pelo Núcleo de Estudos do Quaternário & Tecnógeno (NEQUAT/UFRJ) utilizando diferentes metodologias para a reconstituição das sequências de eventos erosivos/deposicionais e identificação de comportamentos diferenciados nos sistemas fluviais e cabeceiras de drenagem (MOURA *et al.*, 1991; MOURA e MELLO, 1991; MELLO *et al.*, 2005; MELLO, 2006; PEIXOTO *et al.*, 2011, entre outros).

Com base no arcabouço de informações construído, estudos mais recentes vêm sendo desenvolvidos com objetivo de identificar e caracterizar padrões morfológicos e funcionais nos sistemas hídricos, analisando-se o papel das transformações espaciais urbanas e rurais na dinâmica geomorfológica de encostas e dos ambientes fluviais. Estas investigações resultaram inicialmente na proposição de uma tipologia de rios à bacia do Ribeirão Brandão, considerando a urbanização acelerada da cidade industrial de Volta Redonda (RJ), elaborada por Mello (2006) e Peixoto *et al.* (2011) com base na integração da metodologia dos River Styles® proposta por Brierley e Fryirs (2000 e 2005) e Brierley *et al.* (2002) com a abordagem morfoestratigráfica desenvolvida nas pesquisas do NEQUAT. Posteriormente, com os estudos de Del Pozo (2011), Ribeiro (2016), Oliveira (2017) e mais recentemente Almeida (2021) e Mello (inédito), têm sido trazidas novas abordagens de mapeamento e tratamento das informações tecnogênicas, linha pesquisa em que se insere o trabalho aqui apresentado.

Na região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Volta Redonda se destaca tanto como cidade industrial criada com a implantação da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN na década de 1940, como pelas céleres mudanças geradas pelo avanço da urbanização, acopladas às transformações na atuação dos agentes urbanos, como discute Mello (2006; inédito). Este autor identificou, a partir de bases cartográficas e imagens digitais, diversos tipos de alterações nos canais fluviais por meio da ação tecnogênica - retificação, concretagem das calhas ou margens, obras que tornaram os canais subterrâneos, por exemplo - que expressam a estreita relação entre a geotecnogênese nos ambientes fluviais e o metabolismo da cidade (Figura 1).



**Figura 1:** Alteração de canais fluviais em áreas urbanas do município de Volta Redonda (RJ) entre 1955-2020. A extensão dos trechos de canais alterados (em km) é expressa em períodos específicos

(barras verticais) - definidos pelos documentos cartográficos disponíveis - e em comportamento acumulado.

Fontes: Elaborado por Mello (inédito) com base em: mapeamentos sobre a extensão das áreas urbanas nos períodos até 1955, 1956/1965, 1965/1980 e 1980/1990 e base cartográfica do IBGE; mapeamentos das alterações tecnogênicas em canais realizados por Mello (2006) para 1991-2004; e, para o período 2005-2020, no reconhecimento de canais alterados em áreas de expansão da cidade, utilizando imagens do Google Earth® 2020.

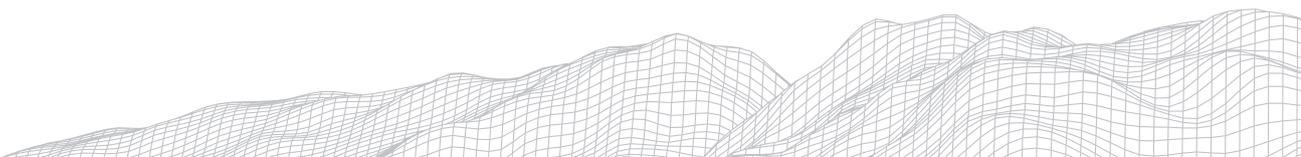
Considerando-se a existência de vários pulsos de intensa modificação nos rios e córregos de Volta Redonda, que evidenciam vinculação com as distintas fases de instalação e expansão da planta industrial, bem como de distribuição dos empreendimentos habitacionais no espaço da cidade (RJ), busca-se com o presente estudo contribuir para a elaboração e discussão de procedimentos de mapeamento acerca da geotecnogênese em ambientes fluviais urbanos e rurais a partir da aplicação da metodologia de mapeamento e taxonomia de feições fluviais apresentada por Wheaton *et al.* (2015).

A bacia hidrográfica do Ribeirão Brandão foi escolhida como recorte de análise por constituir um dos principais afluentes do rio Paraíba do Sul no seu médio curso, em território fluminense, abrangendo extensa área da porção sul do município de Volta Redonda. A bacia apresenta contextos urbanos e rurais distribuídos em distintos compartimentos colinosos, além da existência de estudos prévios de mapeamento e de classificação de feições indicativas de alterações tecnogênicas nas redes de drenagem e nos segmentos de canais (MELLO, 2006; PEIXOTO *et al.*, 2011). Assim, buscamos identificar de modo mais detalhado as intervenções das margens de canais associadas à expansão urbana e em áreas rurais, de modo integrado ao reconhecimento de feições ligadas à estrutura geomorfológica dos sistemas fluviais, de modo a contribuir para as investigações desenvolvidas sobre o Tecnógeno-Antropoceno na região.

## 2. Área de Estudo

A região onde se insere o município de Volta Redonda está localizada na Depressão Tectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, abarcando diferentes compartimentos de colinas e morros limitados pelas serras do Mar, a Sul, e da Mantiqueira, a Norte, que refletem controles estruturais do substrato e da tectônica cenozóica. A bacia hidrográfica do Ribeirão Brandão (Figura 2) é um dos principais afluentes da margem sul do rio Paraíba do Sul nesta região, atravessando, de montante para jusante, diferentes compartimentos geomorfológicos de morros e colinas desenvolvidos sobre substrato cristalino pré-cambriano (especialmente no alto e médio cursos) e também sobre sequências sedimentares que preenchem o Gráben Casa de Pedra e a Bacia Sedimentar de Volta Redonda, limitados por falhas normais (SILVA, 2001), no seu médio/baixo e baixo cursos. Estas feições e controles estruturais têm expressão marcante na variação de dissecação e na morfologia das encostas e vales fluviais.

O domínio colinoso onde se insere a bacia hidrográfica do Ribeirão Brandão foi formado a partir da evolução de processos erosivos e deposicionais ao longo do Quaternário tardio que estão associados à evolução das cabeceiras de drenagem em anfiteatro - as formadoras das redes de drenagem regionais - bem como à evolução de longo termo do relevo no Sudeste do Brasil, em seus eventos e controles neotectônicos, litoestruturais e climáticos. Tem como feições deposicionais quaternárias características os diferentes níveis de terraços fluviais e planícies de inundação, as rampas de colúvio e as rampas de alúvio-colúvio, abrigando distintos materiais deposicionais e solos que possuem relação direta com o desenvolvimento da paisagem ao longo dos últimos milhares de anos (DEL POZO, 2011). Neste contexto, o principal marco geomorfológico e estratigráfico corresponde ao entulhamento holocênico dos vales e reentrâncias das cabeceiras



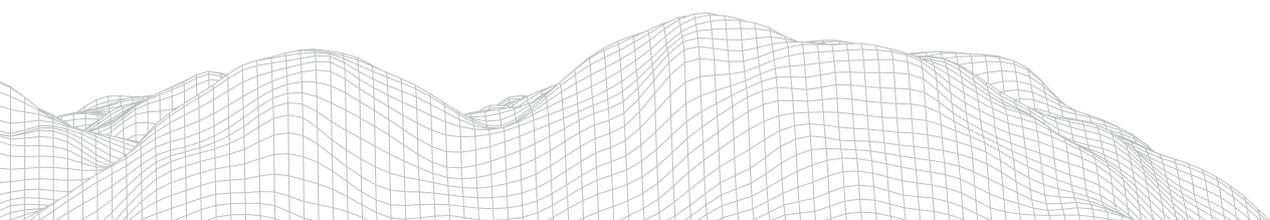
de drenagem em anfiteatro, associados ao Evento Manso (MOURA e MELLO, 1991; MOURA *et al.*, 1991), que está relacionado à configuração das rampas de alúvio-colúvio e ao nível de terraço mais elevado reconhecido regionalmente. Os estudos produzidos pelo NEQUAT mostram que as fases subsequentes de encaixamento e re-hierarquização hidrográfica por processos erosivos canalizados acelerados afetaram de modo diferenciado as bacias e sub-bacias hidrográficas, resultando em padrões distintos de preservação das feições de entulhamento e de geração de baixos terraços e planícies fluviais.

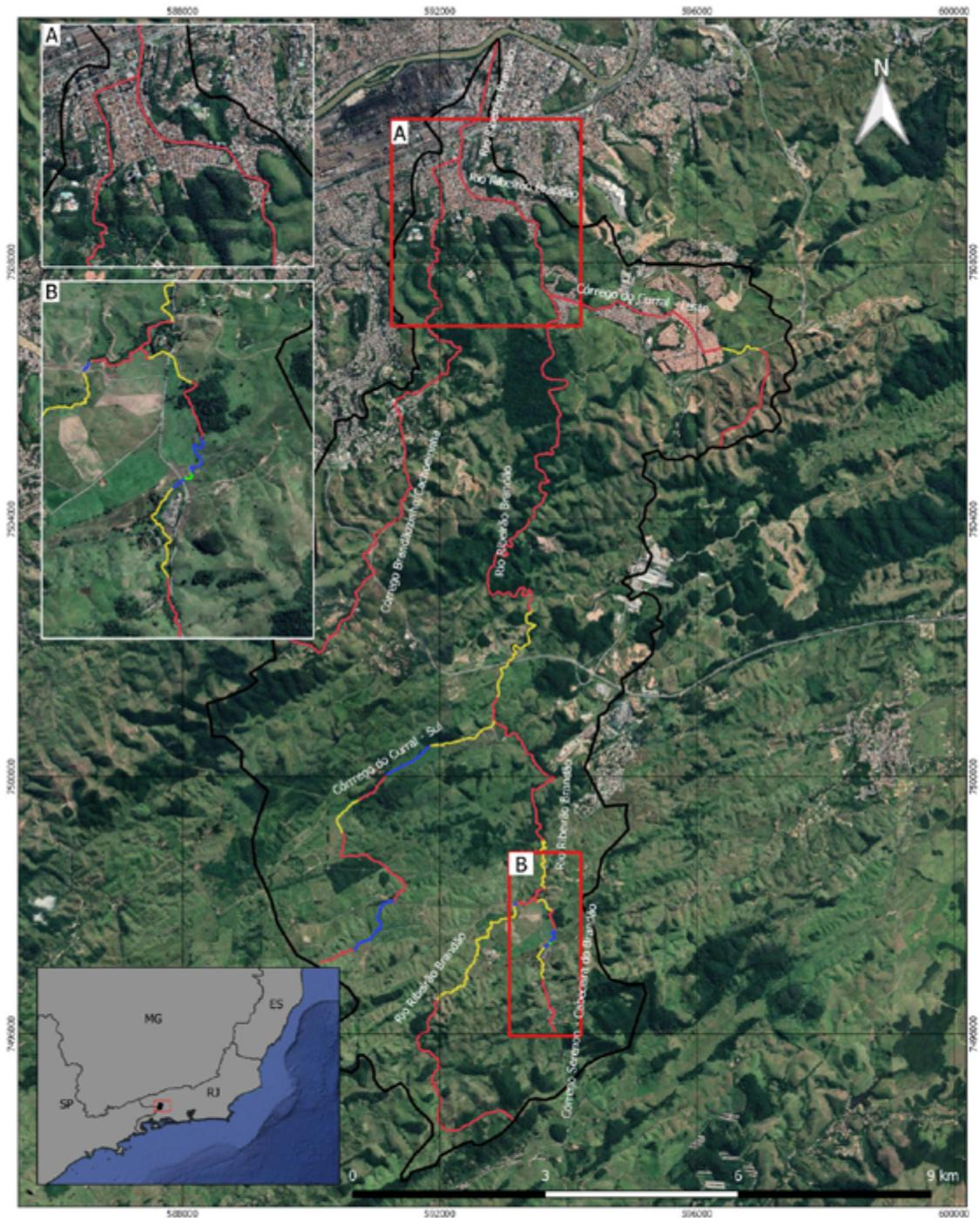
A bacia hidrográfica em estudo abrange terrenos principalmente dos municípios de Volta Redonda e Barra Mansa, tendo como principais tributários do Ribeirão Brandão (Figura 2):

- o Córrego do Curral afluente no segmento Sul da bacia (denominado neste estudo de Córrego do Curral-Sul);
- o Córrego Brandãozinho /Cachoeirinha (situado a Oeste da bacia);
- o Córrego Serenon (situado na zona de cabeceira do Ribeirão Brandão);
- o Córrego do Curral afluente no segmento central da bacia (denominado de Córrego do Curral-Leste, para distinguir de seu homônimo).

De modo geral, os tributários das sub-bacias da margem esquerda mostram-se mais extensos que as da margem direita, observando-se também o controle estrutural na organização da rede de drenagem, principalmente do médio e alto cursos da bacia: no coletor principal, Ribeirão Brandão, que apresenta orientação geral N-S e inflexões acentuadas para NE e NW; e na orientação dos tributários de maior ordem hierárquica da sua margem esquerda, francamente controlada pelos lineamentos regionais NE-SW. Canais tributários de primeira e segunda ordens apresentam, no médio e alto cursos, orientação NW-SE, com vales estreitos e alinhados em paralelo. As sub-bacias tributárias do Ribeirão Brandão são predominantemente alongadas, acompanhando o desenho e orientação geral dos compartimentos geomorfológicos de colinas, e em vários trechos observa-se padrões de drenagem tipo treliça, com maior densidade de drenagem (MELLO, 2006).

Em vista dos controles descritos, observa-se que os canais fluviais apresentam-se predominantemente confinados (48,34 km) ou parcialmente confinados (10,13 km), apresentando suas margens controladas por encostas ou terraços fluviais. Os segmentos não confinados perfazem apenas 0,1 km, havendo trechos com confinamento muito esporádico (3,29 km), conforme Almeida (2021).



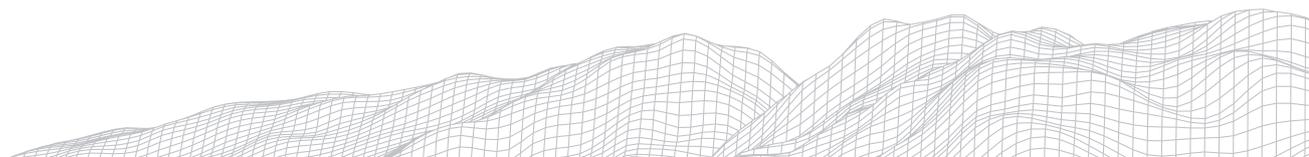


Legenda

Tipo de Margem	— Não Confinada	— Rio Paraíba do Sul
— Confinada	— Confinada Esporadicamente	• Companhia Siderúrgica Nacional
— Parcialmente Confinada	□ Bacia Hidrográfica	

Sistema de Coordenadas UTM/SIRGAS 2000. Fonte: IBGE: 2020

**Figura 2:** Mapa da bacia hidrográfica do Ribeirão Brandão, afluente do Rio Paraíba do Sul em Volta Redonda (RJ), com grau de confinamento do coletor e principais afluentes.



### 3. Metodologia

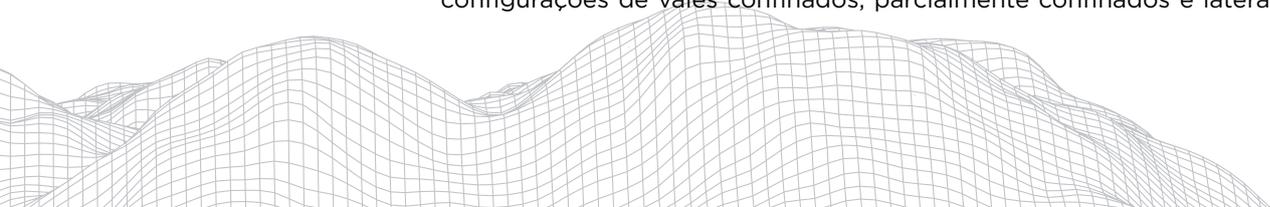
A metodologia utilizada para identificação de tipos de margens de canais fluviais e formas indicativas de intervenções antropogênicas, corresponde à classificação desenvolvida por Wheaton *et al.* (2015). Esta metodologia leva em consideração, segundo os autores, as margens dos rios, os elementos estruturantes e as unidades geomórficas para a classificação e taxonomia de formas fluviais, o que requer, a princípio, uma interpretação de alto nível de detalhamento, com imagens de alta resolução. Wheaton *et al.* (2015) recomendam que para a escala de canal sejam empregadas as escalas cartográficas de 1:100 até 1:2000 e que os elementos estruturais, margens e unidades geomórficas sejam discretos e representados por meio de símbolos.

A proposta elaborada por Wheaton e colaboradores fundamenta-se em grande parte no arcabouço metodológico dos Estilos de Rios (River Styles®) de Brierley e Fryirs (2000). Nesta metodologia, os Estilos de Rios são definidos por um conjunto de unidades geomorfológicas em uma seção de rio que estabelecem um arcabouço integrado dos processos biofísicos ao longo da bacia hidrográfica, sendo identificados pelo caráter e o comportamento do canal. O caráter é definido pela forma do canal em planta, a geometria, a assembleia de unidades geomorfológicas, o tipo de cobertura vegetal e de material detrítico; e o comportamento está associado à função fluvial, compreendendo as características hidráulicas, as ligações canal-planície, o regime de sedimentos e a propensão a transformações geomorfológicas (FRYIRS e BRIERLEY, 2002; BRIERLEY *et al.*, 2002; FRYIRS, 2003). Com os avanços tecnológicos ocorridos especialmente na última década, que têm permitido o uso de novas técnicas de imageamento por sensores remotos em estudos geomorfológicos e mapeamento de ambientes fluviais em diferentes contextos climáticos e tectônicos, a taxonomia proposta por Wheaton *et al.* (2015) destaca-se por fornecer uma classificação em vários níveis, passível de aplicação em diferentes contextos ambientais a partir do uso dos insumos disponíveis, fundamentando-se em princípios da dinâmica fluvial natural e antropogênica.

A metodologia define diferentes etapas de análise para os canais fluviais, que foram adaptadas para o propósito e o contexto de insumos disponíveis para realização do presente estudo. O primeiro passo do mapeamento realizado foi a identificação dos diferentes tipos de margens apresentadas em Wheaton *et al.* (2015), usadas para definir a configuração do vale. Dentro desta etapa é necessário primeiramente identificar se a margem do canal fluvial tem características antropogênicas ou não, sendo que as margens de origem antropogênica incluem diferentes feições construídas, tais como aterros, cercas, diques construídos, ferrovias, estradas, muros ou outras estruturas que limitam a margem do canal. Segundo Wheaton *et al.* (2015), as margens de canal antropogênicas estão presentes em muitos rios, e ocupam, flanqueiam, fragmentam e dissecam muitos fundos de vale, enquanto as margens “naturais” (ou de origem não diretamente antropogênica) podem estar associadas a diferentes feições confinantes do canal.

É importante destacar que os autores diferenciam as margens de vale das margens de fundo de vale e das margens de canal, da seguinte maneira: as margens do vale correspondem ao limite entre o ambiente das encostas e o fundo do vale, enquanto a margem do fundo do vale inclui apenas os canais ativos do rio e as várzeas (planícies) contemporâneas; as margens de canal correspondem aos limites da calha do rio, ou seja, são definidas pelo limite entre o fluxo do canal e a área em que este extravasa (várzeas ou planícies de inundação), em episódios de maior vazão.

Deste modo, a partir da identificação das diferentes margens e seu traçado são identificadas as condições de confinamento dos canais fluviais, estando as configurações de vales confinados, parcialmente confinados e lateralmente não



confinados referenciadas também na metodologia de estilos fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). Segundo Wheaton *et al.* (2015), uma margem de confinamento é definida como qualquer seção de canal que se confina por uma margem de vale, margem de fundo de vale ou por margem antropogênica. As margens de confinamento são aquelas que estão atuando na restrição do ajuste lateral de um canal. Assim, as margens de canal podem ser confinadas pelas encostas, quando estão contíguas a estas (ou seja, pela margem do vale), ou ter outras características de confinamento, como feições de terraços e leques aluviais. Neste último caso, estas feições geomorfológicas compõem o vale, mas não o fundo de vale, na conceituação apresentada pelos autores.

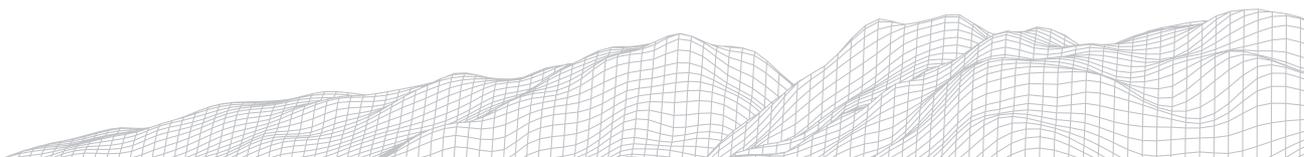
Na análise da bacia do Ribeirão Brandão, adotou-se como principal base de imagens para realizar o mapeamento de feições antropogênicas fluviais, a do Google Earth Pro, por apresentar uma resolução satisfatória para identificar alguns dos principais elementos enfocados na classificação utilizada, e também por apresentar imagens recentes e de boa qualidade disponibilizadas (as mais recentes datam de 23/07/2020), permitindo testar sua aplicação, conforme postula Ayach (2012). As imagens do Google Earth foram trabalhadas usando-se o *software* Quantum GIS, e definimos como escala de referência aproximada para o mapeamento a escala cartográfica 1:1000, pois ainda que não possibilite visualizar com detalhe o interior do canal, permite identificar de forma satisfatória as feições presentes nas margens do canal, do vale e do fundo de vale, feições enfocadas no presente estudo.

Para identificar e classificar a existência e os tipos de intervenções antropogênicas, usamos também a ferramenta Google Street View, buscando obter visualizações mais próximas das visadas em campo. Deste modo, com base na observação mais detalhada de locais escolhidos como pontos de visualização no Google Street View, foram identificados os elementos que confinam as margens, e com as imagens da plataforma Google Earth, realizado o mapeamento da sua distribuição ao longo dos coletores principais definidos para análise, identificando o grau de confinamento. Posteriormente, realizamos o mapeamento das feições de confinamento das margens dos canais nos trechos não visualizados no Google Street View a partir das imagens do Google Earth, por analogia e utilizando registros visuais em documentos e estudos já produzidos anteriormente.

Para identificar o tipo de confinamento das margens e os elementos confinantes foi necessário reconhecer, sempre que possível, as características das feições deposicionais quaternárias no entorno do canal, e seu efeito na disposição das margens de vale, de fundo de vale e de canal. Essa identificação foi feita ora via Google Street View, ora via imagens tridimensionais do relevo pelo Google Earth Pro, bem como pela análise das curvas de nível próximo às margens do canal.

#### 4. Resultados e Discussões

Possuindo aproximadamente 75km<sup>2</sup> de área e um perímetro aproximado de 55 km, a bacia hidrográfica do rio Ribeirão Brandão tem seu exutório no rio Paraíba do Sul, próximo à usina da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), abarcando nesta área parte dos bairros situados na zona central da cidade (Figura 2). O Ribeirão Brandão, coletor principal da bacia, apresenta 31,03 km de extensão, e os principais afluentes analisados, respectivamente: 12,99 km de extensão - córrego Brandão-zinho/Cachoeirinha - e 8,02 km, 6,41 km e 3,39 km - Córrego do Curral-Sul, Córrego do Curral-Leste e Córrego Serenon. Estes tributários percorrem bairros localizados na frente de expansão a sudeste da cidade de Volta Redonda, no Gráben Casa de Pedra - caso do Córrego do Curral-Leste - e no eixo de conexão com Rodovia Presidente Dutra - caso do córrego Brandãozinho/Cachoeirinha, em seu baixo curso - tendo os tributários do médio e alto curso uso predominantemente rural, com pastagens e pequenos fragmentos florestais.



A identificação inicial de tipos de margens de canal fluvial, segundo a classificação de Wheaton *et al.* (2015), permitiu reconhecer 3 padrões principais, que foram denominados, à semelhança da classificação proposta por estes autores, como margem “Antropogênica”, margem “Parcialmente Antropogênica” e margem “Natural”. Estas classes foram individualizadas a partir da presença ou não de elementos confinantes de origem antropogênica, reconhecidos na interpretação visual das imagens.

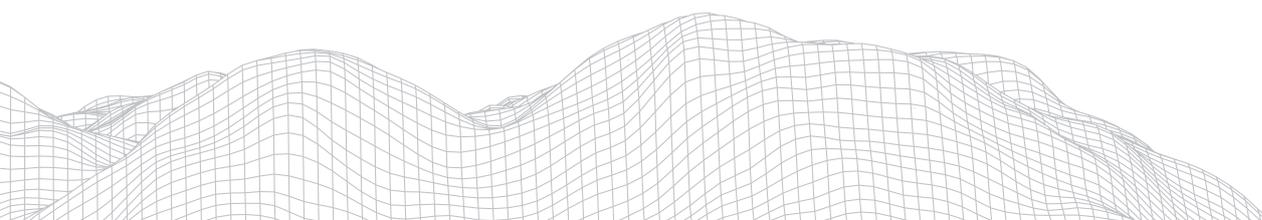
Assim, terrenos construídos como aterros e muros de edificações, por exemplo, definem margens “Antropogênicas”, enquanto situações de confinamento por segmentos de encosta das colinas ou por níveis de terraços fluviais mais elevados foram considerados atribuídos à categoria de margem “Natural”. Considerou-se, aqui, como critério fundamental, a preservação significativa da morfologia quaternária, e portanto desconsiderando-se outros aspectos atuantes na modificação antropogênica das coberturas superficiais. As situações de coexistência de elementos confinantes antropogênicos em uma margem, e elementos naturais na margem oposta foram classificadas como do tipo “Parcialmente Antropogênica”. Foram identificados 44,13 km de margens de canal classificadas como “Naturais”, predominantes nas áreas rurais; 12,05 km de margens canal “Antropogênicas”, predominando marcadamente nas áreas urbanas; e 5,23 km de margens “Parcialmente Antropogênicas”, geralmente associadas a trechos em que elementos como estradas interferem no confinamento natural dos rios.

Com base no reconhecimento de estruturas diferenciadas nas margens dos canais foi elaborada uma tipologia de margens de canal, resultando em seis tipos que buscam sintetizar as informações referentes aos elementos que confinam as margens dos canais coletores da bacia do Ribeirão Brandão (Tabela 1; Quadro 1; Figura 3). Percebe-se, pelo mapa exposto na Figura 3 e dados apresentados na Tabela 1, que o tipo mais comum de confinamento das margens dos coletores principais do Ribeirão Brandão é produzido pelas encostas do relevo de colinas, com planície de inundação não visível ou inexistente, que predomina nas áreas rurais e nas que apresentam malha urbana com baixo grau de adensamento. Já nos trechos mais urbanizados percebe-se que o principal elemento de confinamento das margens são os aterros, frequentemente realizados em áreas de várzeas e planícies, modificando-as significativamente.

**TABELA 1**

Elementos confinantes das margens de canal dos coletores principais do Ribeirão Brandão, afluente do Rio Paraíba do Sul em Volta Redonda (RJ). Comprimento expresso em km e em valores percentuais, em relação ao comprimento total dos trechos analisados.

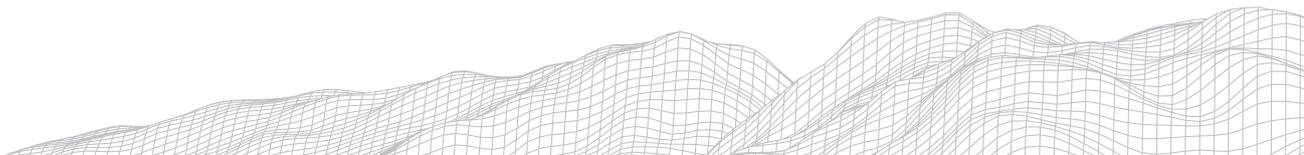
Elementos confinantes	Comprimento (Km)	Comprimento (%)
Aterros e edificações	12,692	20,51
Terraços baixos (esporádicos)	3,2398	5,33
Encostas	31,913	51,58
Encostas e estradas ou edificações	3,739	6,04
Terraços baixos e/ou encostas	9,513	15,38
Terraços baixos, encostas e/ou estradas	0,616	1,00
Sem elementos confinantes (margens não confinadas)	0,095	0,15

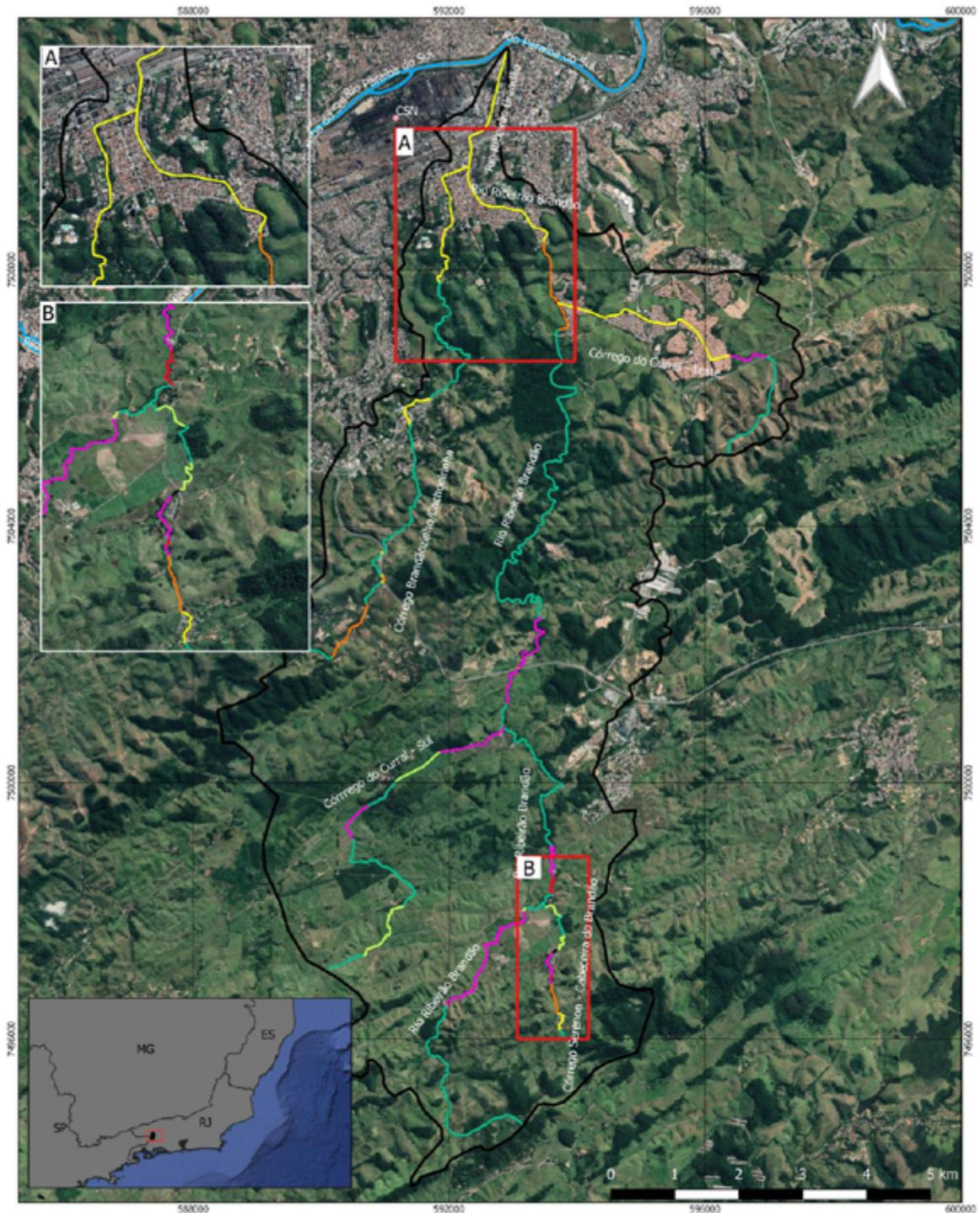


### QUADRO 1

Descrição e visualização das feições de confinamento de margens de canal fluvial na bacia do Ribeirão Brandão, Volta Redonda (RJ). Linhas brancas delimitam margens de canal; linhas amarelas delimitam margens de fundo de vale; linhas verdes delimitam margens de vale, conforme conceitualização de Wheaton *et al.* (2015). Fonte das fotografias: Google Street View (2020).

<p style="text-align: center;"><b>Aterro e edificações</b></p> <p>Margens de canais confinadas por áreas aterradas com edificações e/ou estradas, com frequência impossibilitando visualizar a planície de inundação. São encontradas com maior frequência à jusante da bacia do Ribeirão Brandão, onde o relevo tende a ser mais plano e com forte densidade urbana.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Terraços baixos (esporádico)</b></p> <p>Margens de canais com planícies de inundação contínuas e limitadas em poucos trechos por terraços baixos. Localmente o canal apresenta padrão meandrante. Mostram ocorrência restrita a trechos do alto curso dos canais tributários.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Encostas</b></p> <p>Margens de canal fluvial sobrepostas pelas margens do vale, inexistindo planícies de inundação. Ocorrem em trechos com fundos de vale angulosos, localizados principalmente no alto e médio curso da bacia.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Terraços baixos e/ou encostas</b> <b>Terraços baixos e encostas e/ou estradas</b></p> <p>Engloba situações com presença de planície de inundação descontínua onde a sinuosidade do canal é controlada pela margem do fundo do vale; pode ocorrer o controle também por estradas ou rodovias. Ocorrência restrita ao alto curso da bacia hidrográfica, onde predomina o uso rural.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Confinamento por encostas e estrada ou edificações</b></p> <p>Margens de canal fluvial sobrepostas pelas margens do vale, que a confinam; podem apresentar, também, confinamento por rodovias, estradas e/ou edificações. Ocorrem por toda a bacia hidrográfica.</p> <p>Fonte das fotografias: Google Street View (2020).</p>	



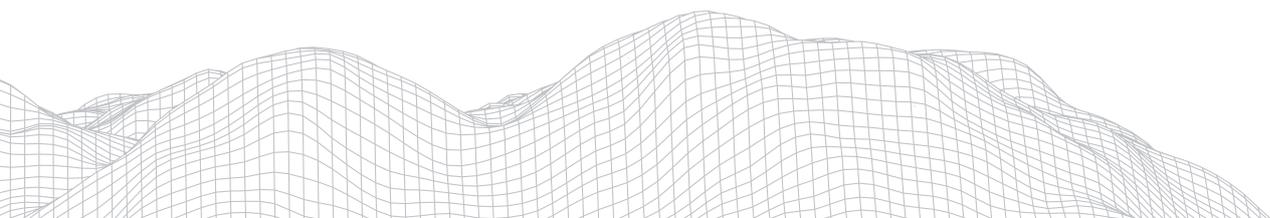


**Legenda**

Elementos confinantes da margem	Encostas e estrada ou edificações	Rio Paraíba do Sul
Aterro e edificações	Terraços baixos e / ou encostas	Companhia Siderúrgica Nacional
Terraços baixos (Esporádico)	Terraços baixos, encostas e / ou estradas	Bacia Hidrográfica
Encostas		

Sistema de Coordenadas UTM/SIRGAS 2000.  
 Fonte: IBGE: 2020

**Figura 4:** Distribuição espacial dos elementos confinantes das margens de canal dos coletores principais do Ribeirão Brandão, afluente do Rio Paraíba do Sul em Volta Redonda (RJ).



Ao analisarmos a tipologia proposta por Mello (2006) e os elementos confinantes identificados neste trabalho, percebemos algumas relações entre as classes utilizadas, descritas a seguir. Mello (2006) havia definido 9 tipos de canais fluviais na bacia do Ribeirão Brandão: Assoreado, Embrejado, Erosivo, Florestado, Impermeabilizado, Inciso, Não-inciso, Retificado, Rochoso e Subterrâneo, os quais foram identificados com base na metodologia dos Estilos Fluviais. Observamos que canais com margens classificadas como confinadas por aterros ou construções na planície de inundação correspondem aos canais retificados e aos canais impermeabilizados e subterrâneos de Mello (2006), pois as retificações estão associadas a obras de engenharia realizadas em diversos trechos da bacia estudada, a fim de minorar problemas relacionados a enchentes nas áreas urbanas e/ou próximo a rodovias. O autor descreve que os canais impermeabilizados constituem um tipo retificado com impermeabilização de sua calha e margens, e que em áreas de urbanização mais densa, com frequência o canal deixa de ser visível (exposto), sendo conduzido por galerias subterrâneas de concreto.

Já os trechos de canais com margens confinadas por encostas, terraços e/ou por rodovias, com inexistência de planícies expressivas, mostram-se associadas em grande parte aos canais classificados como incisivos por Mello (2006), que resultam do encaixamento atual e/ou holocênico da drenagem em áreas entulhadas. Os raros trechos de canais com margens não-confinadas, que apresentam planícies de inundação contínua limitadas ou não por terraços baixos e com ou sem a presença de canais meandrantos, parecem estar associadas aos canais não-incisivos, pois estão canais em vales abertos, geralmente rasos. Margens parcialmente confinadas com planícies de inundação descontínuas e sinuosidades controladas pelo vale ou rodovias foram associadas também aos canais não-incisivos de Mello (2006).

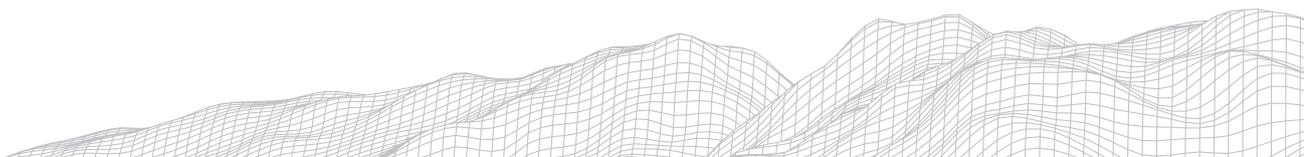
Verifica-se, por outro lado, que a introdução nos critérios de identificação de confinamento dos canais dos elementos de origem antropogênica resultou em uma significativa mudança na interpretação do quadro geral de confinamento dos canais, visto que a maior parte das margens se mostram confinadas tanto pelas feições de relevo quaternárias como pelas estruturas ligadas ao processo de urbanização da área considerada.

No contexto da história evolutiva regional, a intensa dissecação do substrato cristalino e sedimentar nos compartimentos colinosos onde se insere a bacia resultou em poucos trechos com significativo alargamento do vale passíveis de formação de amplas planícies de inundação. Junta-se a este aspecto o fato de que o encaixamento dos sistemas de drenagem após o Evento Manso ter gerado níveis de terraço distintos, como já apontado, os quais, na classificação utilizada, configuram também elementos confinantes dos canais fluviais atuais. No baixo curso da bacia, por fim, ainda que predominem planícies e terraços associados ao rio Paraíba do Sul, o Ribeirão Brandão tem suas margens confinadas por aterros e edificações, evidenciando uma significativa restrição antropogênica no seu comportamento.

Outro aspecto a ser destacado é que no reconhecimento de feições deposicionais realizado como base para a identificação de elementos confinantes, consideramos os terraços fluviais como feições quaternárias, apesar do reconhecimento de depósitos tecnogênicos fluviais na região. Este fato indica a necessidade de aprimoramento deste critério, a partir de estudos específicos sobre a origem dos níveis de sedimentação mais baixos (baixos terraços e várzeas).

## 5. Considerações finais

A aplicação da metodologia proposta por Wheaton *et al.* (2015) na definição de tipos de margens de canal fluvial para os coletores principais da



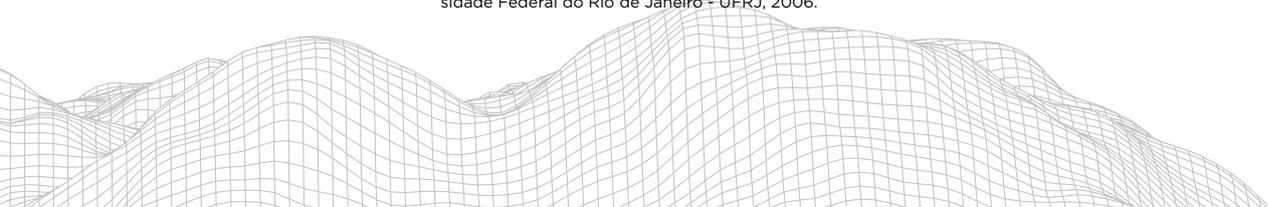
bacia hidrográfica do Ribeirão Brandão apresentou resultados gerais positivos para o mapeamento de feições antropogênicas fluviais.

A utilização de imagens do Google Earth Pro e do Google Street View possibilitaram a visualização das características do entorno dos diferentes trechos dos canais fluviais analisados permitindo que a classificação do canal, tanto em relação ao seu nível de confinamento quanto aos seus elementos confinantes, fosse realizada de forma satisfatória. A limitação percebida na visualização pelo Google Street View, devido ao fato de as fotografias serem obtidas a partir de estradas, levou-nos a selecionar trechos para análises em detalhe, sendo um importante complemento à análise visual em planta.

O trabalho evidencia, assim, que as alterações antropogênicas nas margens dos canais fluviais podem ser espacializadas e analisadas utilizando-se a classificação de Wheaton *et al.* (2015) na região em estudo, contribuindo para as pesquisas sobre as interações entre as unidades geomórficas e os processos que ocorrem nas bacias de drenagem, e para o mapeamento de feições tecnogênicas. Considerando que a classificação empregada se integra também com o arcabouço dos estilos fluviais, esperamos que o aperfeiçoamento dos procedimentos para sua aplicação no contexto dos domínios colinosos do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul contribua para a identificação, futuramente, de padrões de comportamento fluvial que permitam desenhar cenários e trajetórias de mudanças geomorfológicas antropogênicas contemplando a avaliação dos seus impactos nas funções dos rios, em seus diferentes trechos e condições de conectividade, associando-os também ao processo de urbanização regional.

## Referências

- ALMEIDA, L.C.F.H. **Alterações Geomorfológicas em Canais Fluviais - Marcas da Geotecnogênese na Bacia do Ribeirão Brandão, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (RJ)**. Monografia (Graduação em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Curso de Graduação em Geografia-Bacharelado, Rio de Janeiro, 2021.
- AYACH, L.R.; CUNHA, E.R.; SILVA, L.F.; BACANI, V.M. Utilização de Imagens do Google Earth para Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Indaiá (MS). **Revista Geonorte** (Edição Especial), 2(4): 180-181, 2012.
- BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K. A. River Styles, a Geomorphic Approach to Catchment Characterization: Implications for River Rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia. **Environmental Management**, 25(6): 661-679, 2000.
- BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.; OUTHET, D.; MASSEY, C. Application of the River Styles framework as the basis for river management in New South Wales, Australia. **Applied Geography**, 22: 91-122, 2002.
- BRIERLEY, G.J.; STANKOVIANSKY, M. Geomorphic responses to land use change. **Catena**, 51:173-179, 2003.
- BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. **Geomorphology and River Management: applications of the River Styles framework**. Blackwell Publishing, 2005.
- DEL POZO, I.F.S. **Modelagem De Conectividade da Paisagem com Base na Análise Espacial de Variáveis Geomorfológicas e Cobertura da Terra em Bacias Hidrográficas - Municípios de Volta Redonda e Pinheiral (RJ)** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGG, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2011.
- FRYIRS, K. A. Guiding Principles of Assessing the Geomorphic Condition of Rivers: Application of a Framework in Bega catchment, South Coast, NSW, Australia. **Catena**, 53:17- 52, 2003.
- MELLO, E.V. **Alterações Tecnogênicas em Sistemas Fluviais no Município de Volta Redonda, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul Fluminense**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós- Graduação em Geografia - PPGG, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2006.



MELLO, E.V. **Volta Redonda e CSN, símbolos do Antropoceno no Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós- Graduação em Geografia - PPGG, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, (inédito).

MELLO, C.L.; MOURA, J.R.S.; CARMO, I.O.; SILVA, T.M.; PEIXOTO, M.N.O. Eventos de Sedimentação Durante o Holoceno no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): Aloestratigrafia e Datações por Radiocarbono. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Niterói. **Anais...** ABEQUA, 5: 193-197, 1995.

MOURA, J.R.S. e MELLO, C.L. Classificação Aloestratigráfica do Quaternário Superior na Região de Bananal (SP). **Rev. bras. Geociências**, 21(3):236-254, 1991.

MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M. Geometria do Relevo e Estratigrafia do Quaternário como Base à Tipologia de Cabeceiras de Drenagem em Anfiteatro - Médio vale do Rio Paraíba do Sul. **Rev. bras. Geociências**, 21(3):255-265, 1991.

MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M.; MELLO, C.L. Mapa de Feições Geomorfológicas e Coberturas Sedimentares Quaternárias: Abordagem para o Planejamento Ambiental em Compartimentos de Colinas no Planalto Sudeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo (SP). **Boletim de Resumos Expandidos**, São Paulo: SBGSP, 1: 60-62, 1992.

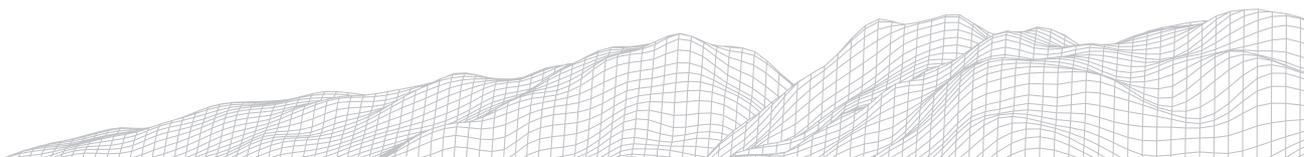
OLIVEIRA, S.A. **Vulnerabilidade Ambiental na "Cidade do Aço": a Geotecnogênese na Construção de Paisagens de Perigo no Setor Leste de Volta Redonda (RJ)**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de Pós- Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 213 p., 2017.

PEIXOTO, M.N.O.; CESARIO, F.; PIMENTEL, M.; MELLO, E.V.; OLIVEIRA, D. Identificação de estilos de rios em bacias de drenagem inseridas em compartimentos de colina - Médio Vale do rio Paraíba do Sul (RJ). **Revista de Geografia**. Recife: UFPE, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, 2011.

RIBEIRO, A.S. **Caracterização geomorfológica, sedimentológica e da vegetação de canais embrejados na bacia Córrego Santa Rita, município de Volta Redonda (RJ)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós- Graduação em Geografia - PPGG, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2016.

SILVA, L.C. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro / organizado por Luiz Carlos da Silva (e) Hélio Canejo da Silva Cunha**. - Brasília: CPRM. 2ª edição revista em 2001. CD-ROM Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.

WHEATON, J. M.; FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G.; BANGEN, S. G.; BOUWES, N.; O'BRIEN, G. Geomorphic mapping and taxonomy of fluvial landforms. **Geomorphology**, 248: 273-295, 2015.



# ALTERAÇÕES EM CANAIS FLUVIAIS: UMA ANÁLISE TEMPORAL DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO CAVEIRINHA (GO)

*Marcos Vinícius Santos de Freitas*

*Universidade Federal de Goiás/Instituto de Estudos Socioambientais  
Avenida Esperança s/n, Câmpus Samambaia -CEP 74690-900  
Goiânia - Goiás - Brasil*

*E-mail: mar\_freita.s@discente.ufg.br*

*Karla Maria Silva de Faria*

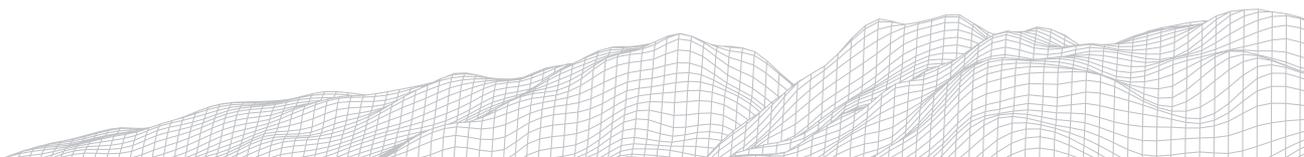
*Universidade Federal de Goiás/Instituto de Estudos Socioambientais  
Avenida Esperança s/n, Câmpus Samambaia -CEP 74690-900  
Goiânia - Goiás - Brasil.*

*E-mail:karla\_faria@ufg.br*

### Resumo

A sub-bacia hidrográfica do ribeirão Caveirinha, ao longo de vinte e seis anos, passou por grandes modificações em sua rede fluvial devido a ocupação da sua área pela malha urbana da cidade. O objetivo deste trabalho foi identificar, analisar e espacializar as alterações de dois trechos selecionados da rede de drenagem entre os anos de 1992 e 2018. A metodologia deu-se através da organização de banco de dados geográficos, vetorização manual das redes de drenagem e a segmentação da sub-bacia em alta, média e baixa, além do cálculo de parâmetros morfométricos. O estudo revelou perda das áreas úmidas e diminuição da sinuosidade dos canais de drenagem nos trechos avaliados. Conhecer a dinâmica histórica e parâmetros morfométricos de determinadas paisagens fluviais auxiliará na elaboração estratégias para uma melhor gestão de sub-bacias.

**Palavras-chave:** bacias urbanas; parâmetros morfométricos; impactos ambientais.



## Introdução

A bacia hidrográfica tem sido amplamente utilizada como uma unidade espacial de análise para gestão e planejamento territorial e ambiental, uma vez que, compreende subsistemas associados da paisagem, entre eles os processos que determinam as dinâmicas dos recursos hídricos. Nesse sentido, Cunha (2003) afirma que os processos hidrológicos devem ser estudados sobre a perspectiva da bacia de drenagem uma vez que ela reflete a forma de uso do solo e a dinâmica habitual dentro de seus limites.

Os corpos hídricos apresentam-se como sistemas abertos em equilíbrio dinâmico, onde ocorre a entrada e saída de matéria e energia. Para restabelecimento de seu equilíbrio, os canais de drenagem sofrem modificações em função da sua capacidade de erodir, transportar e depositar sedimentos (CHRISTOFOLLETTI, 1988).

A partir das variações geomorfológicas presentes na bacia hidrográfica pode-se segmentá-la em alta, média e baixa, conforme a declividade e extensão das suas vertentes, tais variações resultam em modificações nos canais de drenagem que são intensificados pelos processos de ocupação urbana já que trazem obras de infraestrutura e impermeabilizam o solo (MACHADO e TORRES, 2012; MOROZ-CACCIA GOUVEIA e RODRIGUES, 2017).

Desta forma, sabendo-se em qual segmento da bacia concentram-se as perturbações no equilíbrio dos canais de drenagem, bem como a natureza dessas modificações, pode-se planejar e gerir, numa escala maior, os acontecimentos ocorridos dentro da área de drenagem.

No Brasil, as modificações fluviais são intensas, devido a pluviosidade elevada, porém em virtude das políticas de desenvolvimento e integração territorial instituídas por órgãos federais e municipais, os processos tendem a ocorrer de forma cada vez mais acelerada, consequência de uma rápida expansão urbana (CUNHA, 2003).

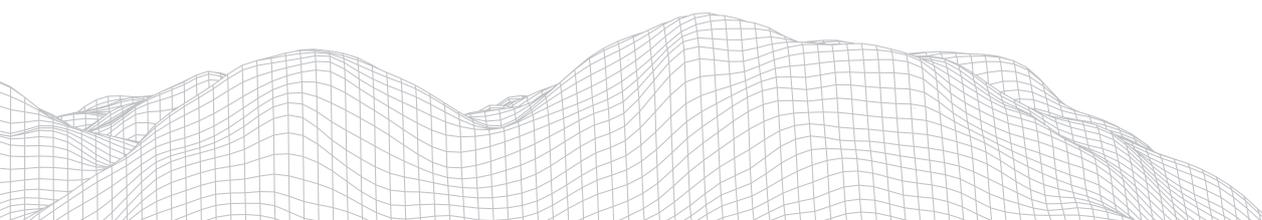
A partir da cartografia retrospectiva, pode-se elaborar análises temporais de longos intervalos para acompanhar e retratar a evolução dos fenômenos ocorridos dentro dos limites da bacia hidrográfica (DAMASCO e CUNHA, 2014).

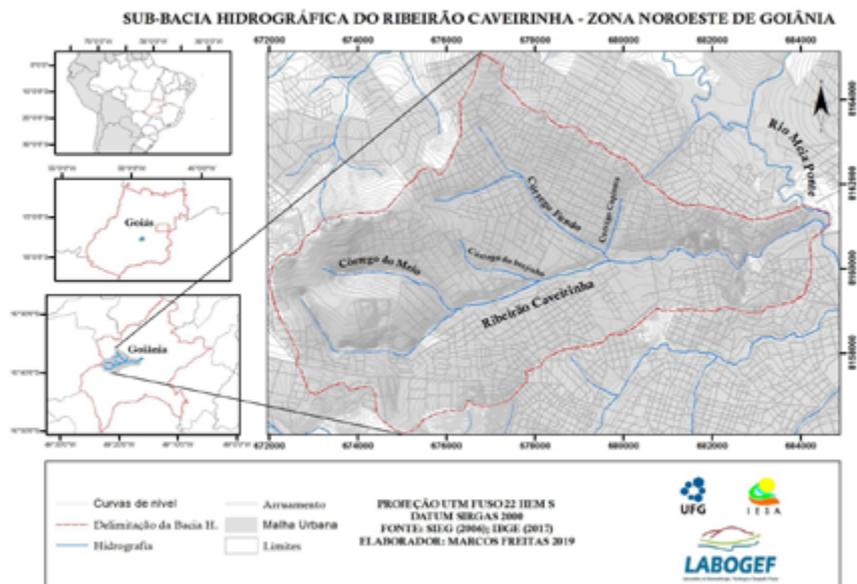
Portanto, o presente estudo busca analisar as mudanças ocorridas nos canais de drenagem da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caveirinha entre os anos de 1992 e 2018, observando sua espacialização ao longo da alta, média e baixa bacia.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caveirinha, localiza-se na região noroeste da malha urbana do município de Goiânia e possui área de contribuição de 52 km<sup>2</sup> e perímetro de 38 km. Afluente do Rio Meia Ponte, a sub-bacia conta com contribuição dos córregos do Meio, Fundo, Brejinho e Capivara (Figura 1).





**FIGURA 1** - Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica. Fonte: Autor

A sub-bacia de drenagem passou, nos últimos 30 anos, por um processo intenso de urbanização, majoritariamente desordenado, consequência de programas municipais de desenvolvimento como o Plano de desenvolvimento integrado de Goiânia (PDIG), apesar disso, ainda se encontram em seu limite, vazios urbanos alvos de interesse do setor imobiliário (NASCIMENTO e OLIVEIRA, 2015).

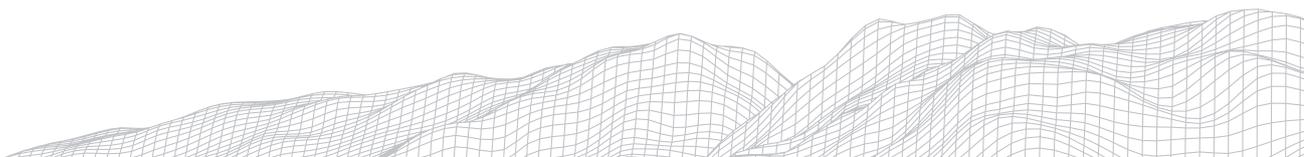
Situada numa zona periférica a sub-bacia compreende setores habitacionais vulneráveis socioeconomicamente e de densidade demográfica elevada, entre eles Morada do Sol, Finsocial e Jardim Nova Esperança com respectivamente 6.928,6; 10.263,9 e 10.304,5 hab./km<sup>2</sup>.

Nos últimos anos é crescente os estudos de sub-bacias hidrográficas como a do Ribeirão Caveirinha que apresentam setores industriais e empresariais trazidos pela urbanização, nesses trabalhos têm-se relacionado os impactos ambientais às modificações morfométricas nos canais de drenagem que consequentemente alteram a qualidade de seus recursos naturais como abordado por Romero et. al. (2017) ao fazerem um estudo hidromorfológico em outra sub-bacia urbana goiana.

Em relação aos recursos hídricos dos canais, Tucci et. al. (1995) apontam que os aterros sanitários são uma das principais fontes de contaminação para os aquíferos urbanos, nesse sentido pela bacia em estudo conter em seus limites tanto um aterro sanitário quanto pontos de captação de água para abastecimento, a preocupação com dinâmica dos canais fluviais deve ser prioritária à gestão da bacia.

## 2.2. Procedimentos Metodológicos

A identificação e espacialização das mudanças morfológicas, decorrentes do processo de urbanização, nos canais fluviais da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caveirinha, entre os anos de 1992 e 2018, ocorreram nas seguintes etapas.



1º Etapa: O trabalho iniciou-se através da elaboração de um banco de dados geográficos contendo informações referentes a área de análise. Os *shape-files* dos parcelamentos urbanos, traçado viário, rede hidrográfica, curvas de nível, e delimitação da bacia hidrográfica foram disponibilizados pelo Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física (LABOGEF) do Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás (UFG). Também foram obtidos junto ao laboratório, o modelo digital de terreno (MDT) do município de Goiânia, a fotografia aérea de 1992 na escala de 1:1500 e a ortofoto de 2006 na escala de 1:3000 ambas georreferenciadas *datum SAD-69*, relativas a área da sub-bacia.

A ortofoto de 2018 foi obtida a partir do banco de dados próprio do software usado, neste caso o ArcGIs. Desse modo foi possível a elaboração do mapa temático de localização da bacia com suas respectivas características.

2º Etapa: Com base no banco de dados foi elaborado um mapa de segmentação da bacia em alta, média e baixa. Buscou-se com a delimitação espacializar as alterações morfométricas identificadas nos canais de drenagem e relacioná-las com os aspectos geomorfológicos da área estudada.

3º Etapa: Consistiu na vetorização manual dos canais fluviais nos anos de 1992, 2006 e 2018, para comparação. As áreas úmidas adjacentes à drenagem também foram vetorizadas dada a evolução de suas modificações e importância para a discussão neste trabalho, a partir disso realizou-se os cálculos morfométricos.

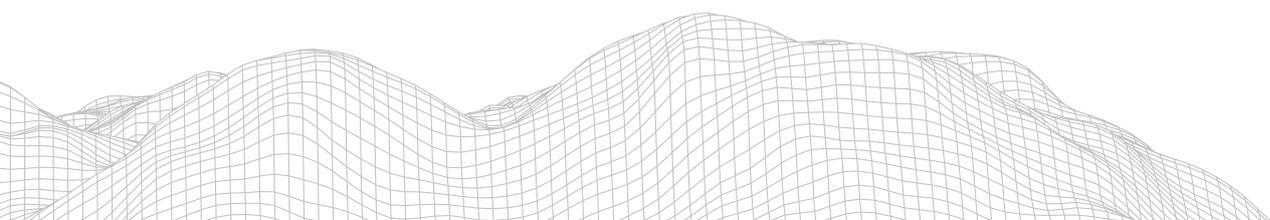
4º Etapa: Diante da evolução histórica dos canais de drenagem da bacia hidrográfica foram selecionadas duas áreas amostrais, (A) e (B) ao longo da drenagem fluvial, que traduzem a intensidade das modificações morfométricas ocorridas dentro intervalo estudado.

5º Etapa: Realizou-se um trabalho de campo para levantamento de dados relativos às áreas amostrais. Buscou-se identificar a situação dessas áreas, tais como estado das obras de infraestrutura, vegetação marginal, ausência ou presença de resíduos sólidos, além do estado dos canais de drenagem e das áreas úmidas.

## Resultados e Discussão

Conforme observou Dias-Oliveira et. al (2013) ao estudar as áreas marginalizadas da cidade de Jandaia do Sul no Paraná e suas consequências hidrogeomorfológicas nos canais de drenagem, a tentativa de incentivar a ocupação urbana mais intensa nas regiões periféricas da cidade de Goiânia, como na área de contribuição do Ribeirão Caveirinha, ocasionou uma forte impermeabilização de seu solo com diminuição considerável de área verde, além da execução de obras de engenharia ao longo dos segmentos dos canais como construções de estradas, canalizações e retificações que acabaram por afetar os parâmetros morfológicos da sub-bacia hidrográfica.

As mudanças ocorridas na sub-bacia hidrográfica levam a uma maior suscetibilidade de impactos ambientais negativos como inundações, alagamentos, erosões e assoreamento dos canais, além de danos na estrutura de pontes e bocas de lobo. Tais fatos são perceptíveis ao longo da rede da drenagem (figura 2).





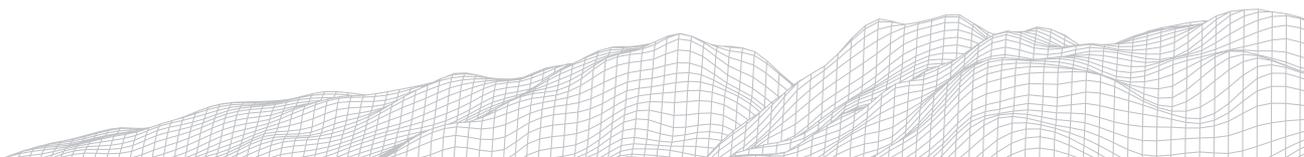
**FIGURA 2** - Impactos socioambientais negativos ao longo dos canais de drenagem.  
Fonte: Freitas,2020.

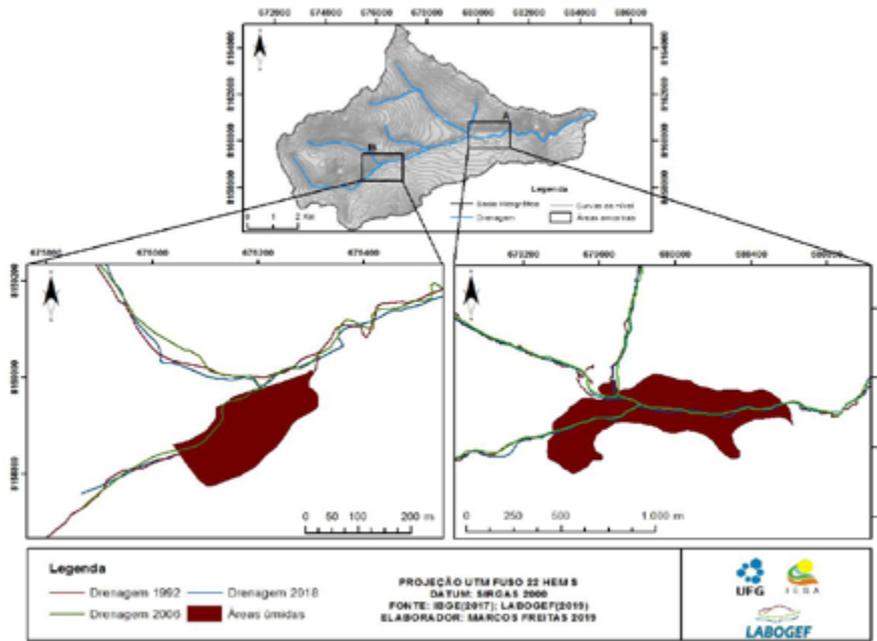
De acordo com a classificação de Strahler de (1957) em relação a hierarquia fluvial a sub-bacia apresenta um canal de terceira ordem (Caveirinha), um de segunda ordem (Fundo) e o restante de primeira ordem (Meio, Brejinho e Capivara).

A sub-bacia representa um índice de circularidade de 0,42 indicando que possui características mais alongadas e estreitas do que circulares o que representa um escoamento temporal de forma mais distribuída desfavorecendo picos de vazões altas e neste sentido diminuindo os riscos de enchentes (GRANNEL-PÉREZ, 2001).

A densidade de drenagem (Dd) é um parâmetro que permite conhecer o potencial que uma bacia possui para garantir o escoamento superficial de sua área e prever a intensidade de seus processos erosivos (GRANNEL-PÉREZ, 2001), de acordo com a classificação de Beltrame (1994) a Dd da sub-bacia analisada é considerada intermediária variando pouco ao longo do período com uma média de 0,64 km/km<sup>2</sup>. O coeficiente de manutenção (Cm) revela a área mínima necessária em km<sup>2</sup> para manter ativo um Km de canal fluvial, no caso da valores de Cm também variaram pouco apresentando uma média de 1,53 km<sup>2</sup>

Durante intervalo de vinte e seis anos, entre 1992 e 2018, a análise da rede de drenagem da bacia hidrográfica evidencia uma diminuição da sinuosidade de seus canais e a perda significativa de áreas úmidas. Para Christofolletti (1980) torna-se evidente que as características dos canais fluviais sejam alteradas ao longo do tempo, pois as modificações superficiais da bacia alteram a proporção entre o fluxo de água e os sedimentos do sistema fluvial, que por sua vez estabelecerá um novo equilíbrio através da sua capacidade morfogênica. A figuras 3 indica a localização e o detalhamento das áreas amostrais (A) e (B), nas quais pode-se observar essas alterações da rede de drenagem.

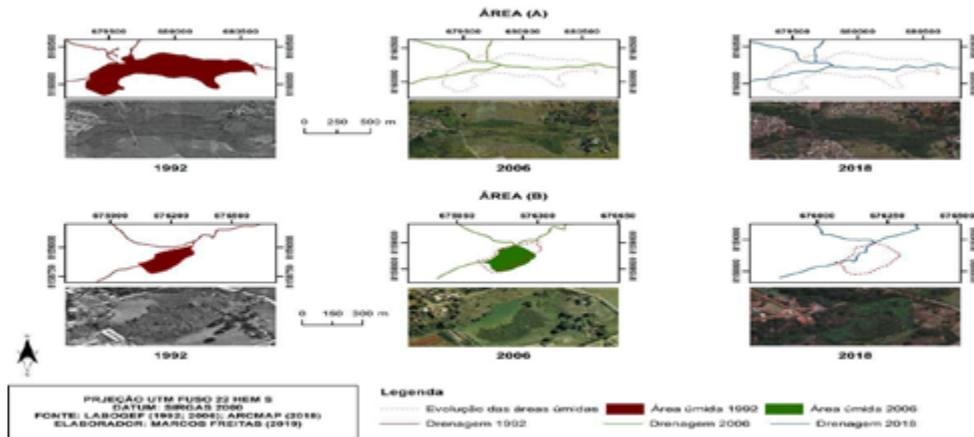




**FIGURA 3** - Localização das áreas amostrais ao longo da sub-bacia e sobreposição das redes de drenagem de 1992, 2006 e 2018.

A área (A) representa um trecho do Ribeirão Caveirinha que possuía na drenagem de 1992 uma extensa área úmida em que não era possível delimitar a calha do canal fluvial, no entanto, ao que se refere a drenagem de 2006 e 2018 nota-se a perda da total área úmida original relativa a uma drenagem mais eficaz da área em função do encaixe do canal fluvial e consequente delimitação de seu leito. Para Cunha (2003) as atividades humanas alteram a dinâmica do rio e uma das formas que ele tem para encontrar um novo equilíbrio refere-se à uma intensa erosão de margens e modificações na topografia do seu leito.

Desse modo, a impermeabilização do solo, consequência direta do avanço da malha urbana na área da sub-bacia de drenagem, perceptível nas imagens históricas na figura 4, aumenta a velocidade do escoamento superficial durante as precipitações (Tucci et. al.,1995) provocando um aumento da carga detrítica e uma diminuição do tempo de concentração da bacia que, por sua vez, favorece picos de vazão mais elevados nos canais fluviais.



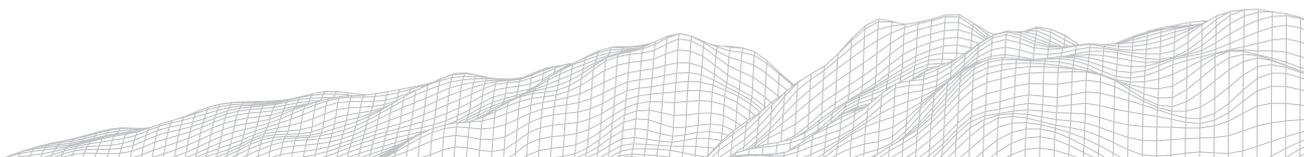
**FIGURA 4** - Evolução dos canais e das áreas úmidas relativas às amostras (A) e (B) entre 1992 e 2018.

A maior energia dos canais hídricos incrementa o potencial hidráulico na agradação do fundo rochoso, em razão disso ocorre o encaixe e delimitação de uma calha fluvial e abandono da planície de inundação, para Oliveira (2012) a nova forma da calha fluvial é definida pela resistência do leito, a estabilidade das margens e a geometria do canal.

No que se refere a planície de inundação, seu abandono segundo Cristofolletti (1980) representa a criação de novos terraços fluviais que estabelecem uma nova conformação a seção transversal do canal.

Na área (B) observa-se o mesmo efeito morfogênico de alteração nas formas dos canais, também discutido por Dias-Oliveira (2012) em suas considerações teóricas e práticas sobre a geometria hidráulica, no qual destaca a proporcionalidade da capacidade erosiva do canal devido ao aumento de sua vazão. Entre os anos de 1992 e 2006 percebe-se a diminuição da área alagável apesar de ainda não haver delimitação da calha fluvial, entretanto na análise do ano de 2018 torna-se possível a visualização da delimitação do canal de drenagem e consequente formação do terraço fluvial.

O decréscimo da sinuosidade dos canais, dentro do intervalo estudado, são percebidas em ambas as áreas amostrais (A) e (B), principalmente nos leitos fluviais já estabelecidos no relevo, anteriores à perda de área úmida constatada neste estudo. A drenagem meandrante identificada na drenagem de 1992 ao ser comparada com as drenagens de 2006 e 2018 encontra-se modificada, o processo de perda de sinuosidade é gradual entre as duas análises.



Buscando identificar as causas desse processo, Hooke (2007) atesta que a perda de sinuosidade se refere a capacidade autogênica do canal de estabilizar-se logo após um estado crítico ocasionado por um desequilíbrio no sistema fluvial como, por exemplo, a ação antrópica. Como cada segmento da sub-bacia possui características próprias quanto ao balanço hidrossedimentar, Lima (2011) expõe que a dinâmica erosiva-deposicional nos canais fluviais menores pode ser definida, em grande parte, a através dos índices de declividade.

A área (A) situa-se no limite entre a alta e a média sub-bacia, sendo assim a área úmida identificada na drenagem de 1992 existia devido a pouca declividade do relevo - nota-se uma maior equidistância entre as curvas de nível -, por outro lado sua diminuição também está relacionada com a maior quantidade de sedimentos trazidos pelo escoamento superficial, uma vez que a alta sub-bacia é conhecida por vertentes mais acentuadas.

No que se refere a área (B), a maior parte de seu espaço encontra-se no segmento alto da bacia, nesse sentido as declividades maiores dificultam a formação de áreas úmidas, o processo de perda dessas áreas e entalhamento da calha fluvial entre 1992 e 2006 ocorreu de forma mais lenta do que visto na área (A), nessa lógica sua área de contribuição foi menos urbanizada do que a área (A) e ainda contém vazios urbanos.

#### 4. Considerações Finais

O trabalho constata que dentro do intervalo estudado (1992-2018) a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caveirinha passou por grandes modificações em sua rede hidrográfica devido a ocupação da sua área pela malha urbana da cidade. Observou-se perda de áreas úmidas e diminuição da sinuosidade dos canais de drenagem.

Os resultados revelam a diminuição das áreas úmidas em função do desenvolvimento da calha dos canais de drenagem e criação de novos terraços fluviais nos dois trechos da drenagem analisados. A evolução da paisagem fluvial teve como fator determinante a ocupação urbana na área de contribuição da sub-bacia.

Conhecendo a dinâmica histórica dos canais de drenagem, bem como o estado de sua área de drenagem torna-se possível juntamente com órgãos municipais a elaboração estratégias para uma melhor gestão dos recursos da sub-bacia

#### Agradecimentos

Ao Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física (LABOGEF) pela estrutura concedida para execução da pesquisa e ao CNPQ pela bolsa de iniciação científica.

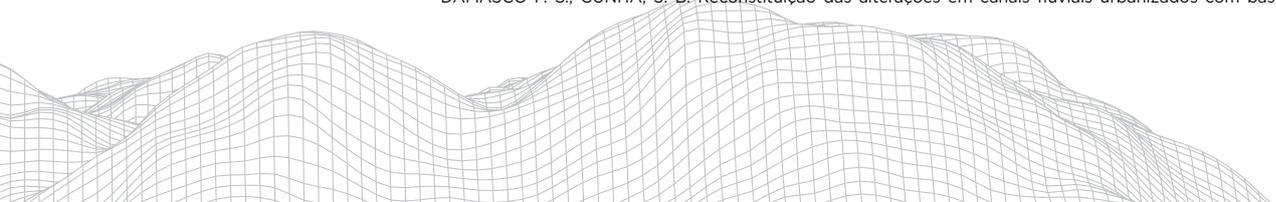
#### Referências

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. In: CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1980. p. 65-92.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial: o canal fluvial vol.1. São Paulo: , 1988.

CUNHA, S. B. Canais Fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. (org.). A questão ambiental: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 220-238.

DAMASCO F. S.; CUNHA, S. B. Reconstituição das alterações em canais fluviais urbanizados com base na cartografia



histórica: Bacia dos Rios Guaxindiba/alcântara (RJ). Revista Geonorte, Edição Especial 4, v. 10, n.1, p.446-452, 2014.

DIAS-OLIVEIRA, E. Geometria Hidráulica: Algumas Considerações Teóricas e Práticas. Sociedade e Território, Natal, v. 24, no 1, p. 166 - 184, jan./jun. 2012.

DIAS-OLIVEIRA, E.; VESTENA, L. R. A; OLIVEIRA, E. D. Considerações sobre os aspectos hidrogeomorfológicos da cidade de Jandaia do Sul- PR. Revista Eletrônica Geoaraguaia, Barra do Garças, v. 3, n.1, p 33 - 49. Jan./jul. 2013.

HOOKE, J. M. Complexity, self-organization and variation in behavior in meandering rivers. Geomorphology, v. 91, p. 236-258, 2007.

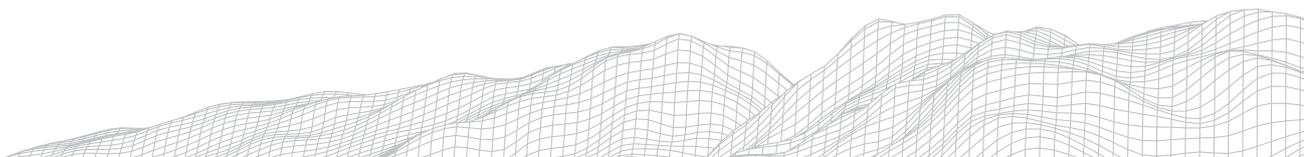
LIMA, A. G. Morfologia da rede de drenagem do rio Cascavel e sua potencial interação hidrossedimentar com o ambiente urbano de Guarapuava, PR: notas preliminares. Ciência e Natura UFSM, v. 33, n.2, p. 241-247, 2011.

MACHADO, P. J. O; TORRES, F. T. P. Introdução à hidrogeografia. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; RODRIGUES, C. Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí - Região Metropolitana de São Paulo. Geosp - Espaço e Tempo (Online), v. 21, n. 1, p. 257-283, abril. 2017.

NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. Mapeamento do processo histórico de expansão urbana do município de Goiânia-GO. GEOgraphia, ano 17, n. 34, 2015

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C.E.M; PORTO R. L.; BARROS M. T. (org.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. p 15-36.



# ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO DOS APERTADOS - PR COM BASE NOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO

*William Henrique Kurunczi Ferreira*

*Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina.*

*Rodovia Celso Garcia Cid - PR 445 Km 380 - Campus Universitário - Centro de Ciências Exatas.*

*CEP: 86.057-970, Caixa Postal 10.011, Londrina - Paraná, Brasil.*

*E-mail: william\_kferreira@hotmail.com*

*Marciel Lohmann*

*Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina.*

*Rodovia Celso Garcia Cid - PR 445 Km 380 - Campus Universitário - Centro de Ciências Exatas.*

*CEP: 86.057-970, Caixa Postal 10.011, Londrina - Paraná, Brasil.*

*E-mail: marciel@uel.br*

*Pâmela da Silva Gaedke*

*Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina.*

*Rodovia Celso Garcia Cid - PR 445 Km 380 - Campus Universitário - Centro de Ciências Exatas.*

*CEP: 86.057-970, Caixa Postal 10.011, Londrina - Paraná, Brasil.*

*E-mail: pamela\_gaedke@hotmail.com*

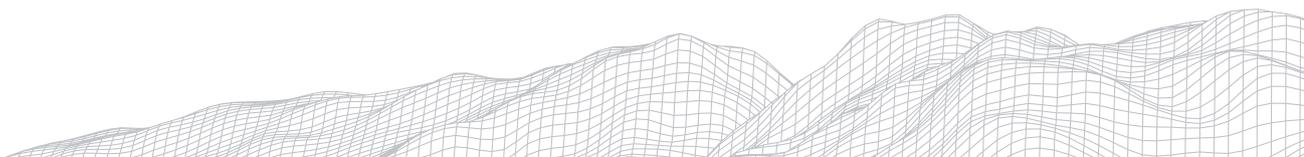
*Rafael Pietroski Galvão*

*Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina.  
Rodovia Celso Garcia Cid - PR 445 Km 380 - Campus Universitário - Centro de Ciências  
Exatas.  
CEP: 86.057-970, Caixa Postal 10.011, Londrina - Paraná, Brasil.  
E-mail: rafaelpietroskigalvao@hotmail.com*

### **Resumo**

As Bacias Hidrográficas se caracterizam como unidades de grande utilidade no estudo e no planejamento ambiental, devido ao seu caráter abrangente sobre diversas variáveis em uma abordagem sistêmica. Desta maneira, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Apertados - PR, localizada na porção Norte Central do Estado do Paraná, a partir de técnicas de geoprocessamento e na utilização dos Índices de Representação do Relevo em ambiente SIG, considerando potenciais erosivos, de sedimentação e acúmulo de água. Tal proposta de mapeamento segue a metodologia adotada por Maganhotto (2013, 2016 e 2019), nas análises individuais e combinadas de cada um dos atributos pela ferramenta de álgebra de mapas, gerando as classes de fragilidade Baixa, Média, Alta e Muito Alta. De posse dos resultados, foi realizada a caracterização física da área e sua consequente fragilidade, contribuindo com informações que podem auxiliar em tomadas de decisões, visando assim um manejo mais adequado da bacia na perspectiva do desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** Atributos topográficos; Fragilidade ambiental; Geoprocessamento; Planejamento ambiental; Processos geomorfológicos.



## 1. Introdução

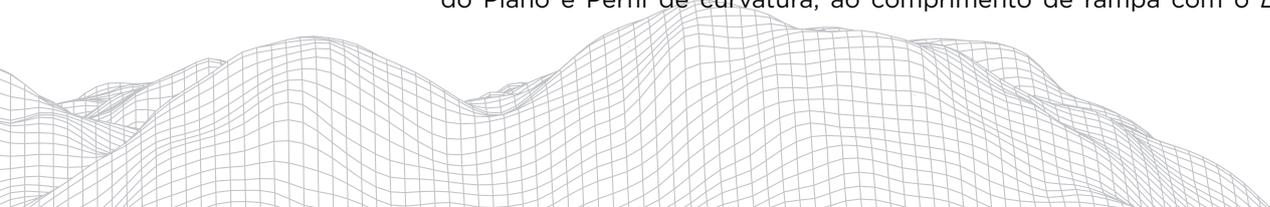
De acordo com Pires, Santos e Dell Prette (2002, p. 17) o conceito de Bacia Hidrográfica tem seu uso cada vez mais expandido e associado como uma unidade de gestão ideal da paisagem dentro do planejamento ambiental. Na perspectiva de um estudo hidrológico, esse conceito envolve um recorte espacial de terras drenadas por um rio principal e todos os seus afluentes, apresentando tamanhos variáveis. Teodoro et al. (2007, p. 138) trata a associação de uma abordagem sistêmica ao conceito de Bacia Hidrográfica, de forma que as bacias são ditas como sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia pelo deflúvio, que escoam as águas superficiais para as partes mais baixas do relevo em uma saída comum, o exutório do rio.

Ainda segundo Teodoro et al. (2007, p. 138), dentro dessa visão sistêmica, os ganhos e as perdas de energia de uma bacia oscilam em torno de um padrão e, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, sempre buscam um equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, fomenta uma mudança compensatória que tende a minimizar os efeitos dessa modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico. Nesse contexto, de acordo com Storto e Cocato (2018, p. 1695), se faz necessário entender as dinâmicas e características específicas de determinada área, considerando a inseparabilidade entre os elementos naturais e sociais, que podem resultar em perda de funcionalidades do sistema e ruptura do seu estado de equilíbrio dinâmico conforme as intervenções do homem sobre o meio. Dessa forma, os espaços naturais devem ser compreendidos e geridos tendo em vista suas potencialidades e fragilidades ambientais.

A fragilidade ambiental é entendida, segundo Schiavo et al. (2016, p. 465), como a susceptibilidade do ambiente de sofrer intervenções e alterações, tanto por processos naturais quanto por processos antrópicos. Caso haja quebra do estado de equilíbrio, o mesmo pode levar a uma situação de risco, como processos erosivos, escoamento superficial e perda de propriedades do solo. Sendo assim, o estudo de fragilidade ambiental constitui uma das principais ferramentas utilizadas na elaboração do planejamento territorial ambiental e ordenamento do uso da terra, compatibilizando o desenvolvimento socioeconômico com a conservação do meio ambiente. O mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio de forma integrada, conciliando características naturais e suas restrições.

Neste cenário, a ciências geográficas e as geotecnologias se mostram como grandes aliadas, oferecendo meios importantes na caracterização, monitoramento e gestão do espaço, atuando de forma eficaz na avaliação da vulnerabilidade a possíveis impactos (STORTO, COCATO, 2018, p. 1695). Assim, a quantificação e espacialização de informações inerentes à geomorfologia, pedologia e hidrografia, devem ser consideradas por meio do emprego de técnicas na análise digital do relevo, o que permite a parametrização da morfologia do relevo com uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e pelo processo de extração de variáveis quantitativas, trabalhadas de forma integrada conforme as finalidades visadas (SILVEIRA et al., 2014, p. 5).

Neste sentido, de acordo com Maganhotto (2013, p. 12-13) uma possibilidade para obtenção de informações pertinentes a identificação de áreas com diferentes graus de limitação de uso e para o entendimento de processos geomorfológicos, é a utilização dos Índices de Representação do Relevo (IRR), obtidos a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT). Portanto, a quantificação e espacialização de índices relacionados à altitude, como a *Altitude Above Channel Network* (AACN); a declividade; formas de vertente e fluxo superficial a partir do Plano e Perfil de curvatura; ao comprimento de rampa com o *Ls Factor*; a



umidade como o *Wetness Index* (TWI); e a erosão e sedimentação, como o *Multi Resolution Index of Valley Bottom Flatness* (MRVBF) possibilitam o entendimento da dinâmica de causa e efeito relacionada ao relevo, o quais também podem ser utilizados como critérios de zoneamento em metodologias voltadas a elaboração de Planos de Manejo.

Sendo assim, é objetivo central deste trabalho, por meio do uso de técnicas de geoprocessamento e dos Índices de Representação do Relevo, foi o de gerar e analisar o mapa de fragilidade ambiental da bacia do Ribeirão dos Apertados - PR, localizada na porção Norte Central do Estado do Paraná.

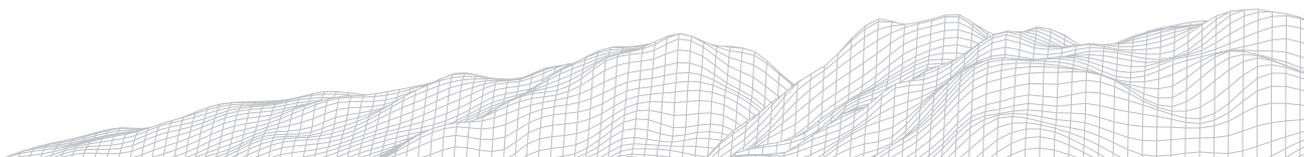
## 2. Área de Estudo

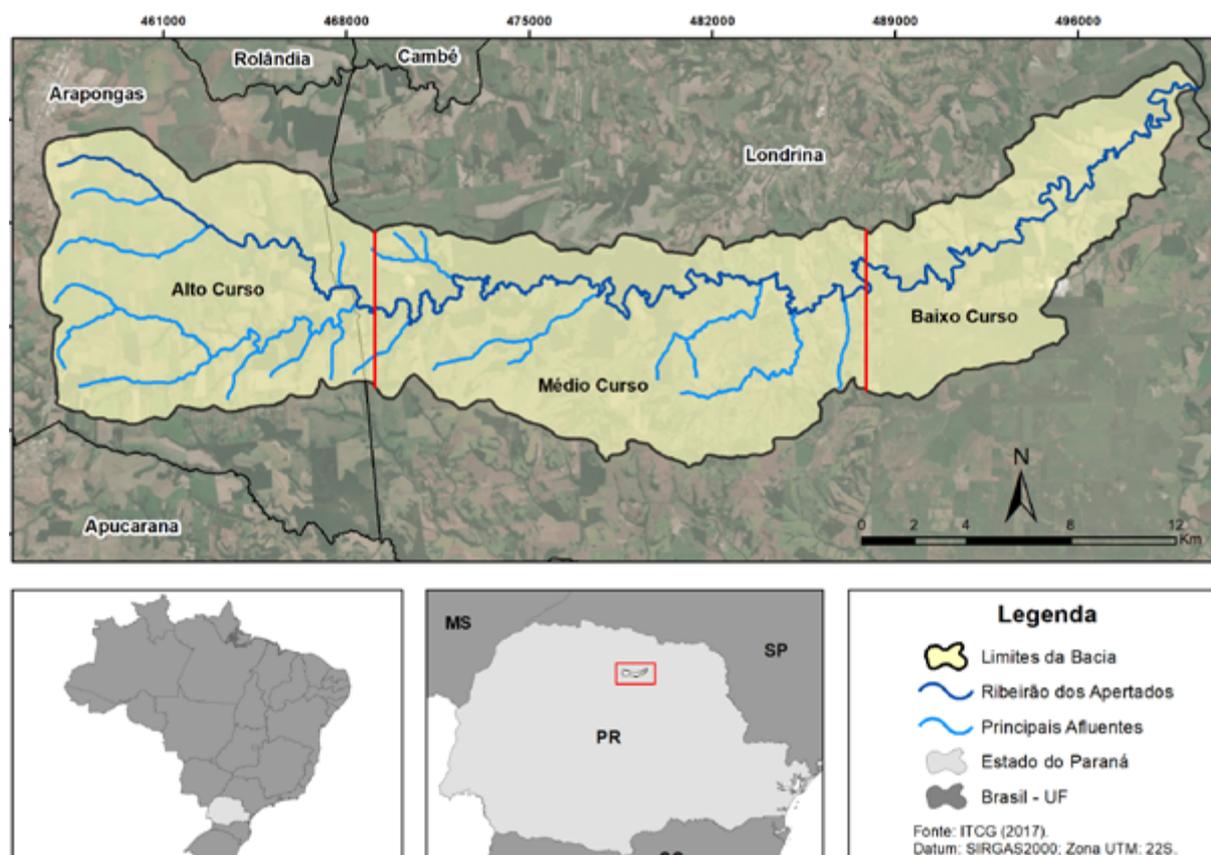
A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Apertados - PR, sendo esta uma “bacia com hierarquia fluvial de 5ª ordem e 536 segmentos de rio com comprimento total de 523,29 Km” (GALVÃO et al. 2019, p. 6) e que deságua no rio Tibagi. A bacia apresenta uma área total de aproximadamente 330 Km<sup>2</sup> e está localizada entre os municípios de Londrina - PR e Arapongas - PR, entre as coordenadas geográficas 23° 22' 53" e 23° 31' 23" de latitude Sul, 51° 25' 43" e 50° 59' 38" de longitude Oeste, na porção Norte Central do Estado do Paraná, conforme o que pode ser visualizado no mapa da Figura 1.

Do ponto de vista geomorfológico, a bacia está inserida dentro da grande unidade estrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, situada no Terceiro Planalto Paranaense e mais precisamente na subunidade morfoescultural denominada como Planalto de Londrina. Segundo a Mineropar (2006, p. 28), o Planalto de Londrina é uma área com declividade predominantemente menor do que 12%, apresentando um gradiente de 820m e altitudes variando entre 360m (mínima) e 1180m (máxima). Nesta área, as formas de relevo mais encontradas são de topos alongados, com vertentes convexas e vales em “V”.

Considerando a Geologia local, toda a área da bacia pertence a formação litológica Serra Geral do Grupo São Bento, caracterizada principalmente por extensos derramamentos de rochas ígneas, sobretudo basaltos de idade jurássica-cretácica, formada entre 140 a 230 M.a atrás (MINEROPAR, 2001, p. 40). Em relação à pedologia, considerando o levantamento realizado pela Embrapa no ano de 1999 para o Estado do Paraná em escala 1:600.000, podemos observar dentro da bacia solos dos grupos Latossolos Vermelhos Distroféricos e Eutroféricos, Nitossolos Vermelhos Distroféricos e Eutroféricos, além de Neossolos Litólicos Eutróficos.

O clima da região onde a bacia está inserida, tendo como base a classificação climática de Köppen, pode ser definido como CFa, dito como parte dos Climas temperados chuvosos e moderadamente quentes, sendo úmido em todas as estações e com verão quente (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 121).





**FIGURA 1:** Mapa de Localização da Bacia do Ribeirão dos Apertados - PR.

### 3. Materiais e Métodos

O presente trabalho segue principalmente as propostas metodológicas apresentada por Maganhotto (2013, 2016 e 2019), na geração de atributos topográficos a partir do MDT (Modelo Digital de Terreno) e suas respectivas análises combinadas para caracterização de processos geomorfológicos.

Sendo assim, para a execução dos objetivos preestabelecidos, foram utilizados arquivos *shapefiles* em escala de 1:50.000, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), dados de curvas de nível com 20m de equidistância e de pontos cotados fornecidos pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG, 2017), além de informações sobre recursos hídricos do Instituto de Águas do Paraná, todos trabalhados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica).

A primeira etapa adotada foi a realização da delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Apertados - PR, considerando toda a área de superfície drenada pelo rio principal e seus cursos tributários, além dos limites físicos estabelecidos pelos divisores de águas ou interflúvios. De posse de dados altimétricos (curvas de nível e pontos cotados), a segunda etapa consistiu na geração do MDT da bacia a partir da ferramenta de interpolação *Topo to Raster* no software ArcGis 10.5, o qual serve de base para o cálculo de todos os índices de representação do relevo utilizados. Ainda no mesmo software, foram produzidos os mapas de Declividade, Perfil e Plano de Curvatura. Já os outros índices, tais como *Altitude Above Channel Network* (AACN), *Wetness Index* (TWI), *Ls Factor* e *Multiresolution Index*

of *Valley Bottom Flatness* (MRVBF), foram gerados a partir do software SAGA Gis 7.5.0. Sendo assim, todos os índices empregados serão descritos a seguir.

A *Altitude Above Channel Network* (AACN) de acordo com Prates et al. (2012, p. 409), é um índice que retrata a distância vertical da superfície em relação ao canal de drenagem mais próximo, como uma estimativa de energia potencial do terreno a processos erosivos e expressa em metros. Segundo Maganhotto (2013), valores baixos de AACN indicam locais onde o lençol freático pode estar mais próximo da superfície do solo, sendo caracterizadas como zonas de acumulação de sedimentos; valores intermediários indicam zonas de transferência de material em locais de maior declive; enquanto valores maiores sinalizam os locais mais elevados da superfície geomórfica, se caracterizando como zonas mais propícias a perda de material.

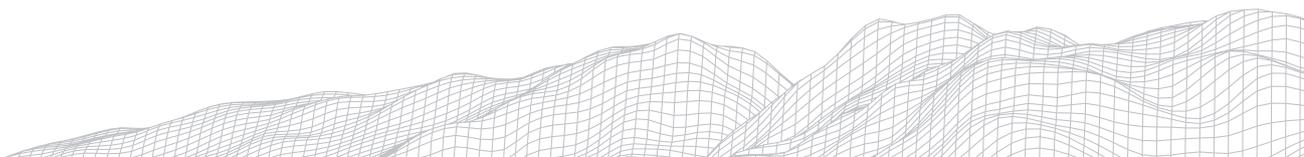
Segundo Silveira et al. (2014, p. 8) a Declividade é “considerado como um importante atributo topográfico na identificação de processos de movimentação de massa, pois corresponde à inclinação do terreno em relação ao plano horizontal, expresso como a mudança de elevação sobre certa distância”. As classes de declividade adotadas apresentam os seguintes percentuais: de 0 - 3% de inclinação para relevos planos; 3 - 8% para relevos suavemente ondulados; 8 - 15% para relevos moderadamente ondulados; 15 - 30% para relevos moderadamente ondulados; >30% para relevos fortemente ondulados e montanhosos.

O Perfil de Curvatura, segundo Capoane et al. (2015, p. 474) refere-se “à forma da vertente analisada em perfil, podendo ser dos tipos convexa, côncava ou retilínea. É um fator com forte influência na aceleração ou desaceleração do fluxo de água em uma encosta, contribuindo assim, para processos desnudacionais e agradacionais”. Desta maneira, foram adotados valores superiores a 0,05 na representação de segmentos côncavos; inferiores a -0,05 para segmentos convexos; e valores entre -0,05 a 0,05 para segmentos retilíneos de vertente.

O Plano de Curvatura também está associado a “caracterização de processos de transporte de sedimentos, pois demonstra o caráter divergente e convergente dos fluxos de matéria e fluxos hídricos superficial e subsuperficial sobre as vertentes, quando as mesmas são analisadas em projeção horizontal” (SILVEIRA et al. 2014, p. 13). Sendo assim, tal índice de representação do relevo foi organizado em três classes, cujo valores inferiores a -0,02 expressam segmentos convergentes; superiores a 0,02 segmentos divergentes; e valores intermediários a -0,02 e 0,02, caracterizam segmentos planares.

O *Wetness Index* (TWI) ou Índice de Umidade, é usado para “caracterização da distribuição de zonas de saturação superficial, evidenciando áreas de acumulação de água no relevo” (SILVEIRA, 2013, p. 629). Desse jeito, por meio da relação entre a umidade real dos solos e o TWI, “identificou-se que para solos bem drenados, o índice varia entre 4 e 5; em solos moderadamente drenados ele varia entre 5 e 7; e em solos mal drenados, os índices apresentam valores acima de 7” (PRATES et al., 2012, p. 409).

O índice *LS Factor* ou Fator LS, representa o efeito da topografia sobre a erosão, de forma que, quanto maior o fator, maior será o potencial erosivo, reproduzindo o efeito combinado do comprimento e grau de declive da encosta (MAGANHOTTO et al. 2016). Como parâmetros para o índice, “locais com valores de 0 a 4 estão livres dos processos erosivos; de 4 a 6 são propícios, dependendo do seu uso e manejo; e entre 6 e 10 caracterizam-se como locais altamente propensos aos processos erosivos” (MAGANHOTTO, 2013, p. 56).

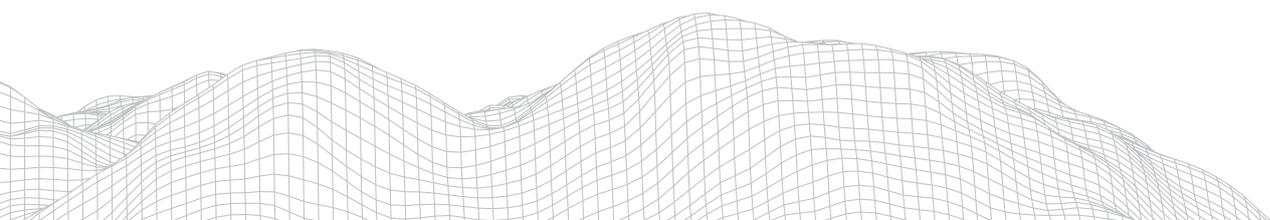


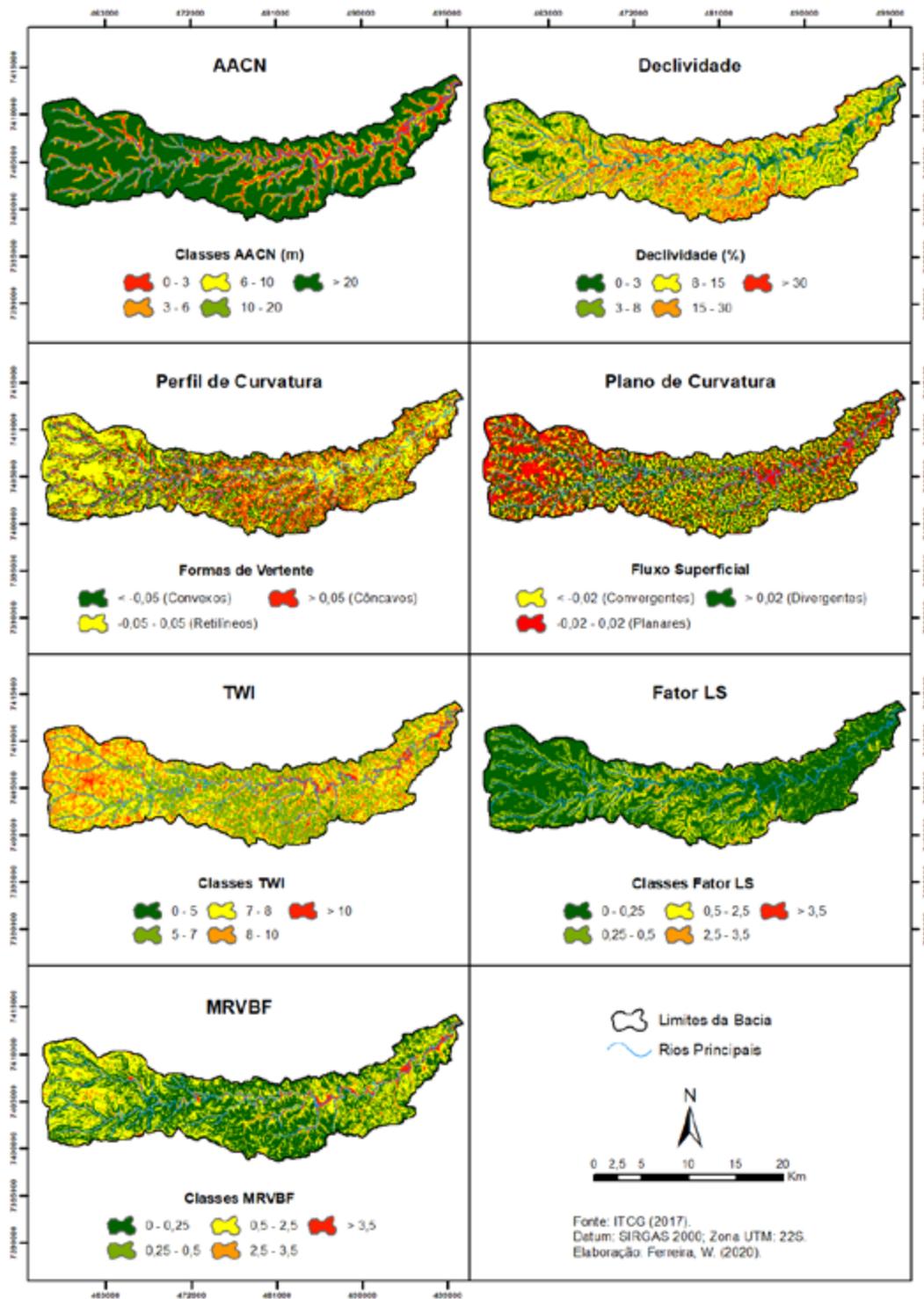
Por fim, o índice *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness* (MRVBF), conhecido também por Potencial de Erosão e Sedimentação, tem seu uso no mapeamento de áreas de sedimentação e deposição na paisagem. Define e distingue os fundos de vale de encostas e combina diferentes paisagens em um único índice, de maneira que valores menores a 0,5 reportam-se às encostas; valores entre 0,5 e 1 correspondem a pequenos fundos de vale; e maiores que 1 a fundos de vale maiores. Há também a relação dos valores deste atributo com os processos erosivos, onde “os valores inferiores a 0,5 são áreas propícias à erosão, enquanto os superiores a 0,5 estão mais relacionados à deposição” (MAGANHOTTO, 2013, p. 55).

Como quarta e última etapa, a fim de se fazer a integração dos índices abordados e gerar o mapa de fragilidade da bacia, utilizou-se a ferramenta de álgebra de mapas. Tal método consiste na sobreposição das classes dos atributos topográficos, considerando pesos atribuídos e produzindo novos dados. Posto isto, o índice com maior peso aplicado foi o MRVBF, com peso 3 devido sua capacidade de integrar tanto potenciais erosivos quanto de sedimentação. Ao índice AACN foi utilizado peso 2, enquanto ao índice TWI peso de 1,5, por serem variáveis complementares na identificação de superfícies com maior potencial ao acúmulo de água e solos saturados. Para o Fator LS também foi adotado peso de 1,5 no indicativo de áreas de potencial erosivo. Para a declividade utilizou-se peso 1, enquanto para os índices Perfil de Curvatura e Plano de Curvatura foi aplicado a ambos o peso de 0,5, sendo indicativos no fluxo de transporte de sedimentos e de água.

#### 4. Resultados e Discussões

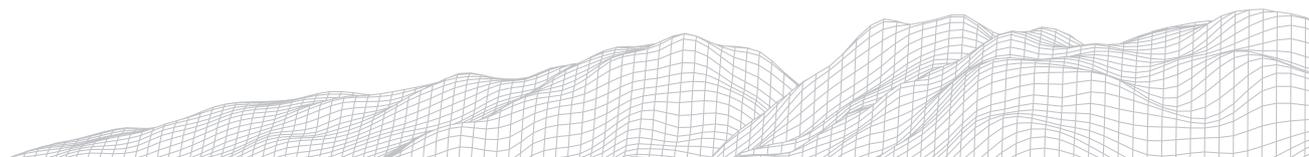
Estabelecidos os procedimentos metodológicos, a quantificação e a espacialização dos Índices de Representação do Relevo adotados, como também seus respectivos percentuais de área na bacia em estudo, podem ser observados nos mapas da Figura 2 e na Tabela 1. A partir das análises individuais e combinadas de cada índice, foi possível gerar o mapa de fragilidade apresentado na Figura 3, o qual identifica zonas potenciais aos processos geomorfológicos, tais como erosão, sedimentação e ao acúmulo de água (inundação).





**FIGURA 2:** Distribuição Espacial dos IRR da Bacia do Ribeirão dos Apertados - PR.

528

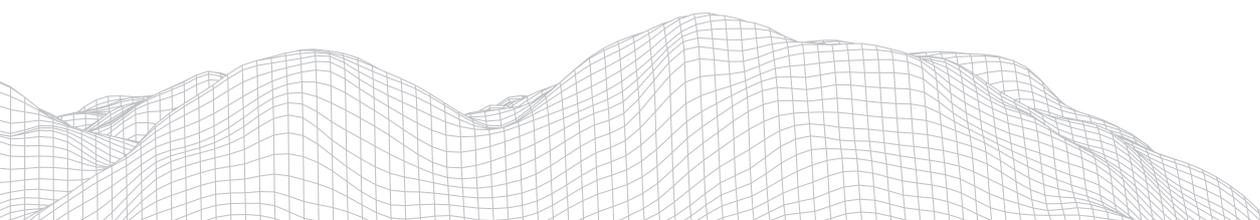


**TABELA 1**

Porcentual de área de classes dos IRR da Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Apertados<sup>2</sup> PR.

<b>AACN</b>			
<b>Classes</b>	<b>Nível de Fragilidade</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
0 - 3	Muito Alto	43,61	13,2%
3 - 6	Alto	14,93	4,5%
6 - 10	Médio	15,81	4,8%
10 - 20	Baixo	35,95	10,9%
> 20	Muito Baixo	219,38	66,5%
<b>Declividade</b>			
0 - 3%	Muito Baixo	40,78	12,4%
3 - 8%	Baixo	89,91	27,3%
8 - 15%	Médio	106,24	32,2%
15 - 30%	Alto	79,89	24,2%
> 30%	Muito Alto	13,09	4,0%
<b>Perfil de Curvatura</b>			
Convexo	Baixo	81,85	24,8%
Retilíneo	Médio	157,54	47,8%
Côncavo	Muito Alto	90,49	27,4%
<b>Plano de Curvatura</b>			
Convergente	Muito Alto	99,44	30,1%
Planar	Baixo	105,56	32,0%
Divergente	Médio	124,86	37,9%
<b>TWI</b>			
0 - 5	Muito Baixo	1,64	0,5%
5 - 7	Baixo	108,63	32,9%
7 - 8	Médio	106,37	32,2%
8 - 10	Alto	88,64	26,9%
> 10	Muito Alto	24,65	7,5%
<b>Fator LS</b>			
0 - 2	Muito Baixo	219,66	66,5%
2 - 4	Baixo	79,34	24,0%
4 - 6	Médio	24,92	7,6%
6 - 8	Alto	5,45	1,7%
> 8	Muito Alto	0,55	0,2%
<b>MRVBF</b>			
0 - 0,25	Muito Alto	131,63	39,9%
0,25 - 0,5	Médio	68,73	20,8%
0,5 - 2,5	Muito Baixo	101,11	30,6%
2,5 - 3,5	Baixo	19,34	5,9%
> 3,5	Alto	9,11	2,8%

**Elaboração:** FERREIRA, W. (2020).



Pela leitura do índice AACN, é possível constatar que 58,54 Km<sup>2</sup> (17,8%) da bacia encontra-se dentro do intervalo de 0 a 6 metros de distância em relação aos canais de drenagem, sendo estas superfícies propícias aos processos de acúmulo de água e material provenientes de partes mais elevadas do relevo, o que pode fomentar processos de assoreamento dos rios. No entanto, é possível observar que a maior parte da bacia está dentro de intervalos com valores acima de 10m de AACN, com área de 259,33 Km<sup>2</sup> (77,4%), indicando superfícies com baixas probabilidades a inundações quando as mesmas se apresentam afastadas da rede hidrográfica.

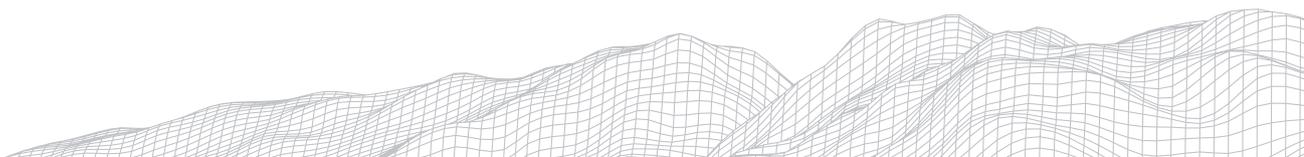
Considerando a declividade, a maior parte do relevo se encontra dentro da classe para relevos ondulados (8 - 15%) com um total de 32,2% da área, seguido da classe para relevos suavemente ondulados (3 - 8%), com porcentual de 27,3% e da classe de relevos moderadamente ondulados (15 - 30%) com 24,2%. As maiores declividades são observadas em uma porção considerável de terras no médio curso da bacia próximas aos cursos d'água, sendo superfícies com maior tendência a solos poucos desenvolvidos, condicionando menor infiltração da água e maior escoamento superficial. No que se refere as menores declividades, estas são mais facilmente encontradas no alto e baixo cursos da bacia, especialmente em áreas subjacentes ao percurso do rio principal, ou seja, nas planícies de inundação.

A partir da análise do perfil de curvatura da bacia, as formas de vertente do tipo retilínea se apresentam com a maior quantidade de área, totalizando 157,54 Km<sup>2</sup> (47,8%), predominando no alto e baixo cursos. Vertentes do tipo côncava, com tendência a fluxo mais concentrado de água e, portanto, as maiores taxas erosivas, são encontradas principalmente no médio curso da bacia e em locais correlacionados a rede de drenagem, com área de 90,49 Km<sup>2</sup> (27,4%). Em relação as vertentes do tipo convexa, as mesmas apresentam espacialização muito próximas as vertentes do tipo côncava, em áreas adjacentes a essas, concentradas principalmente na porção central da bacia, com um total de 81,85 Km<sup>2</sup> (24,8%).

Observado o plano de curvatura da bacia, sendo este um índice importante na identificação de locais coletores e dispersores do fluxo de água, verificou-se quantidade de área relativamente próximos de cada uma das classes. Vertentes de comportamento divergente correspondem a classe de maior área, com um total de 124,86 Km<sup>2</sup> (37,9%) e distribuição considerável por toda a bacia, principalmente no médio curso. Já os segmentos planares, ocupam 105,56 Km<sup>2</sup> (32%) e possuem presença mais forte no alto curso, além de áreas ao redor do rio principal em seu baixo curso. Segmentos de fluxo convergente, sendo estes mais relacionados aos processos erosivos, com área de 99,44 Km<sup>2</sup> (30,1%), apresentam forte distribuição nos médio e baixo cursos da bacia.

Os valores para o Índice de Umidade (TWI) reproduzem uma variação total de 4 a 23. A classe referente a superfícies com melhor capacidade de drenagem (0 a 5) apresenta um porcentual de área baixo em relação as outras classes, de apenas 0,5%, espalhada por toda bacia. As classes de maiores relevâncias, considerando o total de área, foram as de valores entre 5 a 7 (32,9%) e 7 a 8 (32,2%), concentradas sobretudo no médio curso da bacia e, em menor número, no baixo curso. São classes referentes a superfícies ainda com capacidades aceitáveis de drenagem. Entretanto, é possível observar parcelas significativas de superfícies mal drenadas e propícias ao acúmulo de água, tocantes aos valores de TWI acima de 8, com área somada de 113,29 Km<sup>2</sup> (34,3%), distribuídas, principalmente, no alto curso da bacia e acompanhando os cursos d'água.

O Fator Ls, o qual demonstra a relação entre o comprimento, grau e o declive de uma encosta, apresentou uma variação do índice entre 0 a 17,5 na bacia em estudo. Percebe-se, por meio da quantificação e espacialização deste atributo, predominância de 90,5% (299 Km<sup>2</sup>) da área representada por classes de valores

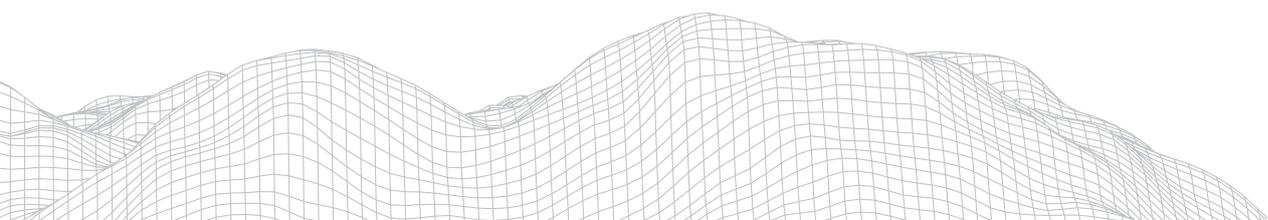


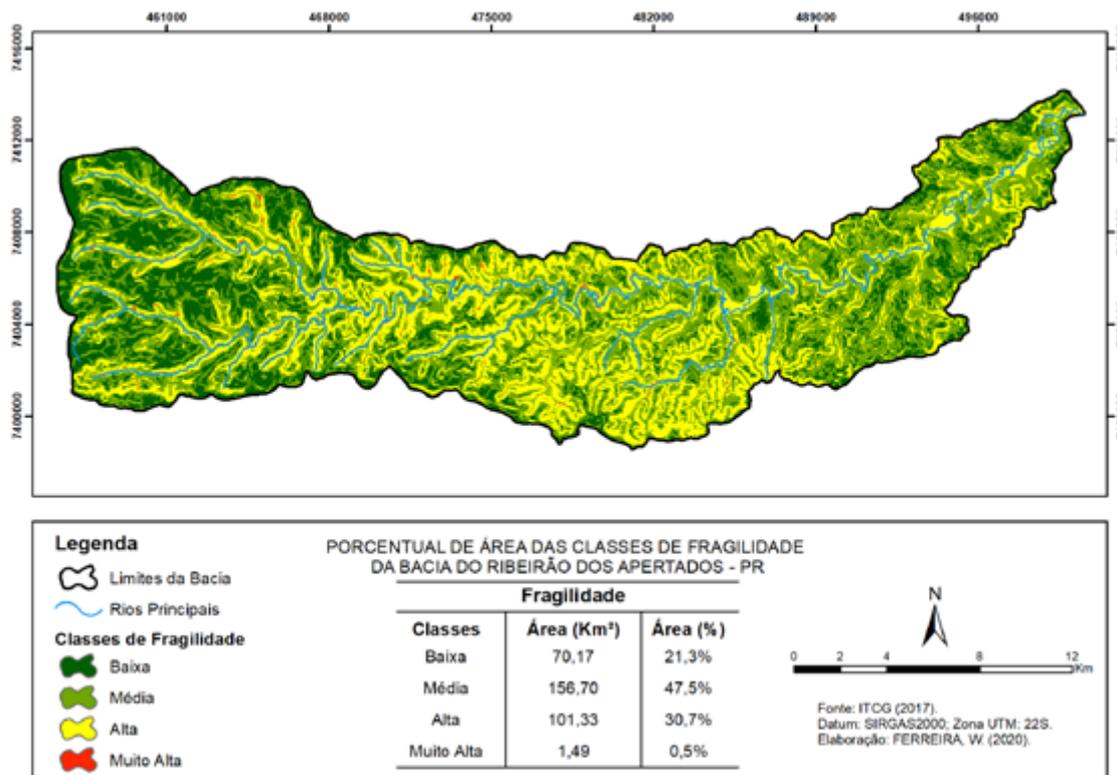
menores do que 4, caracterizado por superfícies com baixo potencial erosivo. Ao considerar as classes mais suscetíveis aos processos erosivos, com valores acima de 4, identificou-se que apenas 9,4% (30,92 Km<sup>2</sup>) da área se enquadram com essa característica, distribuídas principalmente no médio curso da bacia em áreas mais próximas a rede drenagem.

No tocante ao índice MRVBF, que trabalha tanto com o potencial de erosão e quanto de sedimentação, o mesmo apresentou uma variação de 0 a 5,8. As classes com maior predominância de área deste atributo, foram as de valores entre 0 a 0,25 e de 0,25 a 0,5 com um total somado de 200,36 Km<sup>2</sup> (60,8%). A distribuição espacial dessas classes denota forte ralação da erosão com as áreas de maior declive (acima de 15%), sobretudo do intervalo de até 0,25 na região do médio curso da bacia. Os valores mais altos do índice associados aos processos de sedimentação, são observados sobrepostos aos cursos d'água e em suas proximidades, além de áreas de menor declive (até 8%) na porção oeste da bacia (baixo curso). Sendo assim, com base nos dados apresentados de MRVBF, há maior tendência aos processos erosivos na área de estudo do que o potencial de deposição.

Desta forma, a síntese dos atributos (AACN, Declividade, Perfil e Plano de Curvatura, TWI, Fator LS e MRVBF) pelo processo de álgebra de mapas, resultaram em 4 classes de fragilidade, denominadas como Baixa, Média, Alta e Muito Alta, cujo a distribuição espacial e os valores totais de área das respectivas classes podem ser observadas no mapa e na tabela da Figura 3.

A partir da análise do mapa, é possível identificar as correlações entre os índices e seu arranjo espacial ao longo da bacia. A classe de fragilidade Muito Alta apresentou um valor pouco significativo de área, de apenas 0,5% do total, distribuídas em alguns pontos isolados próximos a rede de drenagem. A classe de fragilidade Alta foi a segunda com maior relevância na bacia, considerando o seu porcentual equivalente a 30,7% (101,33 Km<sup>2</sup>) da área. Indica locais com forte tendência à sedimentação, erosão e ao acúmulo de água, com distribuição espacial mais concentrada no médio curso da bacia, além de fortes relações com a rede de drenagem. Tal condição é justificada por serem os locais onde foram encontrados os menores valores de MRVBF referentes ao potencial erosivo, associados também as declividades mais fortes e a predominância de vertentes do tipo côncavas. Os valores baixos de AACN, aliado aos valores mais altos de TWI, evidenciam a presença dessa classe em superfícies mais próximas aos percursos dos rios como regiões propícias à sedimentação e acúmulo de água, além de processos de assoreamento.





**FIGURA 3:** Mapa de Fragilidade da Bacia do Ribeirão dos Apertados - PR.

A classe de fragilidade Média ocupa uma área equivalente a 156,7 Km<sup>2</sup> (47,5%) da bacia e aparece especialmente em regiões circundantes a classe de fragilidade Alta, tanto nos médio e alto cursos, além de presença considerável no baixo curso da bacia. São áreas que expressaram valores intermediários de MRVBF e TWI, além de declividades entre 8 a 15% para relevos ondulados. Também são áreas com forte presença de vertentes de formato convexo com comportamento divergente dos fluxos hídricos, indicando uma tendência maior a problemas de sedimentação e ao acúmulo de água na classe.

Em relação a classe de fragilidade Baixa, a mesma ocupa 70,17 Km<sup>2</sup> (21,3%) da bacia, sendo locais caracterizados com pouca predisposição a problemas consequentes de processos geomorfológicos. Sua espacialização se dá, sobretudo, no alto curso da bacia, em áreas com valores intermediários de MRVBF e valores baixos para o Fator LS e declividade. Também faz alusão aos locais com predominância de seguimentos de formato retilíneo e de transporte de matéria planar, com superfícies de valores altos de AACN.

Outro fato de relevância para o estudo realizado, é a presença do Parque Estadual Mata dos Godoy e porções consideráveis de sua zona de amortecimento em área do médio curso da bacia, onde predominam as classes de Média e Alta fragilidade. Tal parque representa um dos últimos remanescentes de Floresta Subtropical (Floresta Estacional Semidecidual) localizadas na porção norte do Estado do Paraná, possuindo uma rica flora autóctone e sendo refúgio para uma diversidade de animais, o qual é classificado como uma Unidade de Conservação Integral. Diante disso, fica evidente a necessidade de uso sustentável dos recursos

disponibilizados pela bacia, como também o emprego de práticas conservacionistas, que visam preservar as dinâmicas locais e mitigar problemas potenciais em razão das fragilidades ambientais identificadas.

## 5. Considerações Finais

A aplicação de técnicas de geoprocessamento em estudos voltados a fragilidade ambiental se apresentam como importantes ferramentas na caracterização física e na identificação de zonas potenciais aos processos geomorfológicos, embasando práticas conservacionistas e auxiliando o planejamento ambiental territorial. Nesta perspectiva, sendo as bacias hidrográficas reconhecidas como unidades espaciais de estudo ideais, devido a facilidade de se trabalhar diversos elementos que compõem a paisagem e suas inter-relações, concede ao estudo da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Apertados - PR, grande relevância.

A partir da análise individual de cada um dos índices adotados e por meio do mapa de fragilidade ambiental gerado para a área da bacia, foi possível compreender as correlações de cada índice e suas influências sobre o meio. Tal fato, permitiu identificar porções consideráveis de área referente a classe de fragilidade Alta, como indicativo de lugares propensos à sedimentação, erosão e acúmulo de água, vistos principalmente no médio curso da bacia e superfícies próximas a rede drenagem. A classe de fragilidade Média apresentou problemas mais relacionados a sedimentação e ao acúmulo de água, com distribuição espacial no médio curso e presença considerável no baixo curso da bacia. Em relação à classe de fragilidade Baixa, as áreas mais planas e afastadas dos canais de drenagem no alto curso da bacia, foram os locais com menor potencial aos processos geomorfológicos. De posse dessas informações, o médio curso da bacia se mostrou como a área mais problemática do ponto de vista de fragilidade.

A partir de estudos realizados como este, com uma abordagem mais quantitativa e sustentada por parâmetros físicos, aliado a futuros trabalhos mais qualitativos do ponto de vista social, é possível compreender as dinâmicas que envolvem o espaço geográfico e estabelecer as melhores práticas possíveis para o planejamento e manejo dos recursos naturais de forma sustentável.

## Referências

CAPOANE, Viviane *et al.* Uso de atributos topográficos para predição de áreas propensas a perda e a deposição de sedimento em uma bacia hidrográfica do planalto do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 3, 2015.

GALVÃO, Rafael Pietroski; LOHMANN, Marciel; GAEDKE, Pâmela da Silva. Análise Morfométrica da Bacia do Ribeirão dos Apertados - PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 18., 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2019.

ITCG, Divisão Político-Administrativa do Paraná. **Dados Geoespaciais de Referência**. 2017. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=8>>.

MAGANHOTTO, Ronaldo Ferreira. **A determinação dos índices de representação do relevo como suporte ao zoneamento ambiental de unidades de conservação**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MAGANHOTTO, Ronaldo Ferreira *et al.* Os Índices de Representação do Relevo como Suporte para o Zoneamento Ambiental de Unidades de Conservação-Estudo de Caso da Floresta Nacional de Irati. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 20, n. 3, p. 168-181, 2016.

MAGANHOTTO, Ronaldo Ferreira; LOHMANN, Marciel; SOUZA, Luiz Claudio de Paula. A readequação do zoneamento ambiental da Flona de Irati a partir dos índices de representação do relevo. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 11, p. 32 - 50, dez.



2019.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MINEROPAR - Minerais do Paraná, S. A. **Atlas Comentado da Geologia e dos Recursos Minerais do Estado do Paraná**. Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e Assuntos do Mercosul - Governo do Paraná, Curitiba, 2001.

MINEROPAR - Minerais do Paraná, S. A. **Atlas Geomorfológico, do Estado Do Paraná** - Escala base 1: 250.000, modelos reduzidos 1:500.000; Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e Assuntos do Mercosul - Governo do Paraná, Curitiba, 2006.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. *In*: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F.M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Editus, 2002.

PRATES, Venina; SOUZA, Luiz C. de P.; OLIVEIRA JUNIOR, Jairo C. de. Índices para a representação da paisagem como apoio para levantamento pedológico em ambiente de geoprocessamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 408-414, 2012.

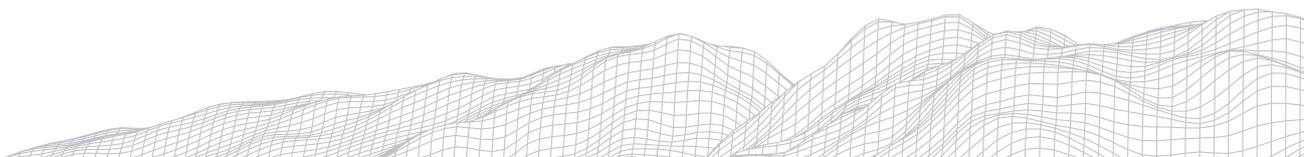
SCHIAVO, Bruna Nascimento de Vasconcellos *et al.* Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria-RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 464-474, 2016.

SILVEIRA, Claudinei Taborda da *et al.* Emprego de atributos topográficos no mapeamento da susceptibilidade a processos geoambientais na bacia do rio Jacareí, Paraná. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 3, p. 623-639, 2013.

SILVEIRA, Claudinei Taborda da *et al.* Mapeamento preliminar da susceptibilidade natural a movimentos de massa da Serra do Mar Paranaense apoiado na análise digital do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, 2014.

STORTO, Camila; COCATO, Guilherme Pereira. Análise de Fragilidade Ambiental a partir de Técnicas de Geoprocessamento: Área de Influência da Hidrelétrica de Mauá-PR (Analysis of Environmental Fragility from Geoprocessing Techniques: Area of Influence of the Mauá Hydroelectric Plant-PR). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 5, p. 1694-1708, 2018.

TEODORO, Valter Luiz Iost *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.



# ANÁLISE DA PERDA DE SOLO NA BORDA URBANA DA ARIE MATA SANTA GENEBRA, CAMPINAS, SP

*Mateus de Carvalho Queiroz*

Técnico

Rua Deputado Emílio Justo, 279 – Vila Thaís, Atibaia, CEP 12942-180

E-mail: [eng.mateuscqueiroz@gmail.com](mailto:eng.mateuscqueiroz@gmail.com)

*Jaqueline Silva de Oliveira*

Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas)

Rua Josefina Gori Fiorani, 85 – Parque das Universidades, Campinas, CEP 13087-607

E-mail: [ajaqoliveira@gmail.com](mailto:ajaqoliveira@gmail.com)

535

*Patrik de Oliveira Aprígio*

Fundação José Pedro de Oliveira

Rua Mata Atlântica, 447 – Bosque de Barão, Campinas, CEP 13083-724

E-mail: [patrik.aprigio@fjposantagenebra.sp.gov.br](mailto:patrik.aprigio@fjposantagenebra.sp.gov.br)

*Leandro Garcia da Costa*

Docente orientador de TCC da PUC-Campinas

Rua Prof. Dr. Euryclides de Jesus Zerbini, 1516 – Pq. Rural Fazenda Santa Cândida, Campinas, SP – CEP 13087-571

E-mail: [leandro.costa@puc-campinas.edu.br](mailto:leandro.costa@puc-campinas.edu.br)

*Rodrigo Custodio Urban*

Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sistemas de Infraestrutura Urbana

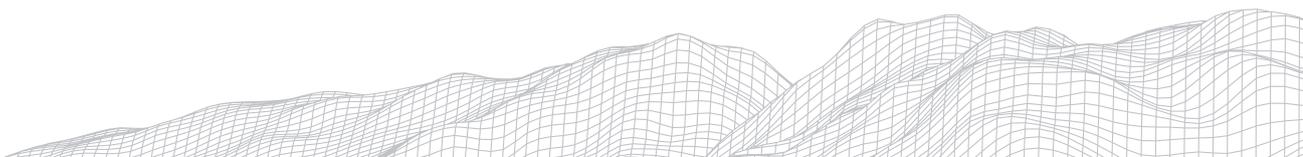
Rua Prof. Dr. Euryclides de Jesus Zerbini, 1516 – Pq. Rural Fazenda Santa Cândida, Campinas, SP – CEP 13087-571

E-mail: [rodrigo.urban@puc-campinas.edu.br](mailto:rodrigo.urban@puc-campinas.edu.br)

### Resumo

Haja vista a evolução de processos erosivos, acelerados pelas atividades antrópicas, este trabalho teve por objetivo estimar a perda de solo por erosão laminar em uma parcela experimental na borda leste da Área de Relevante Interesse Ecológico Mata de Santa Genebra (ARIE MSG), localizada na cidade de Campinas-SP, por meio de monitoramento e do método de estacas e pinos, bem como análises laboratoriais para caracterização e determinação de índices físicos do solo e análises qualitativas e quantitativas. Os resultados apontam uma perda de solo igual a 2,82 ton/ha/ano, relacionada aos índices pluviométricos e ao escoamento superficial pontual gerado pela bacia de contribuição urbana. Assim, o estudo serve de orientação para compreender os processos geomorfológicos, além de fornecer subsídios na avaliação de áreas degradadas e na adoção de práticas conservacionistas de solo, constituindo uma importante ferramenta para o planejamento e gestão de processos erosivos em áreas protegidas.

**Palavras-chave:** Geomorfologia; Gestão de áreas protegidas; Unidade de Conservação; Erosão laminar; Erosão linear.



## Introdução

A geomorfologia ambiental tem sido fundamental, nos estudos relacionados às erosões dos solos, para diagnosticar e prognosticar a erosão de um determinado local (QUEIROZ, 2019). Segundo Guerra e Marçal (2009), a geomorfologia é essencial na medida que analisa as formas de relevo e os processos associados, haja vista o cenário atual de degradação, intensificado pelas ações humanas, consequência da impermeabilização do solo e do manejo ineficiente das águas pluviais em áreas urbanas, que provocam o aumento do escoamento superficial e desencadeiam os processos erosivos laminares e lineares (PETSCH e MONTEIRO, 2012; QUEIROZ, APRÍGIO e LIMA, 2018).

Conforme Bertoni e Lombardi Neto (1985), ter conhecimento dos atributos físicos do solo é de grande importância para o manejo e controle de processos erosivos, pois a influência urbana sobre o solo pode causar compactação e diminuir a porosidade e infiltração, aumentando o pico de vazão da erosão laminar (PEDRON *et al.*, 2004). A perda de solo, representada pela taxa de erosão por unidade de superfície (t/ha), é influenciada pela erodibilidade dos solos e pela erosividade das chuvas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

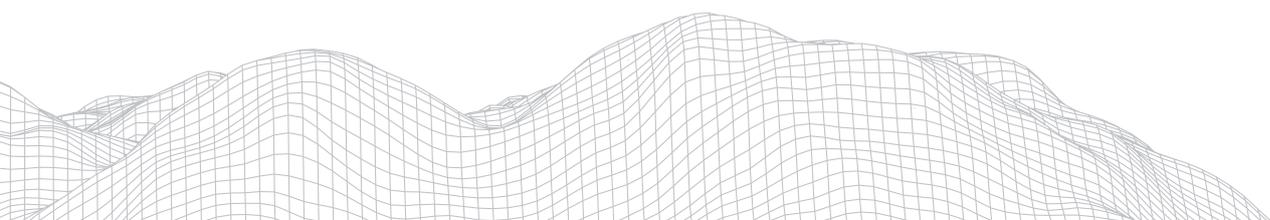
Nesse contexto, o monitoramento de processos erosivos com o uso de parcelas experimentais e técnica de estacas e pinos possibilita, de forma simples, direta e de baixo custo, avaliar a evolução temporal da erosão laminar em função das alterações do relevo quantitativamente (MORAES *et al.*, 2015). Segundo Netto (1998), é imprescindível também a coleta de dados pluviométricos, pois este representa um agente erosivo que influencia a dinâmica de transporte e deposição de solo.

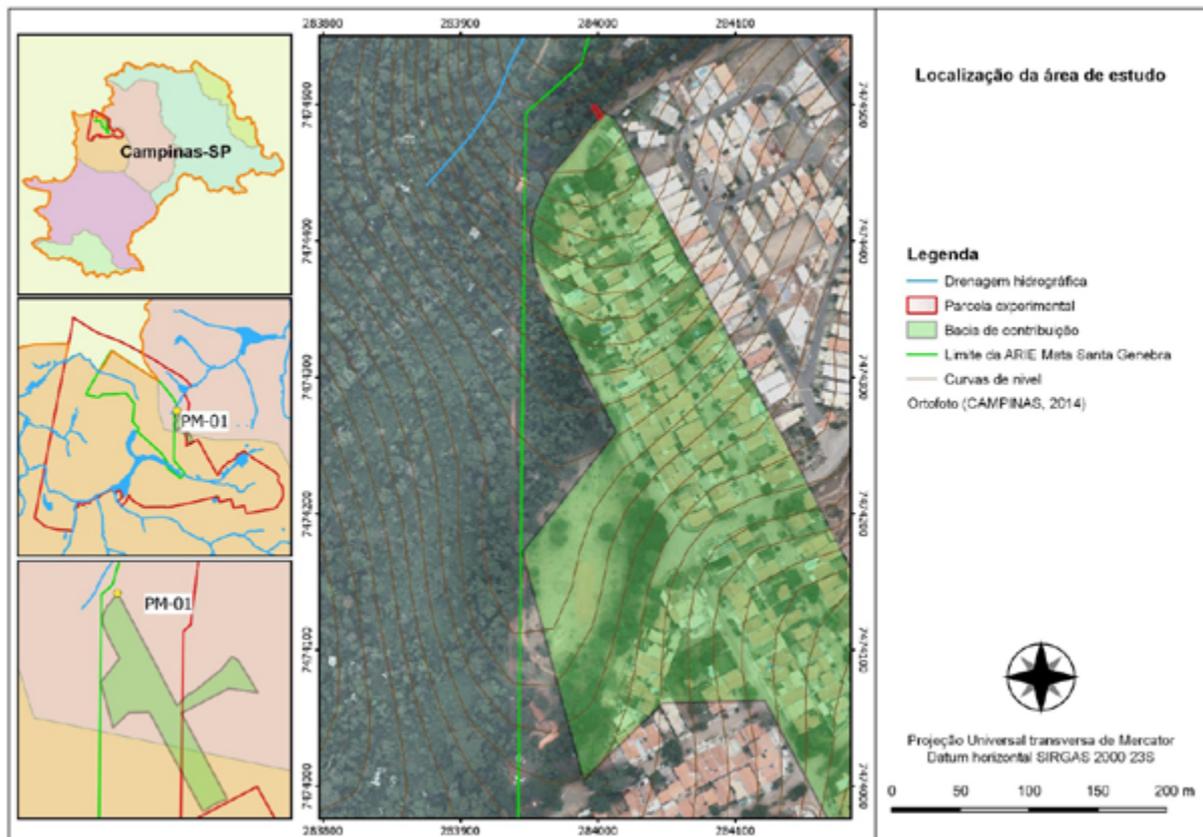
Do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a perda de solo por erosão laminar em uma feição na borda leste da ARIE Mata Santa Genebra (ARIE MSG) em Campinas-SP, de uso e contribuição urbana nesta face, por meio de uma parcela experimental e compilação dos dados e ensaios realizados, permitindo avaliar as pressões sofridas na Unidade de Conservação (UC), além de constituir uma ferramenta de planejamento para a adoção de práticas conservacionistas no entorno de fragmentos protegidos.

## Materiais e Métodos

A área objeto deste trabalho, a ARIE MSG, uma UC de uso sustentável, localiza-se no município de Campinas-SP e possui área total de 271,70 hectares, dos quais 92% são formados por Floresta Estacional Semidecídua de Terra Firme e 8% por Floresta Estacional Semidecídua Paludosa, tendo um papel importante na conservação da biodiversidade e na regulação de serviços ecossistêmicos por ser o maior remanescente da região metropolitana de Campinas (RMC) (BRASIL, 2010).

O estudo foi realizado na borda leste da ARIE MSG (Figura 1) que, segundo Aprígio e Queiroz (2017), é caracterizado por vegetação arbórea e dossel contínuo de regeneração natural do qual atravessa uma trilha de chão batido, pouco utilizada. No local existe uma feição com processo erosivo instável, em evolução, influenciada por uma bacia de contribuição predominantemente urbana, com área de 12,60 ha, que apresenta vias impermeabilizadas e infraestrutura de drenagem ineficiente que gera um escoamento superficial pontual (QUEIROZ, APRÍGIO e LIMA, 2018).



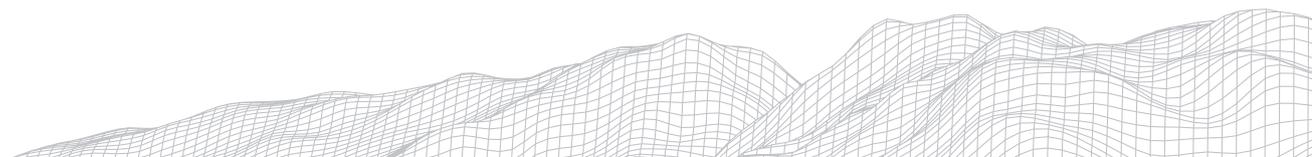


**Figura 01.** Localização da área de estudo.

A feição erosiva, conforme descrição de Guerra (1996), é caracterizada como voçoroca de desnível em borda de fragmento com paredes laterais íngremes e fluxo d'água durante eventos chuvosos, associados a processos acelerados, e a cerca de 30 metros à jusante da erosão existe um afluente do córrego do Guará (APRÍGIO e QUEIROZ, 2017; QUEIROZ, APRÍGIO e LIMA, 2018). Segundo Queiroz e Aprígio (2019), a área está inserida em domínio de Argissolo vermelho-amarelo (Distrófico típico, A moderado, textura média/argilosa) com relevo suave ondulado, de declividades que variam entre 3 a 8%, e é caracterizada como pouco suscetível e com baixo potencial à erosão laminar.

Para quantificar a perda de solo por erosão laminar, assim como para a coleta de dados físicos do solo, foi instalada uma parcela experimental e utilizou-se a técnica de estacas verticais e pinos horizontais para quantificar a variação de solo, tanto de erosão quanto de deposição, em pontos estratégicos da área, adaptando o método proposto em Moraes *et al.* (2015). Foram instaladas vinte e duas estacas e quatro pinos distribuídos pela extensão da voçoroca, em uma parcela com área de 32 m<sup>2</sup> (4 m de largura e 8 m de comprimento), utilizando vergalhões de aço com 80 cm, onde ficaram expostos, em superfície, 30 cm para estacas e 5 cm para pinos.

O monitoramento quinzenal com a coleta dos valores de altura das estacas em relação ao solo foi realizado no período de março/2018 a abril/2019. Nesse mesmo intervalo amostral, também foram obtidos os índices pluviométricos acumulados (mm) e as intensidades médias (mm/h) dos eventos para cada período, possibilitando comparar a influência dos eventos de chuva nas variações de solo.



Durante os 14 meses de monitoramento foram obtidas as medições das estacas e pinos entre coletas sucessivas, onde a variação do comprimento foi coletada em centímetros (cm), sendo atribuídos valores negativos para erosão e positivos para deposição de sedimento. Para a análise dos dados coletados, foram tomados como significativas as alterações de solo influenciadas por precipitações acumuladas superiores a 10 mm (PENTEADO, 1983) e intensidades médias acima de 4 mm/h (QUEIROZ, APRÍGIO e LIMA, 2018).

A estimativa da perda solo, estabelecida indiretamente por meio da mudança da superfície do solo, foi realizada adaptando-se a metodologia de Bertoni e Lombardi Neto (1985), assim como realizado por Borges (2009) e Moraes *et al.* (2015), pela expressão:

$$P_s = h * A * D_s$$

Onde,  $P$  = perda de solo (ton/ha);  $h$  = média de alteração da superfície do solo (m);  $A$  = Área da parcela (m<sup>2</sup>) e  $D_s$  = densidade aparente do solo (ton/m<sup>2</sup>).

Para determinar a densidade aparente do solo ( $D_s$ ), foi realizado o ensaio físico pelo método do anel volumétrico, conforme EMBRAPA (1997), sendo as amostras de solo obtidas no dia 05 de outubro de 2019, e os ensaios realizados por Oliveira *et al.* (2019) no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Ambiental e Sanitária da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas).

Como complemento ao estudo, foram realizados ensaios de caracterização geotécnica do solo, determinando-se a umidade natural ( $w_{nat}$ ), a fração granulométrica e os índices de plasticidade (IP%), por meio do limite de liquidez (LL%) e do limite de plasticidade (LP%), segundo a EMBRAPA (1997), além da condutividade hidráulica, pelo método dos anéis infiltrômetros, conforme a ASTM (1988) e EMBRAPA (1997). A partir dos ensaios, o solo foi classificado pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), conforme ASTM (2017), e a erodibilidade do solo determinada, qualitativamente, pela proposta de Santos (2001), e quantitativamente, pela proposta de Wischmeier e Smith (1978). A erosividade da chuva foi obtida conforme o método de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), utilizando os índices pluviométricos coletados através do CEPAGRI (2019), para o período de 1988 a 2018.

### Resultados e Discussões

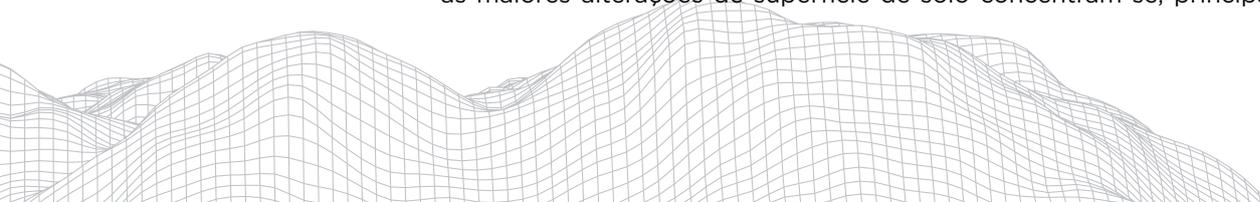
A partir da caracterização da densidade aparente do solo ( $Y_0$ ), conforme Tabela 1, igual a 1,95 ton/m<sup>2</sup>, com o qual foi possível calcular a perda de solo local ( $P_s$ ), conforme Tabela 1, que variou de 0,00 a 15,91 ton/ha, totalizando para os 14 meses do estudo uma perda média de 2,82 ton/ha/ano. Os resultados mostraram-se coerentes quando comparados ao trabalho de Borges (2009), que obteve valores variando entre 3,40 a 151,20 ton/ha e uma perda média entre 0,00 e 2,00 ton/ha/ano.

TABELA 1

Caracterização da densidade aparente do solo.

Densidade aparente	
$Y_0$ (ton/m <sup>2</sup> )	1,95

Quando analisados os dados quantitativos de variação do solo (Tabela 2), integrado aos índices pluviométricos e a perda de solo (ton/ha), nota-se que as maiores alterações de superfície de solo concentram-se, principalmente, em



abril/2018 (P3) e no intervalo de novembro a março/2018 (P21, P23, P24, P27 e P29), caracterizado como estação chuvosa com predominância de pancadas intensas e altos volumes de precipitação acumulada em períodos consecutivos. Na estação seca observou-se duas alterações de solo significativas em P12 e P17 causadas pelo aumento gradativo das precipitações acumuladas durante a estação seca e que, segundo Penteadado (1983), possuem grande ação erosiva, pois encontram o solo seco e com baixa resistência.

**TABELA 2**

Medição das estacas e pinos, índices pluviométricos e a perda de solo de mar.2018 e abr./2019.

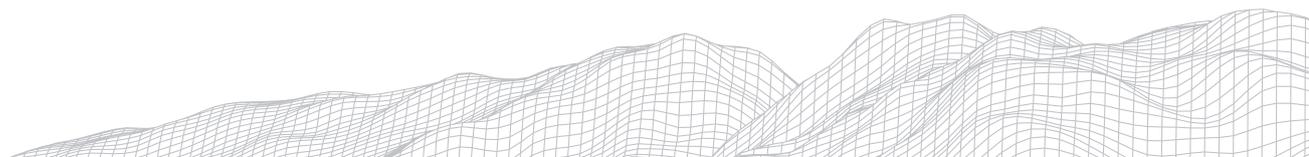
Período	Data	Precipitação acumulada (mm)	Intensidade média (mm/h)	Alteração nas estacas (cm)*	Alteração nos pinos (cm)**	h - Alteração do solo (m)***	Ps - Perda de solo (ton/ha)
P1	07/mar/18	37,33	3,84	-0,90	-1,10	0,020	1,25
P2	21/mar/18	45,98	5,35	-2,10	-0,40	0,025	1,56
P3	04/abr/18	58,92	4,83	-13,10	-1,60	0,147	9,17
P4	18/abr/18	0,00	0,00	1,80	0,00	0,018	1,12
P5	02/mai/18	1,77	5,31	-3,40	-0,90	0,043	2,68
P6	16/mai/18	0,00	0,00	-2,00	-0,80	0,028	1,75
P7	30/mai/18	8,63	2,63	0,60	0,80	0,014	0,87
P8	13/jun/18	10,15	3,24	-2,50	-1,00	0,035	2,18
P9	27/jun/18	0,00	0,00	0,00	1,00	0,010	0,62
P10	11/jul/18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00
P11	25/jul/18	0,00	0,00	-2,80	-0,10	0,029	1,81
P12	08/ago/18	70,10	2,17	10,10	-0,50	0,106	6,61
P13	22/ago/18	8,89	2,27	-2,40	0,50	0,029	1,81
P14	05/set/18	20,83	4,47	-0,50	0,00	0,005	0,31
P15	19/set/18	19,05	2,86	-1,50	0,00	0,015	0,94
P16	03/out/18	17,78	2,51	1,50	0,50	0,020	1,25
P17	17/out/18	101,09	4,09	-6,50	-0,50	0,070	4,37
P18	31/out/18	41,15	5,66	-3,00	0,00	0,030	1,87
P19	14/nov/18	90,15	5,98	-2,00	-1,00	0,030	1,87
P20	28/nov/18	194,45	5,95	-2,00	0,00	0,020	1,25
P21	12/dez/18	52,09	5,91	-6,00	-0,50	0,065	4,06
P22	26/dez/18	28,19	7,17	-3,00	0,00	0,030	1,87
P23	09/jan/19	145,29	4,56	-25,00	-0,50	0,255	15,91
P24	23/jan/19	8,13	4,32	-0,50	-8,00	0,085	5,30
P25	06/fev/19	54,86	4,77	3,00	0,00	0,030	1,87
P26	20/fev/19	60,20	3,41	2,50	2,00	0,045	2,81
P27	06/mar/19	114,05	2,66	2,50	-1,50	0,040	2,50
P28	20/mar/19	14,73	1,99	-1,00	-0,50	0,015	0,94
P29	03/abr/19	1,02	0,76	-5,50	1,00	0,065	4,06
P30	17/abr/19	45,21	1,66	-2,50	-0,50	0,030	1,87
<b>Média</b>		41,67	3,28	-2,21	-0,45	0,05	2,82
<b>Soma</b>		1250,04	98,38	-66,20	-13,60	1,35	84,49

\* Soma da alteração de todas as 22 estacas em centímetros.

\*\* Soma da alteração de todos os 4 pinos em centímetros.

\*\*\* h = Soma da alteração das estacas e pinos em valores absolutos, em metros.

Para aferir a capacidade das chuvas de gerar erosão em um solo desprotegido, no caso da parcela experimental em estudo com escoamento superficial pontual, estimou-se o fator de erosividade da chuva (R), que expressa a perda de solo por unidade de área causada por uma chuva (LOMBARDI NETO e MOLDE-NHAUER, 1992). O valor obtido de R para o período de 1988 a 2018 foi de 6.474,31



MJ.mm/ha.h.ano, demonstrando-se coerente quando comparado ao valor encontrado por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) para Campinas-SP, no período de 1954 a 1975, de 6.738 MJ.mm/ha.h.ano.

Ao buscar estabelecer uma correlação quantitativa da perda de solo (Ps) e do potencial de erosividade da chuva (R) com o potencial de erodibilidade do solo (K), visto que é um importante agente de influência na perda de solo, avaliou-se as características físicas de acordo com a interpretação quantitativa do fator K, proposta por Wischmeier e Smith (1978), que resultou em um valor de 0,038 ton/ha.MJ.mm, classificado pelos autores como de baixa a média erodibilidade do solo.

**TABELA 4**  
Caracterização do solo da parcela experimental.

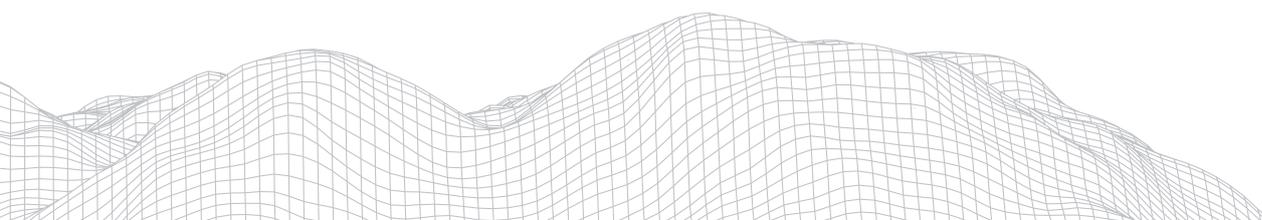
<b>Erosividade da chuva</b>	
<b>R = MJ.mm/ha.h.ano (LOMBARDI NETO e MOLDENHAUER, 1992)</b>	6.474,31
<b>Erodibilidade do solo (quantitativo)</b>	
<b>K = ton.h/MJ.mm (WISCHMEIER e SMITH, 1978)</b>	0,038

A realização dos ensaios de caracterização geotécnica qualitativa da umidade, granulometria, LL% e LP%, conforme Tabela 3, possibilitou observar as características físicas do solo que apresentou uma %Silte + Argila, que passa pela #0,075 mm, menor que 5%. Optou-se então, segundo Oliveira e Araújo (2018), por não fazer a sedimentação dos finos, visto que esse teor implica em um solo considerado “limpo”, não afetando o comportamento do mesmo, assim obteve-se o CNU igual 2,13 e o CC igual a 0,81. Conhecidos os parâmetros físicos foi possível classificar o solo conforme o SUCS, como Areia mal graduada com pouco ou nenhum fino.

A condutividade hidráulica ( $k_s$ ) é um parâmetro fundamental para estudos de processos erosivos, pois fornece informações indiretas sobre a estabilidade e estrutura dos agregados do solo (KLUTE, 1965). O ensaio de infiltração, realizado pelos alunos de Conservação dos Solos da Faculdade de Engenharia Ambiental e Sanitária da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), permitiu calcular a  $k_s$ , do qual obteve-se um valor de 11,72 cm/h, sendo classificada, segundo O'Neal (1952) e Klute (1965), como moderadamente rápida (Tabela 3).

**TABELA 3** Caracterização do solo da parcela experimental.

<b>Umidade natural</b>	
wnat (%)	13,01
<b>Frações granulométricas</b>	
%Areia (#2,400 a #0,075)	96,50
%Silte + Argila (< #0,075)	3,50
<b>CNU (Coeficiente de não uniformidade)</b>	2,13
<b>CC (Coeficiente de curvatura)</b>	0,81
<b>Índices de consistência</b>	
<b>Limite de Liquidez (%)</b>	37,00
<b>Limite de Plasticidade (%)</b>	26,92
Índice de Plasticidade (%)	10,08
<b>Classificação do solo (SUCS)</b>	

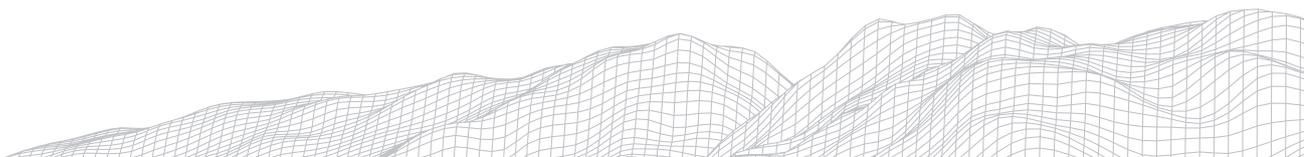


<b>SP</b>	Areia mal graduada com pouco ou nenhum fino
<b>Condutividade Hidráulica</b>	
<b>ks (cm/h)</b>	11,72 (Moderadamente rápido)
<b>Erodibilidade do solo (qualitativo)</b>	
<b>K (SANTOS, 2001)</b>	Solo erodível

Para buscar estabelecer uma correlação qualitativa da perda de solo ( $P_s$ ) e do potencial de erosividade da chuva ( $R$ ) com o potencial de erodibilidade do solo ( $K$ ), avaliou-se também as características físicas conforme a interpretação qualitativa de Santos (2001), pelo parâmetro CNU, que resultou na classificação de solo erodível.

Com os resultados obtidos pelo monitoramento e pelos ensaios físicos do solo, foi possível observar como os índices pluviométricos estão relacionados aos processos erosivos e como os parâmetros de solo são importantes para aprofundar a análise da evolução dos processos geomorfológicos, estando estes diretamente relacionados ao escoamento superficial da bacia de contribuição urbana e ao agente antrópico, corroborando com o discutido por Queiroz, Aprígio e Lima (2019).

Notou-se que a evolução dos processos erosivos no local estudado obedece aos princípios hidrodinâmicos de evolução de meandros que, segundo Penteadó (1983), são resultados da ação do escoamento superficial pontual, causando escavação da margem côncava, zona de maior velocidade do fluxo, e deposição na margem convexa, zona de menor velocidade do fluxo. Esse fluxo observado cria um traçado em curvas que obedece aos obstáculos que surgem na paisagem em forma de pequenas barragens, formadas por resíduos difusos urbanos e naturais, sendo que a própria instalação das parcelas e estacas e pinos constitui uma interferência humana, conforme modelo visual da Figura 2.



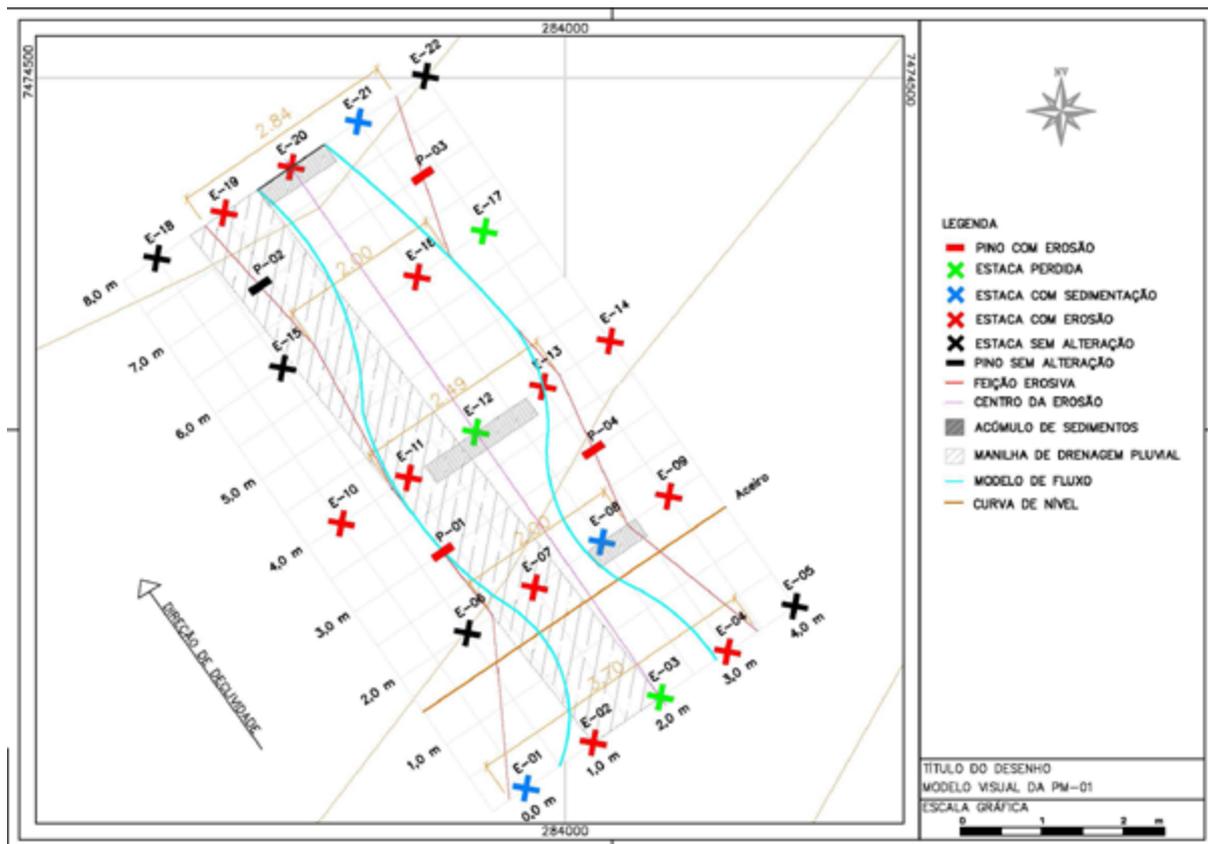


Figura 02. Modelo visual de análise final da PM-01.

Por fim, baseado nas análises quantitativas e qualitativas, foi possível verificar que tanto as análises quantitativas quanto qualitativas, para a caracterização física dos solos, são primordiais para compreender os processos geomorfológicos que influenciam uma bacia de contribuição e promovem aceleração de processos erosivos, corroborando com o discutido por Bertoni e Lombardi Neto (1985), sobre a importância de conhecer os atributos físicos do solo para aprimorar o manejo e controle de processos erosivos.

### Considerações Finais

Com a realização da análise de perda de solo na borda da ARIE MSG, foi possível avaliar a influência dos parâmetros físicos de solo na evolução dos processos erosivos e como o embasamento da geomorfologia é fundamental nos levantamentos de dados quantitativos e qualitativos. Observou-se que a influência antrópica no local estudado é determinante como agente de processos geomorfológicos, dado o seu potencial de catalisar processos laminares e lineares.

A utilização da parcela experimental, junto à técnica de estacas e pinos, mostrou-se efetiva na obtenção de dados quantitativos de variação dos solos. Além disso, a análise de perda de solo por métodos indiretos, que é uma técnica simples e de baixo custo apesar de algumas imprecisões, permitiu aprofundar a avaliação da evolução dos processos erosivos com relação aos agentes de erodibilidade e erosividade, corroborando com os fundamentos da geomorfologia propostos por Penteadó (1983).

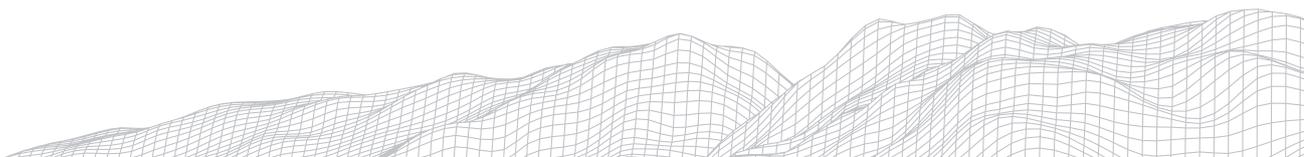
A partir dos dados quantitativos e qualitativos levantados foi possível entender a dinâmica geomorfológica influenciada por bacias de contribuição

urbanas e que aceleram a evolução de processos erosivos pontuais. Os parâmetros analisados servirão para embasar futuros estudos sobre métodos de avaliação de processos erosivos por meio de geoindicadores para monitoramentos e pesquisas sobre o tema.

Por fim, pode-se considerar que a análise de perda de solo por meio dos fundamentos geomorfológicos e da técnica de estacas e pinos utilizada em parcela experimental auxiliam na avaliação de áreas degradadas e na adoção de práticas conservacionistas de solo, além de estimular a pesquisa acadêmica em UCs e constituir uma importante ferramenta para o planejamento e gestão de áreas protegidas.

## Referências

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **D3385**: Standard test method for infiltration rate of soils in field using double-ring infiltrometer. In: Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken; ASTM International, 1988. p. 7. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/af6c/fbcee7ee6be12715224be12dbe388b4e1930.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2020.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **D2487**: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes. In: Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken; ASTM International, 2017. p. 10.
- APRIGIO, P. O.; QUEIROZ, M. C. **Caracterização de feições erosivas e de assoreamento na borda leste da ARIE Mata de Santa Genebra**. Relatório Técnico. Campinas: Fundação José Pedro de Oliveira – FJPO, 2017. 23p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação dos solos**. 1ª ed. Piracicaba: Editora Livrocetes, 1985.
- BORGES, P. **A evolução dos processos erosivos na bacia do ribeirão Alam Grei – SP: Uma contribuição ao planejamento ambiental**. 2009. 121 f. Dissertação (Mestrado em Organização do Espaço) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2009. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/95647/borges\\_p\\_me\\_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/95647/borges_p_me_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 13 fev. 2020.
- BRASIL. **Plano de Manejo ARIE Mata de Santa Genebra**. Fundação José Pedro de Oliveira: Campinas, 2010.
- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA - CEPAGRI. **Dados meteorológicos**. Campinas-SP: CEPAGRI, 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1997. p. 212. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf)>. Acesso em: 27 fev. 2020.
- GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. (org). **Geomorfologia**: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1996. p. 139-190.
- GUERRA, A. J. T. MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Bertrand: Rio de Janeiro, 2009. 2ª ed.
- KLUTE, A. **Laboratory Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Soil**. In: American Society of Agronomy – ASA. Agronomy Monograph. Madison: Crop Science Society of America, 1965. p. 210-221.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: Sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Revista Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v51n2/09.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2020.
- MORAES, I.C.; CORRÊA, E.D.; COUTO JR., A.; PINTO, S.A.F. Análise das perdas de solo de parcelas experimentais em pastagens no centro leste paulista. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 35, 2015, Natal, RN. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBSCS, 2015, 4 p. Disponível em: <<https://www.sbcs.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1764.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2020.



NETTO, A.L.C. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B. (org). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1998. p. 93-144.

OLIVEIRA, F. F.; ARAÚJO, R. C. Uso de parâmetros geotécnicos como indicadores da erodibilidade de solos. **Revista Geotecnia**, São Paulo, n. 142, p. 63-75, 2018. Disponível em: <<http://www.abms.com.br/links/revistageotecnia/Revista142.pdf#page=65>>. Acesso em: 1 mar. 2020.

OLIVEIRA, J. S.; COSTA, C. E.; SILVA, D. P.; VICTOR, J. O.; PEREIRA, L. O.; ACCORSI, M. S. **Relatório técnico ambiental: estudo de recuperação de área degradada**. Relatório Técnico. Campinas: Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUC-Campinas, 2019. p. 26.

O'NEAL, A. M. A Key for Evaluating Soil Permeability by Means of Certain Field Clues1. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 16, n. 3, p. 312. 1952. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2136/sssaj1952.03615995001600030024x>>. Acesso em: 04 mar. 2020.

PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; KAMINSKI, J. Solos Urbanos. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p.1647-1653, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n5/a53v34n5.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2020.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. p. 186. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81427.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2020.

PETSCH, C.; MONTEIRO, J. B. Elaboração da carta de suscetibilidade à erosão na escala 1:50.000 do município de Douradina-PR. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 5, p. 581-588, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43805/23069>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

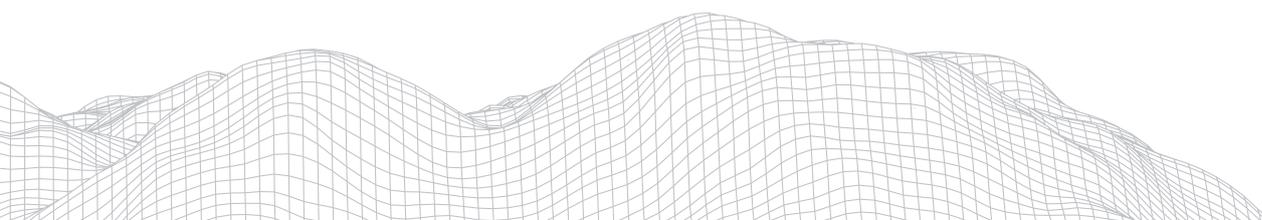
QUEIROZ, M. C. **Geomorfologia Ambiental: Monitoramento e evolução de processos erosivos na borda da ARIE Mata Santa Genebra, Campinas, SP**. 2019. 114 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Faculdade de Engenharia Ambiental e Sanitária, Campinas, 2019 (no prelo).

QUEIROZ, M. C.; APRÍGIO, P. O.; LIMA, N. M. Análise preliminar da evolução erosiva de uma feição por meio de parcela experimental na borda urbana da ARIE Mata Santa Genebra, Campinas, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 9, 2018, São Bernardo do Campo, SP. **Anais...** Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais - IBEAS: Bauru, 2018. ISSN 2179-8400. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2018/VI-014.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2020.

QUEIROZ, M. C.; APRÍGIO, P. O. Análise de suscetibilidade à erosão laminar através de SIG: Um subsídio ao controle, monitoramento, e preservação de áreas protegidas na zona de amortecimento da ARIE Mata Santa Genebra. In: JORNADA DE GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL, 5, 2018, São Carlos, SP. **Anais...** Universidade Federal de São Carlos: São Carlos, 2019. p. 204-215. ISBN 978-85-94099-03-7. Disponível em: <[http://www.eventos.fai.ufscar.br/links/Anais\\_jornadaaga2018v1.pdf](http://www.eventos.fai.ufscar.br/links/Anais_jornadaaga2018v1.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2020.

SANTOS, C. A. **Comportamento hidrológico superficial, subsuperficial e a erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, distrito de Ouro Preto - Minas Gerais**. 2001. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2001.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. **Agriculture Handbook**, Washington, United States Departmental of Agriculture - USDA, v. 537, 1978. p. 58. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=rRAUAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=WISCHMEIER,+W.H.%3B+SMITH,+D.D.+Predicting+rainfall+erosion+losses:+a+guide+to+conservation+planning,+Washington+:+USDA,+1978.+58p.+\(Agriculture+Handbook,+537\)&ots=cusqtUsnUX&sig=Bsvxxy7pIIlMIHKtKDvOPFjmj8s&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=rRAUAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=WISCHMEIER,+W.H.%3B+SMITH,+D.D.+Predicting+rainfall+erosion+losses:+a+guide+to+conservation+planning,+Washington+:+USDA,+1978.+58p.+(Agriculture+Handbook,+537)&ots=cusqtUsnUX&sig=Bsvxxy7pIIlMIHKtKDvOPFjmj8s&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 08 mar. 2020.



# ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA MICRO BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOXOTÓ

546

*José de Barros Silva Neto*

*Universidade de Pernambuco*

*Avenida Bela Vista, Iati-PE, 55.345-000*

*E-mail: netojose498@gmail.com*

*Gabriella Falcão de Oliveira*

*Universidade de Pernambuco*

*Avenida José Alexandre de Barros 55305-000*

*E-mail: gabriellaf495@gmail.com*

*Mariza Rodrigues da Silva*

*Universidade de Pernambuco*

*Sítio Salgadinho, 480, zona rural, 55380-000*

*E-mail: mariza69.mr@gmail.com*

*Daniel Dantas Moreira Gomes*

*Universidade de Pernambuco*

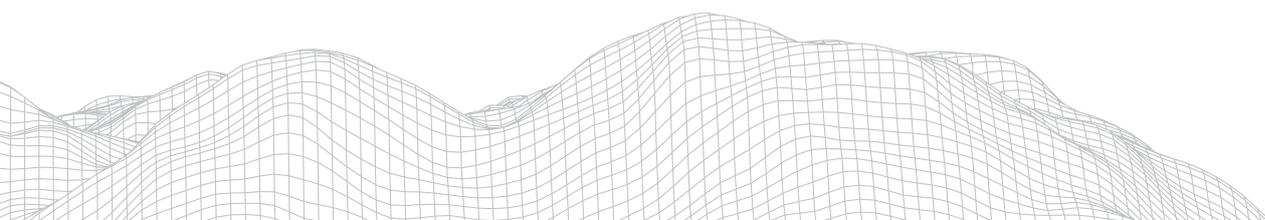
*Rua Cap. Pedro Rodrigues, 105, 55294-902*

*E-mail: daniel.gomes@upe.br*

## Resumo

A utilização do solo para construções civis ou para a agricultura aumenta consideravelmente no mundo de forma periódica, deste modo, a preocupação com os recursos naturais, bem como, com sua dinâmica no ambiente traz à tona a necessidade de estudar cientificamente estes recursos para assim consolidar sua preservação. Nesta perspectiva, o trabalho buscou levantar informações sobre a vulnerabilidade ambiental com ênfase na erosão. Desta forma, fez-se comparações dos índices de vulnerabilidade natural em relação a ação antrópica, portanto para obter resultados sobre a vulnerabilidade da sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó, foram utilizadas ferramentas tecnológicas comuns na geografia: a cartografia e o geoprocessamento, e, por meio delas, foi construído um banco de dados possibilitado a obtenção de resultados. Para nortear os procedimentos do trabalho, foi utilizada a metodologia de Crepani, denominada multicritério, a mesma foi adaptada para estudos em nossa região. Foram ,também, elaborados mapas de vulnerabilidade ambiental baseados em componentes como: Litologia, Classes de Solos, Pluviosidade, Declividade, Cobertura Vegetal e Uso da Terra. Para obter os resultados dos mapas de vulnerabilidade utilizou-se o software Arcgis 10.4 e o Envi 5.3, mostrando os resultados das 5 classes estabelecidas para a análise, muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, referente a vulnerabilidade natural os resultados já demonstraram uma preocupação no ambiente com apenas 14,4% muito baixa, 26,4% baixa, 19% média, 31,1% alta e 10,4% muito alta, para a análise de vulnerabilidade ambiental com influência da ação antrópica obteve-se 6,5% muito baixa, 20,1% baixa, 22,3% média, 38,6% alta, 12,5% muito alta. Os dados alcançados na pesquisa mostram que a sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó tem um grande potencial em grande parte de sua extensão territorial, principalmente com a influência de ações antrópicas por diversos motivos como criação de bovinos e caprinos, agricultura entre outros, portanto a área analisada apresenta condições ambientais que necessitam de ordenamento territorial para evitar o crescimento dessas áreas que já comprometem mais de 50% de toda a extensão estudada.

**Palavras-Chave:** Vulnerabilidade, Multicritério, Bacia Hidrográfica do rio Moxotó.



## 1. Introdução

Ao longo de toda a história da humanidade, sempre houve a necessidade de crescer socialmente utilizando recursos naturais como o solo, a vegetação e os recursos hídricos, eles eram essenciais para a subsistência da população. Na antiguidade, como já posto anteriormente, o uso dos recursos naturais era apenas para subsistência, não fazendo extrações em grande escala. Posteriormente, com o advento da tecnologia e os avanços nos estudos e tecnológicos, o homem intensificou as explorações destes recursos para a comercialização, consequentemente, também intensificou a aceleração da degradação do meio ambiente de forma considerável.

Logo o tema degradação ambiental é visto como um assunto a ser amplamente debatido por toda a sociedade pois ressalta os problemas ambientais em relação à sua forma de uso. Perante a lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, degradação ambiental pode ser compreendida como um processo que ocorre na natureza com impactos negativos e que fazem modificações nas suas características naturais do seu lugar.

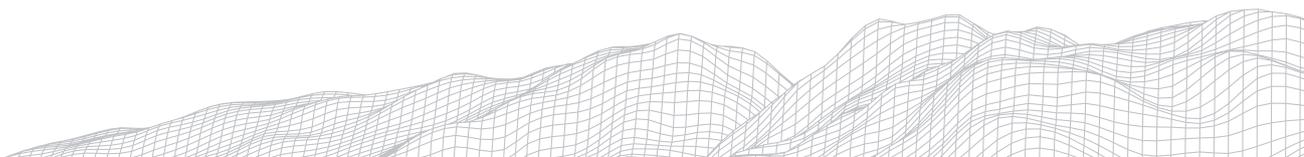
Devido à grande quantidade de fatores contribuintes para a degradação ambiental a serem analisados de forma correlacionadas e integradas sistematicamente, o estudo acerca da vulnerabilidade ambiental é um tema que tem ganhado bastante força perante análises, por mostrar áreas mais susceptíveis à tais ocorrências no ambiente.

Desta forma, sabendo da extrema importância que cada componente do meio ambiente tem para o ser humano e para os animais, é essencial monitorar e proteger cada elemento da natureza. Assim, o uso das geotecnologias tornou-se ferramenta essencial para compreensão e elaboração de táticas que geram resultados para o controle da degradação.

Sendo assim vale destacar a erosão como um dos principais meios para a susceptibilidade a eventos geológicos e a vulnerabilidade desta sub-bacia hidrográfica, a erosão por ser ocasionada tanto por processos naturais como por processos antrópicos, ocorrendo deslocamento de depósitos do topo da mini bacia hidrográfica, ou seja, de sua nascente até seu ponto mais baixo, o exútorio, em processos naturais como a precipitação, mas também ocorre processos erosivos por ações antrópicas que aceleram e aumentam mais o risco de suscetibilidade do lugar. Por ser um recurso natural importante, é necessário preservação plena, porque segundo Magalhães, et al (2012), o uso inadequado do solo significa uma perda que terá como forma um grande impacto ocasionado por esses processos erosivos e, como prejuízo, uma recuperação e ressurgimento de um novo solo muito demorada para a área afetada.

Devido ao grande aumento da urbanização no mundo é cada vez mais importante fazer estudos para um planejamento adequado, para a preservação dos recursos naturais, bem como, encontrar formas de corrigir falhas no manejo do solo e afins. Os estudos citados podem ser desenvolvidos a partir da utilização de recursos tecnológicos com o uso de um SIG (sistema de informação geográfica), que segundo Gilberto (2006, p. 1), "Um SIG é constituído por um conjunto de "ferramentas" especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais." Juntamente com as técnicas apropriadas de Sensoriamento remoto, as técnicas de geoprocessamento, e com o processamento de imagens (PDI).

O presente trabalho tem como principal objeto de estudo a sub-bacia hidrográfica localizada no rio Moxotó, localizada no Nordeste, em Pernambuco, desta forma compreendesse que existe uma gama diversificada de elementos

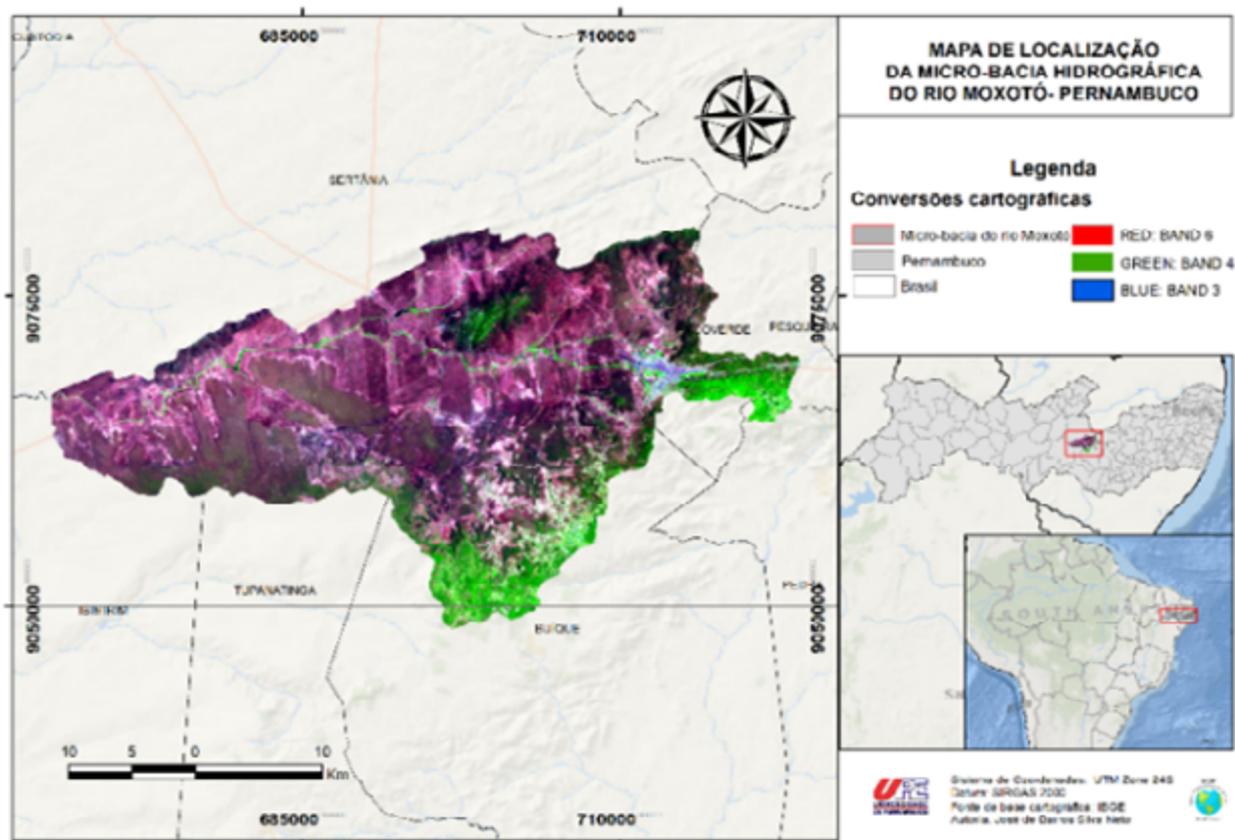


paisagísticos neste ambiente que se encontra na região do Sertão, clima tipicamente semiárido em Pernambuco. No entanto os recursos naturais estão sofrendo com manejos impróprios e com uso bem acima da média de sua capacidade de uso, e conseqüentemente ocasionando a degradação do ambiente.

### 1.1 Localização do objeto de estudo

O estudo sobre a análise da vulnerabilidade foi desenvolvido na sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó situada no estado de Pernambuco, possuindo uma área de 927,55 km<sup>2</sup>, sua nascente do canal principal está localizado na cidade de Arcoverde-PE e sua foz em Sertânia-PE, este percurso passa por seis municípios em Pernambuco, que são: Arcoverde, Buíque, Ibimirim, Pedra, Sertânia e Tupanatinga. Suas coordenadas em UTM estão entre 670000 e 720000 S de Latitude Sul; 9040000 e 9080000 de Longitude Oeste (Figura 01).

Justo que, encontrando-se em uma região sertaneja, o solo da sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó, de acordo com estudos da EMBRAPA (2018), são formados predominantemente por: regossolos, solos arenoquartzosos profundos, solos litólicos, planossolos, solos brunos no calcicos. Formando assim, uma modelagem típica desta região, em virtude disso, a rede de drenagem também tem aspectos que se estruturam de acordo com o lugar.



1: Mapa da localização da sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó.

Desta forma, essa parte da sub-bacia hidrográfica situa-se em seis cidades, sua maior porcentagem está no município de Buíque com 31,77%, seguido por Sertânia com 25,67% e Tupanatinga com 20,18%, portanto esta sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó tem quase 80% dos estudos nessas três localidades,

as outras cidades Arcoverde, Ibimirim e Pedra ocupam um pouco mais de 20% da área analisada.

## 2. Metodologia

O trabalho teve como início o levantamento de dados geocartográficos e imagens de satélites para a produção das metodologias e técnicas que são utilizadas para o desenvolvimento do mapeamento de vulnerabilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica analisada.

Para que essa pesquisa pudesse se constituir em cima de uma boa base de dados técnicos e seguisse metodologias certas para a elaboração de mapas de análise da pesquisa, foram consultados dados de instituições que disponibilizam os dados geocartográficos e de imagens orbitais, algumas dessas instituições são:

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CRPM
- Agência Nacional das Águas - ANA
- United States Geological Survey - USGS

Foi consolidado um grande número de informações referentes a diversos recursos naturais que tem influência direta na vulnerabilidade ambiental, como o tipo de vegetação, o uso e ocupação da terra, a litologia, os tipos de solos que se tem na região, entre outros fatores importantes para o estudo.

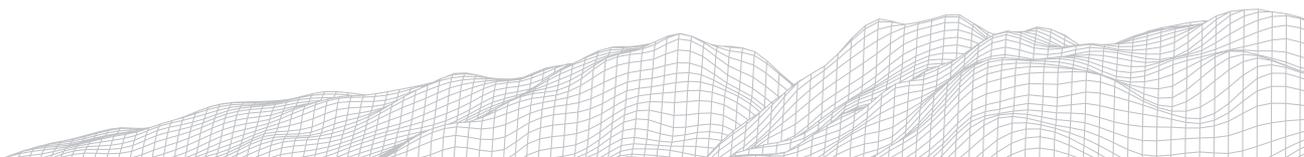
Em seguida ocorreu a elaboração do SIG (Sistema de Informação Cartográfica), este tem por finalidade fazer com que todas as informações armazenadas fiquem de forma organizada com os dados geográficos padronizados no Arcgis 10.4, ocasionando uma integração dos dados, armazenamento e todas as operações no SIG, possibilitando a criação de vários projetos diferentes, e, quando necessário fazer uma integração entre os dados coletados e elaborados.

Todos os dados terão uma reprojeção do WGS 84 zona 24N das imagens do satélite para a projeção SIRGAS 2000 UTM Zone 24S, conseqüentemente causando o máximo de diminuição das imperfeições topográficas, ocorreu também, uma padronização de escala de 1:100.000

Portanto o SIG será dividido em dois aspectos de informações, de dados espaciais e de atributos, os de dados espaciais que permitirá gerenciar os dados com representações geométricas, e os atributos mostrarão as qualidades e características dessas formas.

Após a elaboração do SIG, obteve-se a extração dos dados obtidos nas imagens de satélites e das imagens de SRTM, no qual cada uma permitiu analisar dados diferentes, mas que de forma integrada tiveram uma importância para a resposta final.

Todas essas imagens tiveram que passar pelo PDI, utilizando algumas ferramentas do SIG arcgis 10.4, como exemplo a ferramenta hidrology que permitiu ter dados morfométricos da mini bacia hidrografia que foi analisada, mas também



outras como o cálculo do NDVI para as imagens de satélites, desta forma obter-se como a vegetação desta área está degradada, entre outros métodos que serão utilizados no Arcgis 10.4 e no ENVI 5.3 para a extração de dados e a confecção dos mapas temáticos.

Para a produção e obtenção dos resultados da imagem de satélite utilizada, ocorreu a necessidade de usar o software Arcgis 10.4 para fazer a composição das bandas na ferramenta “*Composite Bands*”, e o ENVI 5.3 para a classificação da imagem e a correção radiométrica, desta forma possibilitando conseguir fazer a análise do objeto de estudo. Portanto foi utilizada três bandas do satélite, sendo elas a banda vermelha (6), banda verde (5) e a banda azul (4), no qual a composição destas três bandas facilitará na classificação supervisionada por mostrar as cores de cada característica de forma mais clara.

Em seguida foi feita a classificação utilizando já citado o programa ENVI 5.3, com o recurso de classificação chamada de “Máxima Verossimilhança”, que sua finalidade é classificar a imagem pixel por pixel. Assim foi possível atribuir as seguintes classes para o mapa de cobertura e uso da terra da MBHRM em área urbana, corpo d’água, pastagem, florestal e campestre.

Com a mesma imagem do satélite foi produzido e extraído informações sobre o índice da cobertura vegetal desta área, utilizando o cálculo de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), sendo necessário de duas bandas espectrais, a banda do infra-vermelho próximo (ivp) e a banda vermelha (v)

Fórmula elaborada por Rouse et al (1974): 
$$\frac{B5 - B4}{B5 + B4}$$

B4= Banda espectral vermelho

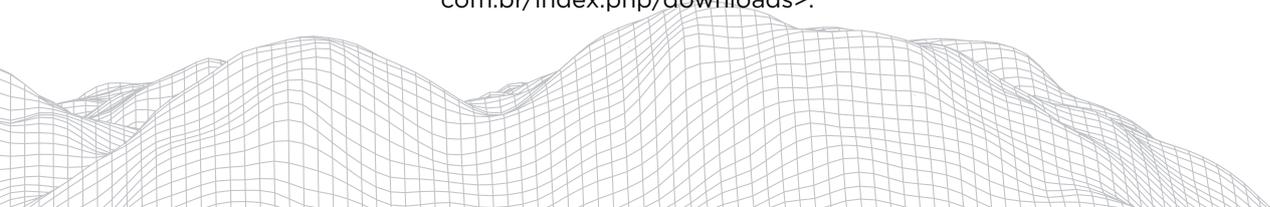
B5= Banda espectral infravermelho próximo

Após o cálculo, o NDVI variará de -1 a 1, significando que -1 é um indicador da ausência de vegetação e 1 indica uma vegetação saudável, gerando imagens em tons de cinza, com o 1 sendo representado pela cor branca e o -1 pela cor preta. A partir da realização do cálculo foram definidas em quatro classes, vegetação densa, vegetação esparsa, vegetação rasteira e solo exposto.

Por último, a extração de informações sobre a hipsometria e a declividade da mini bacia hidrográfica do rio Moxotó, que foi através do programa Arcgis 10.4, utilizando a ferramenta *slope* que está no *arctoolbox* em *Spatial Analyst Tools (Surface)*, mostrando sua altitude máxima e mínima que esta mini bacia hidrográfica tem. Na mesma ferramenta foi gerado um mapa de declividade gerado pelo recurso (*slope*), segundo Machado e Torres (2012), “a declividade controla em grande medida a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando assim a maior ou menor infiltração da água”.

Para concretizar toda a pesquisa, necessitou-se a utilização de softwares que possibilitassem na obtenção dos resultados com mais precisão, desta forma, programas pagos. Todos os programas foram adquiridos através das licenças de teste grátis. Foram utilizados os seguintes softwares:

- ARCGIS 10.4, desenvolvido pela ESRI (Environmental Systems Research Institute), sendo utilizada a licença de teste grátis por 3 meses, através do site <<http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop/free-trial>>.
- ENVI 5.3, desenvolvido pela EXELIS e disponibilizado no Brasil pela Sulsoft, sendo utilizada a licença de teste grátis, através do site <<http://www.envi.com.br/index.php/downloads>>.



### 3. Resultados e discussões

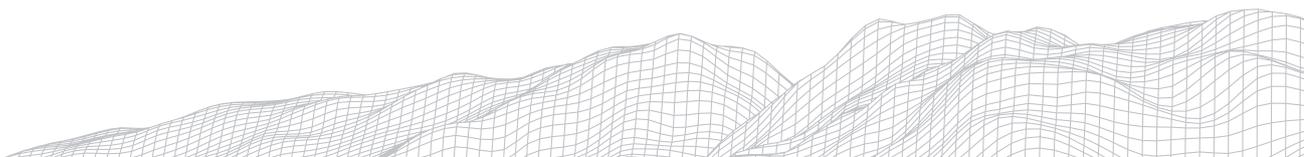
De acordo com a metodologia da análise de multicritério foi possível fazer o estudo da sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó, analisando todo o local de forma singular, ou seja, observando o que cada componente tem de pertinente para o ambiente, mas também em forma de interação com os outros, juntamente fazer a análise de todos eles de forma integrada para obter uma de localizar os principais pontos vulneráveis a erosão.

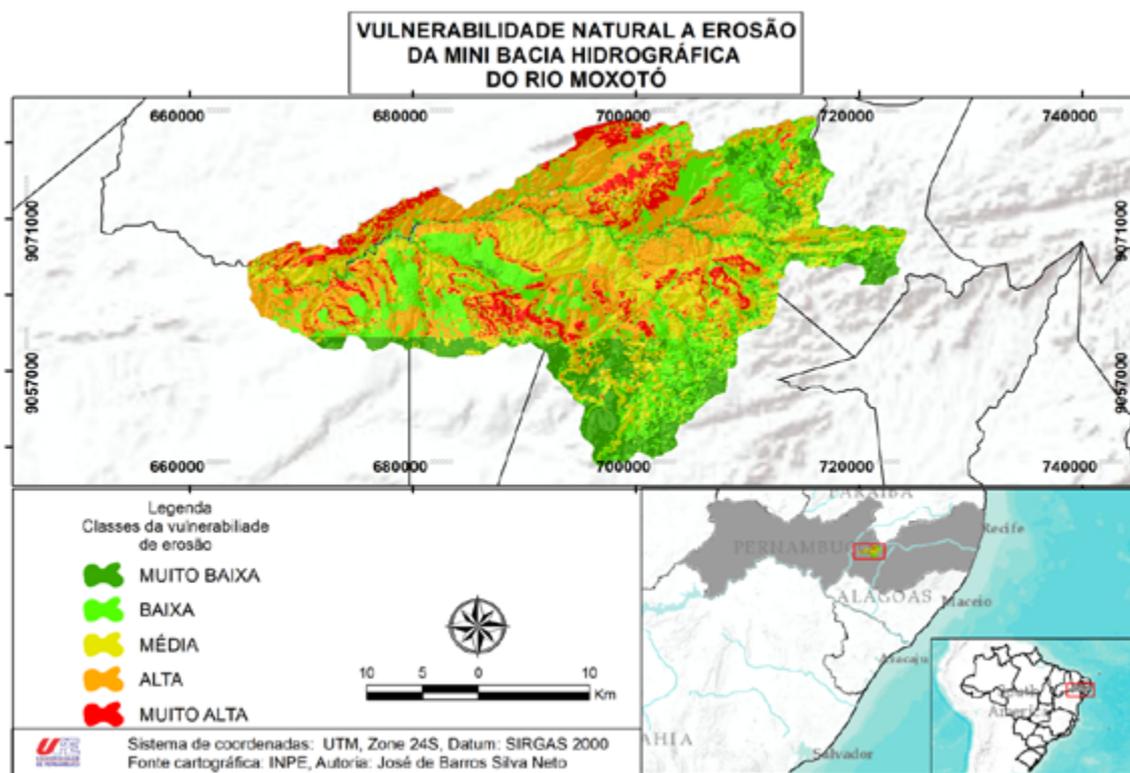
Possibilitando reconhecer as áreas com maiores potenciais a vulnerabilidade natural, e com o acréscimo dos dados do uso da terra foi possível demarcar os principais pontos de vulnerabilidade ocasionado pela ação antrópica. Desta forma a análise teve a realização dos dados estatísticos para a comparação dos dois mapas para poder ter noção da ação do homem ao ambiente no local estudado, mas também a compreender a distribuição geográfica dos pontos menos vulneráveis aos mais vulneráveis da MBHRM.

Após todos os procedimentos dos métodos de elaboração de cada mapa temático, possibilitou a integração de todos os componentes, desta forma obter uma análise da vulnerabilidade natural a erosão da Bacia hidrográfica do rio Moxotó - PE. Havendo, portanto, uma compreensão de vários pontos que são extremamente importantes para verificar todas as ações que estão ocorrendo no ambiente estudado como o processo de distribuição do grau da vulnerabilidade natural a erosão.

Combinado aos dados individuais da litologia, declividade, tipos de solos entre outros obteve-se a compreensão da espacialização deste fenômeno que não atingem um aspecto do meio ambiente, mas todo o sistema em que se situa, em que não providenciando uma tomada de decisão conseqüentemente irá se distribuir para outros pontos da MBHRM.

Com a elaboração do mapa da vulnerabilidade natural a erosão (Figura 2), ocorreu a extração dos dados permitido pelo software utilizado para a produção. Desta forma obteve-se o quantitativo de cada classe estabelecida nos estudos, ressaltando o nível que as categorias tiveram, com os dados expostos foi possível observar fenômenos possíveis para debater sobre as causas desses números de vulnerabilidade, por estarem nessas quantidades em cada classe estabelecida.





## 2: Mapa da vulnerabilidade natural a erosão

Com a elaboração do mapa da vulnerabilidade natural a erosão obteve-se o quantitativo do grau de erosão para cada classe. Começando a análise dos dados quantitativos é visível que as classes têm uma distribuição em que não se a uma diferença exorbitante comparada umas das outras.

A sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó tem sua menor área de vulnerabilidade a classe muito alta, atingindo cerca de 96,7 km<sup>2</sup>, ou seja, no aspecto de uma possível erosão natural as chances de ocorrendo desse fato será em apenas alguns pontos do lugar estudado, que por fatores naturais, exemplo o solo que tem em sua extensão grande parte de neossolos, formando desta forma um lugar que tem propensão natural a vulnerabilidade a erosão.

Outras duas classes que tem quantidade significativa na análise são as de muito baixa e baixa, a primeira com uma extensão de área aproximadamente 131,37 km<sup>2</sup>, e a classe baixa vulnerabilidade com 244,45 km<sup>2</sup>, ou seja, 375,82 km<sup>2</sup>. Presumindo que o quantitativo desta área se encontra elevando em uma região do nordeste de Pernambuco.

Nas duas últimas classes, é notória a transição de uma classe para a outra, esta mudança de média para alta, fica visível na figura 13, como no gráfico da porcentagem que a área de vulnerabilidade média está com 166,83 km<sup>2</sup>, e a classe alta é a predominante das cinco classes elaboradas para a vulnerabilidade da MBHRM, com uma extensão territorial de 288,2 km<sup>2</sup>.

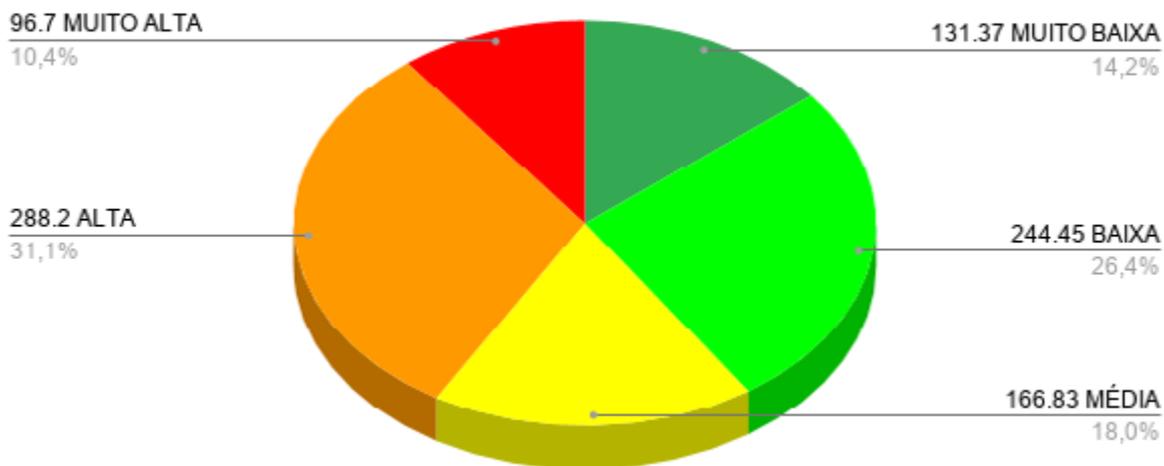
Portanto, a análise da vulnerabilidade natural demonstrou que apesar de a região neste ano apresentar uma proporção de 375,82 km<sup>2</sup>, os recursos naturais que ela apresentar como os tipos de solo, a vegetação se por ocasião fosse em uma época sem a ocorrência desta anomalia na precipitação que tem em média 600 a 700 mm ao ano, e em 2019 apenas no mês de agosto ocorreu

precipitação de 743,1. mm, a formação litológica do lugar sendo também outro fator contribuinte para que essa área tenha uma vulnerabilidade mais alta.

Por fim, a região em sentido da vulnerabilidade natural a erosão mostrou tem uma divisão nas classes de forma uniforme, por ter mostrado uma boa cobertura vegetal, muita precipitação no ano e fator determinante para esses números a declividade que em grande parte do ambiente na sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó não teve variações altas, contribuindo conseqüentemente para uma baixa vulnerabilidade a erosão de forma natural.

Com a extração dos dados obtidos da imagem do landsat 8, através do software, gerou-se os dados quantitativos em porcentagem para compreender toda a distribuição de cada classe na sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó.

## % da área do risco de vulnerabilidade ambiental natural a erosão

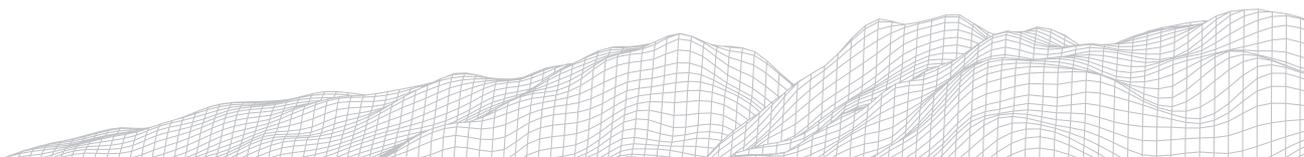


1- Gráfico

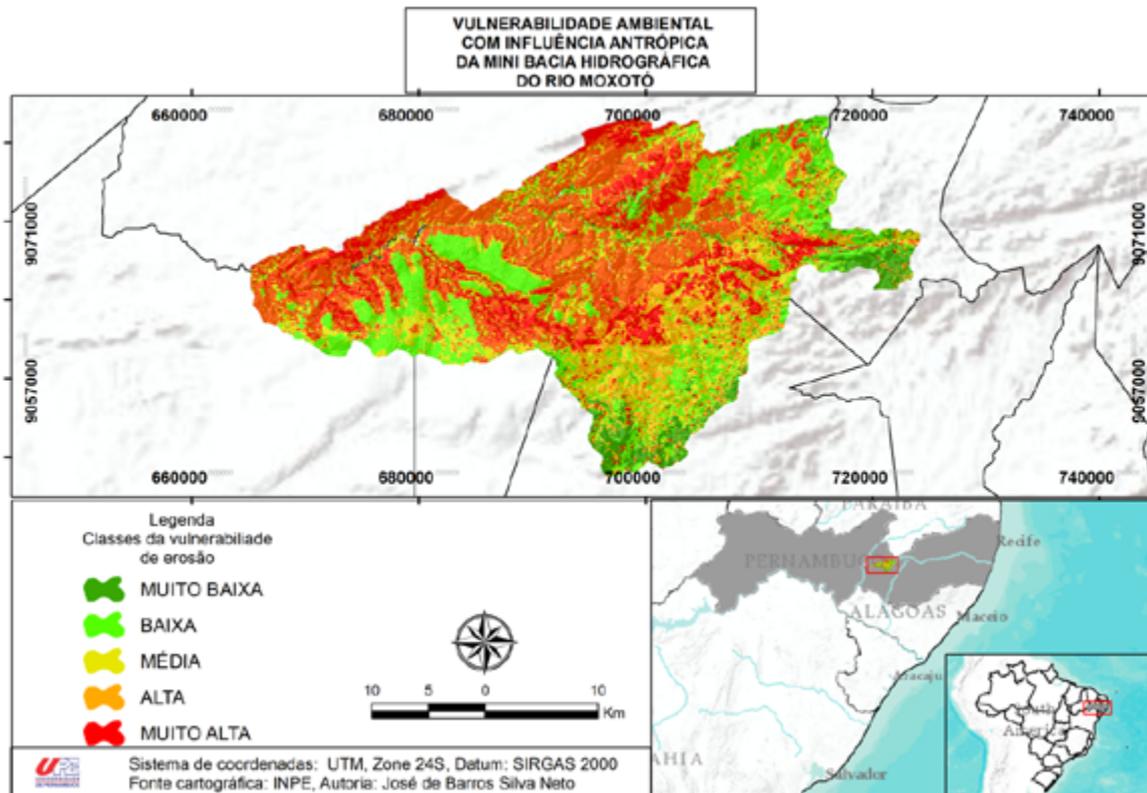
Desta forma, a área analisada ficou distribuída respectivamente com 10,4% para a classe muito alta, 31,1% classe alta, 18,0% classe Média, 26,4% classe baixa, e 14,2% a classe muita. Portanto é notável que a análise da vulnerabilidade natural a erosão da sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó, já apresenta uma linha tendenciosa para ocorrer uma alta vulnerabilidade, porque as classes muito alta e alta concentram 41,5% total da extensão territorial analisada, e as classes que seriam ótimas para uma baixa vulnerabilidade natural a erosão estar abaixo com 40,6% de toda a área estuda. Deve-se ressaltar que não se tem a influência antrópica nesse mapa e a área já se apresenta nessas condições preocupantes para o meio ambiente.

Com a inclusão desta variável é possível comparar o crescimento da vulnerabilidade da sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó, simultaneamente possibilitou fazer a análise das possíveis causas da expansão e transição de uma classe de baixa vulnerabilidade para uma classe de alta vulnerabilidade.

Portanto, o mapa de vulnerabilidade ambiental com influência antrópica da sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó (figura 3), permitirá compreender de



forma clara toda influencia que a ação do homem causa em seus componentes naturais e de forma a modificar toda a dinâmica do ambiente, com auxílio dos dados extraídos para fazer comparativos em suas mudanças e identificar os tipos de uso que influenciarão para essa área com preeminente em diante das outras classes expostas.



### 3: Mapa da vulnerabilidade ambiental com influência antrópica

Com a elaboração do mapa da figura 3 foi possível extrair os dados quantitativos a fim de comparar o grau de influência que o homem ocasionou no lugar analisado, por fim compreender o aumento dessas áreas de vulnerabilidades com o uso da terra.

Em análise inicial para a vulnerabilidade ambiental com influência antrópica ocorreu uma redução no total de sua área, havendo uma queda de 70,13 km<sup>2</sup>, ou seja, com a inclusão do uso da terra na sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó a classe de vulnerabilidade muito baixa ficou com sua extensão total de 60,24 km<sup>2</sup>.

Consequentemente a classe baixa ocorreu redução no total de sua área, nota-se que as áreas com a classificação com baixo potencial para vulnerabilidade se situam em sua maior porção próxima a região agreste de Pernambuco, região com maior frequência de precipitação e solos mais desenvolvidos que auxiliam para baixar os riscos de vulnerabilidade.

A classe baixa ocorreu uma grande parte na área classificada como campestre no mapa de uso e cobertura da terra (figura 12), segundo IBGE esta área é definida como “{...}aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso.” (IBGE, 2013, Pág. 98). Desta forma, ocorreu uma espacialização de vegetação que gerou proteção para o solo, ajudando a infiltração de recurso



hídrico, ocasionando esta área de 186,61 km<sup>2</sup>.

Mesmo com dados acima do normal como cobertura vegetal e precipitações para a região, as três últimas classes que ocasionam uma preocupação para o ambiente aumentaram de forma significativa, pois com inclusão dos dados do componente de uso e ocupação da terra a classe de vulnerabilidade média aumentou de 166,83 km<sup>2</sup> para 207,1 km<sup>2</sup>. Desta forma já exaltando que existem problemas nos meios de utilização dos recursos naturais para o consumo materialista humano.

Deve-se ressaltar que essa classe média da vulnerabilidade ambiental com a influência da ação antrópica estar ligada com a área de pastagem, no qual a região tem forte tendência em criação de bovinos e caprinos, portanto a retirada de vários recursos naturais como a vegetação, a retirada de forma errônea do solo, até mesmo compactação da terra ocasionada pela caminhada dessas espécies acabam por gerar consequências graves para o meio ambiente, como aumento da vulnerabilidade ambiental.

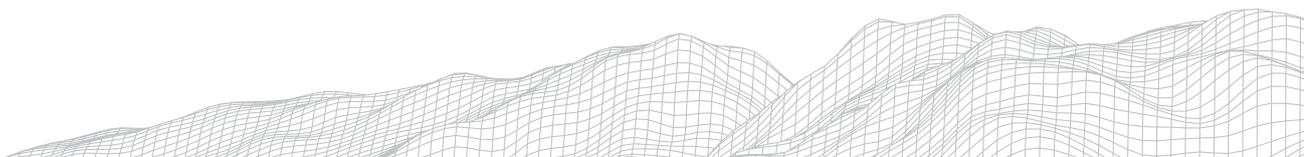
A penúltima classe a ser analisada é a alta vulnerabilidade, em comparação com o mapa da figura 2 e do gráfico 1 esta classe aumentou consideravelmente pois em processos naturais estava com uma área 288,2 km<sup>2</sup>, ou seja, aumento de 69,9 km<sup>2</sup>. Desta forma além das manchas urbanas outros pontos do mapa tem um grande risco de ocorrer o processo de erosão de forma mais acelerada, por consequência trazendo o risco de permanecer uma causa irreversível de erosão para a população no município e em outros pontos que este processo já está com a classificação muita alta.

Nota-se que o problema da classe alta de vulnerabilidade ocorrer no centro do local analisado e se estende para lugares ao norte e noroeste, alcançando o limite administrativo principalmente de Buíque e Sertânia, gerando uma preocupação porque está já em transição para a próxima classe que é a mais arriscada para não ocorrer um processo de irreversível desse fato, a erosão.

A última classe da vulnerabilidade ambiental com influencia antrópica para a erosão é a muita alta, pois esta classe na área estudada tem apresentada em vários pontos do mapa, abordando os 6 municípios do sertão, que por tendências dos recursos naturais já são propícios a erosão, consequentemente com grandes áreas de pastagens, retirada de madeira, construção civil ocorridas nas manchas urbanas fizeram com que a classe muita alta aumentasse de 96,7 km<sup>2</sup> para 115,5 km<sup>2</sup>, ou seja, 12,5% de toda área analisada.

Na classe muita alta a erosão por influência antrópica se distribui por toda área, principalmente pelo centro e as áreas periféricas do mapa. É importante ressaltar que nas duas manchas urbanas, Sertânia e Arcoverde estão nessas áreas de classe muito alta e respectivamente alguns pontos que são para áreas da agricultura nesses locais.

Como já exposto alguns motivos sobre o aumento da classe alta e muita alta a erosão sobre influencia antrópica, é importante ressaltar que, esse aumento acontece por muitas das vezes pela necessidade populacional de ter que extrair ou fazer o processo do uso da terra de forma inadequada, desta forma prejudicando os recursos naturais sem ter a noção do ato prejudicial que é para o meio ambiente e para a sociedade. Portanto os mapas fazem compreender que ocorreu um aumento da vulnerabilidade natural e com influencia antrópica, mas por se tratar de um lugar situado no sertão de Pernambuco, o uso da terra é para a subsistência da população, como exemplo é a criação de bovinos e caprinos muito forte na região.



Para compreender de forma clara foi elabora o gráfico com o quantitativo que classe tem na área analisada e respectivamente a porcentagem total de cada uma. Desta forma para comparar como ocorreu um aumento significativo com o gráfico 1.



Com a confecção do gráfico sobre a porcentagem das áreas que a vulnerabilidade ambiental com influencia antrópica está em cada classe, mostrar o aumento significativo em todas as áreas do mapa da figura 14, as classes muito baixa e baixa estão respectivamente com 6,5% e 20,1%, apenas 26,6% de toda área analisada não está com sérios riscos a erosão.

A partir da classe média que já deve-se obter um olhar mais crítico sobre os devidos usos adequados pra a área estuda tem 22,3% da extensão territorial analisada. Por fim as classes que mais geram preocupações para o uso inadequado dos recursos naturais e para a sociedade desses municípios são alta e muita alta, que juntas possui 51,1% de toda a porção da área estudada, ou seja, mais da metade desta área já estão comprometidas a erosão devidos ao processo de aceleração da ação humana.

#### 4. Considerações finais

A pesquisa buscou analisar o grau da vulnerabilidade ambiental com influencia antrópica em comparação à vulnerabilidade sem a interferência do homem, teve-se como abordagem a análise multicritério, e como suporte, o auxílio da metodologia de Crepani et al. Ressaltando que houve adaptações porque os estudos foram realizados em lugares diferentes.

É importante destacar que o uso do geoprocessamento foi de extrema importância para a obtenção dos dados e manipulação das imagens de satélites, criando o banco de dados, elaboração dos mapas, pois a elaboração de mapas da cobertura vegetal e uso da terra foram essenciais para a composição dos principais componentes para compreender os principais lugares que estão com os níveis mais avançados da vulnerabilidade a erosão.

Os resultados alcançados sobre a vulnerabilidade natural e com influencia antrópica, com a perspectiva integrada do geoprocessamento e da metodologia de análise de multicritério, chegou a conclusão que a vulnerabilidade natural já está com um agravante na região setentrional da sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó, que se localiza na parte central e se estende para a região norte. Mesmo esta MBHRM com uma grande porcentagem está acima da média para a vulnerabilidade a erosão, o comportamento natural dos recursos tem

cerca de 36% de sua região com um índice baixo estabelecida na região de transição do agreste/sertão e na região sul da sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó.

Nos dados obtidos sobre a vulnerabilidade ambiental a erosão, a situação da sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó se encontra com grande aumento na porcentagem de alto risco deste tipo de vulnerabilidade. No qual as três classes que são preocupantes para o meio ambiente e para a sociedade aumentaram e as classes de baixa vulnerabilidade diminuíram, desta forma, apenas cerca de 26% de toda a área analisada tem um baixo risco de vulnerabilidade a erosão, grande parte onde se estabelece as matas.

Os lugares como as marchas urbanas e áreas para criação de bovinos e caprinos tiveram a um aumento significativos das classes medias a alta vulnerabilidade ocorrido este aumento para mais de 70% de toda a sub-bacia hidrográfica do rio Moxotó, destacando que o aumento foi nas respectivas áreas que já se encontravam em tendencia ao aumento da vulnerabilidade a erosão.

Com o comparativo das vulnerabilidades natural e não natural, ficou perceptível a grande influência que a ação humana exerce no meio ambiente para modificar ou acelerar seus processos naturais. Mas com os devidos cuidados e com a realização de medidas públicas que resultem em ornamento territorial para obter um maior planejamento para conseguir preservar estes recursos naturais, juntamente com a compreensão de toda a sociedade em como arrumar meios para não denegrir o meio ambiente e diminuir essas porcentagens da MBHRM.

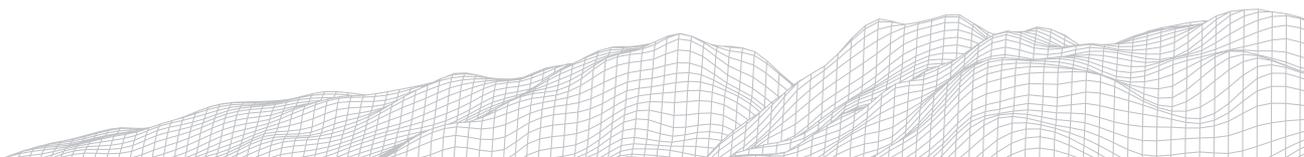
Diante desses dados é fundamental tomar medidas de melhorias ambientais, bem como repensar o modo como a população está ocupando este espaço geográfico a fim proteger as áreas identificadas com baixo índice de vulnerabilidade a erosão e diminuir as áreas com altas porcentagens de vulnerabilidade a erosão. Desta forma, acredita-se que esses dados servirão para a tomada de decisão nas realizações das medidas públicas para o ordenamento territorial de toda área analisada.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa do Programa Residência Pedagógica (PRP), a Universidade de Pernambuco (UPE) pelo financiamento dos recursos da pesquisa “Análise da vulnerabilidade ambiental da mini bacia hidrográfica do rio moxotó”, junto ao Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Ambiental (LaGMA) pelo apoio em todo o decorrer da pesquisa.

### **Referências**

- CÂMARA. G. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>. acessado em: julho de 2019
- GOMES, D, D, M. Geoprocessamento aplicado a análise da vulnerabilidade à erosão na bacia hidrográfica do rio Jaibas - Ceará. Daniel Dantas Moreira Gomes. Fortaleza, 2011.
- MAGALHÃES, I, A, L; NERY, C, V, M; ZANETTI, S, S; PENA, F, E, R; AVELLINO, R, C; SANTOS, A, R. Uso de Geotecnologias Para Estimativa de Perda Solo e Identificação das Áreas Susceptíveis a Erosão Laminar na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Vieira, Município de Montes Claros, MG. In Cadernos de Geociências, v. 9, n. 2, novembro 2012
- Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L6938.HTM> acessado no dia: Junho de 2019
- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. -5. ed., rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa, 2018 Disponível em:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SIBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf> no dia julho de 2019



# ANÁLISE DE FATORES DESENCADEADORES DE PROCESSO EROSIVO EM ÁREA DE CONTATO URBANO-RURAL NO MUNICÍPIO DE TEIXEIRA SOARES (PR)

559

*André Luiz Rosa Cruz*

UNICENTRO – Campus Irati

R. Profª. Maria R. Z. de Almeida, Irati - PR, 84505-677

E-mail: andreluizcruz2016@gmail.com

*Julio Manoel França da Silva*

UNICENTRO – Campus Irati

R. Profª. Maria R. Z. de Almeida, Irati - PR, 84505-677

E-mail: jmsilva@unicentro.br

*Lucas Iasnock Dea*

UNICENTRO – Campus Irati

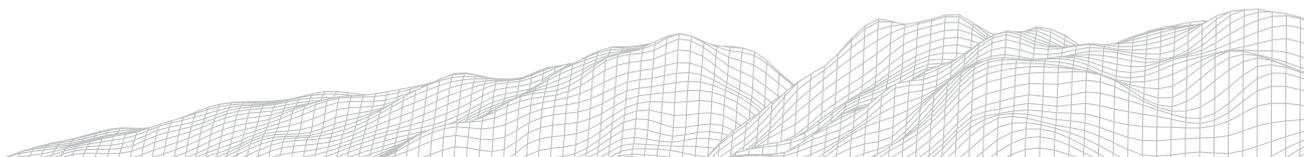
R. Profª. Maria R. Z. de Almeida, Irati - PR, 84505-677

E-mail: lucasepam2609@gmail.com

### Resumo

O presente trabalho resulta de estudo aplicado no município de Teixeira Soares, PR, especificamente na transição entre área urbana e rural, nas proximidades do bairro COHAPAR. O objetivo principal foi a análise de evolução de processo erosivo a partir de imagens de satélite nos anos 2009, 2013, 2016 e 2020, cuja avaliação de campo contou com levantamento aéreo por VANT para caracterização das condições atuais de uso e ocupação do solo. A partir das imagens se constatou que um grande processo de degradação do solo se iniciou no ano de 2013, evoluindo progressivamente até o ano de 2016. Na imagem de 2020 se constata, por outro lado, a modificação da área degradada por medidas de intervenção para recuperação pela prefeitura municipal, o que acabou impedindo, ainda que temporariamente, a evolução do processo erosivo. No entanto, tal iniciativa não dispensa a necessidade de constante monitoramento para avaliação do seu grau de recuperação.

**Palavras-chave:** Cartografia Geoambiental, Processos erosivos, Uso e Ocupação.



## 1. Introdução

A erosão dos solos possui muitos modos de configuração na paisagem (laminar, linear, sulcos, ravinas e voçorocas), e apresenta-se como um grande problema ambiental devido causar perda de nutrientes, dificuldades na preparação do terreno para o cultivo, assoreamento de recursos hídricos e, em casos extremos, inutilização de áreas, acarretando prejuízos ambientais, sociais e econômicos em níveis diversos de acordo com o tipo erosivo, características da área e dos indivíduos que dela dependem (RESENDE *et al.*, 2011). Inclusive, conforme Guerra (1994), caracteriza-se também como um problema político pelo papel de intervenção do Estado no diagnóstico e na proposição de programas governamentais para recuperação de áreas degradadas.

A erosão resulta de uma série de interações entre processos físicos, tais como, salpicamento (*rainsplash*), escoamento superficial (*surface wash*) e ravinação (*rill erosion*), cuja intensidade depende da configuração das encostas, erosividade da chuva, erodibilidade dos solos e características do uso e cobertura do solo (GOUDIE, 1995). Também considerando os aspectos físicos que proporcionam o processo erosivo em suas diversas etapas e formas, Dantas e Ferreira (2008) destacam o relevo acidentado, a declividade das encostas, a concentração pluviométrica e as características físico-químicas dos solos; enquanto Lepsch (2011) acrescenta a vulnerabilidade emergente do uso e ocupação da terra e das práticas de conservação.

Neste contexto, o presente estudo aborda a erosão linear, que se inicia pela ocorrência de *sulcos*, configurando-se como incisões no solo resultantes da concentração do escoamento superficial (CHAVES *et al.*, 2012); *ravinas* que evoluem a partir dos sulcos; e, em estágio mais avançado, na forma de *voçorocas* – feições profundas que, após remover grande quantidade de partículas dos solos, podem atingir o lençol freático e/ou substrato rochoso (MAGALHÃES, 2001).

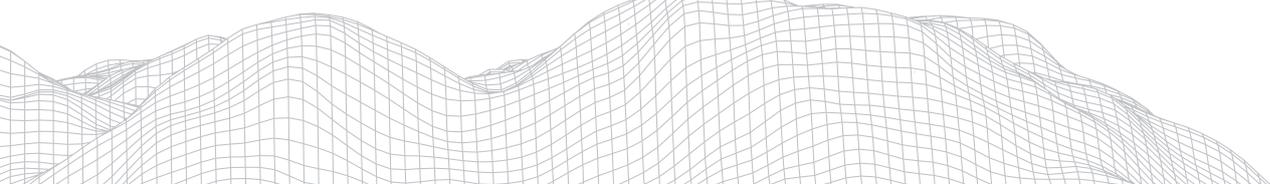
Entre as justificativas para avaliação da evolução de processos erosivos está a possibilidade de se propiciar medidas de conservação e recuperação de áreas afetadas, possibilitando a sistematização de parâmetros que podem ser replicados em áreas com características físicas e de uso similares. Neste sentido, destacam-se as particularidades do recorte espacial escolhido como estudo de caso: um setor do bairro COHAPAR, município de Teixeira Soares (PR), mais especificamente, um local em fase de recuperação de voçoroca de grande dimensão.

Com base nas características da área de estudo e problemática principal da pesquisa, o objetivo geral se refere ao mapeamento de uso e ocupação do solo em anos distintos. Os objetivos específicos foram: 1) Interpretação dos padrões espaciais de um conjunto de variáveis do meio físico-ambiental; e 2) Análise das potencialidades e vulnerabilidades socioambientais.

## 2. Área de estudo

Conforme indicado, o recorte espacial da pesquisa se refere a um setor do bairro COHAPAR, considerado como área urbana, mas que se encontra em área de transição para área rural do município de Teixeira Soares, Paraná (Figura 1).

A geologia da área de estudo compreende rochas da Formação Rio Bonito, constituída por arenitos, siltitos, folhelhos, carvões e calcários, contendo, ainda, arenitos finos resultantes de sedimentos de antiga planície litorânea, arenitos e siltitos intercalados a calcários, em depósitos de mares e plataforma e depósitos flúvio-deltáicos de arenitos cinzentos esbranquiçados, siltitos e camadas de carvão (MINEROPAR, 2001).



Em relação a unidades geomorfológicas, está situado no Segundo Planalto Paranaense, especificamente, no Planalto de Guatá, uma subunidade morfoescultural caracterizada por formas de relevo predominantemente dissecadas, com topos alongados e vertentes retilíneas (SANTOS *et al.*, 2006).

Os solos predominantes fazem parte do grupo dos Cambissolos, Argissolos e Gleissolos, conforme mapeamento de Bhering *et al.* (2010).



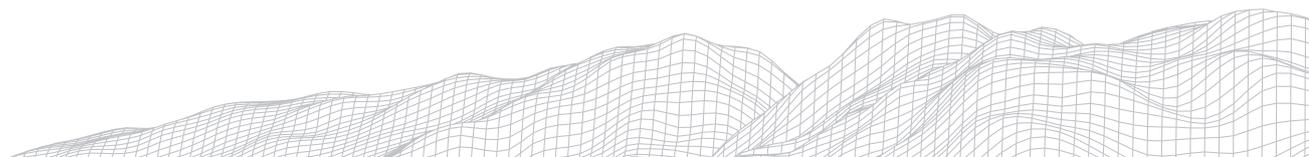
**FIGURA 1:** Localização da área de estudo no Brasil (A), Paraná (B) e Teixeira Soares (C) Fonte: Org. pelos autores com base em IBGE (2020)

### 3. Metodologia

A classificação e mapeamento de uso e ocupação do solo da área de estudo foi viabilizada por técnicas de interpretação de imagens de sensoriamento remoto e de geoprocessamento. Foram utilizadas imagens de satélite dos anos de 2009, 2013, 2016 e 2020, que foram extraídas da plataforma digital Google Earth Pro e processadas e analisadas no software QGIS 3.10.

As imagens foram analisadas mediante as chaves de interpretação propostas por Florenzano (2011), para quem “interpretar fotografias ou imagens é identificar objetos nelas representados e dar um significado a esses objetos”.

Para a autora, os elementos de interpretação de imagens são: 1) *Tonalidade/cor*, representando as variações das cores a partir da quantidade maior ou menor de reflexão ou emissão de luz e energia, bem como pela mistura entre elas; 2) *Textura*, se referindo ao aspecto liso ou rugoso dos objetos; 3) *Tamanho*, possuindo de distinguir os objetos da superfície terrestre em função das escalas espaciais; 4) *Forma*, referindo-se à identificação de objetos a partir de seus formatos (linear, pontual ou poligonal), podem indicar se são relativos a objetos naturais ou artificiais/culturais; 5) *Sombra*, de onde se obtém informações sobre altura, forma e tamanho dos objetos; 6) *Padrão*, buscando interpretar a organização e o arranjo espacial dos objetos e 7) *Localização geográfica*, que permite um conhecimento prévio das características de uma área de interesse a ser estudada.



A análise de imagens de satélite foi complementada por trabalhos de campo, onde toda área foi percorrida para visualização detalhada das classes mapeadas, sendo realizado georreferenciamento com aparelho GPS e levantamento aerofotogramétrico preliminar com uso de VANT.

Após as etapas de campo, as imagens de satélite e de VANT foram processadas no QGIS 3.10 para vetorização de classes de uso e ocupação do solo, com informações registradas em planos de informação que, posteriormente, constituíram a base para elaboração dos mapas finais.

#### 4. Resultados e Discussão

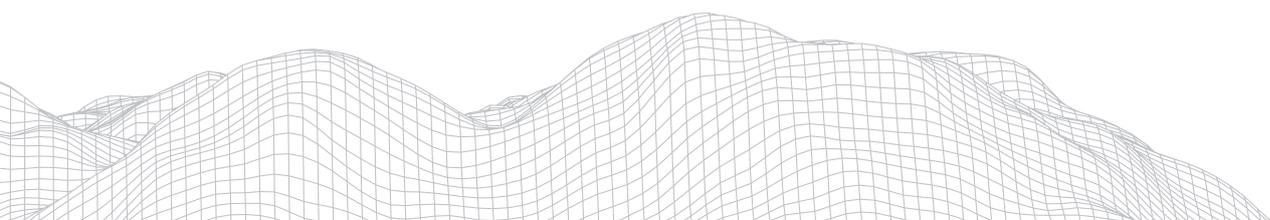
A interpretação das imagens de satélite dos anos de 2009, 2013, 2016 e 2020, complementadas com os levantamentos de campo, possibilitou a definição de nove classes de uso e ocupação do solo: (i) *Área construída*, (ii) *Estrada não pavimentada*, (iii) *Pastagem*, (iv) *Solo exposto*, (v) *Vegetação arbustiva*, (vi) *Vegetação arbórea*, (vii) *Voçoroca*, (viii) *Calha de desvio hídrico*, e (ix) *Mancha de regeneração*; cujos padrões espaciais estão representados na Figura 2.

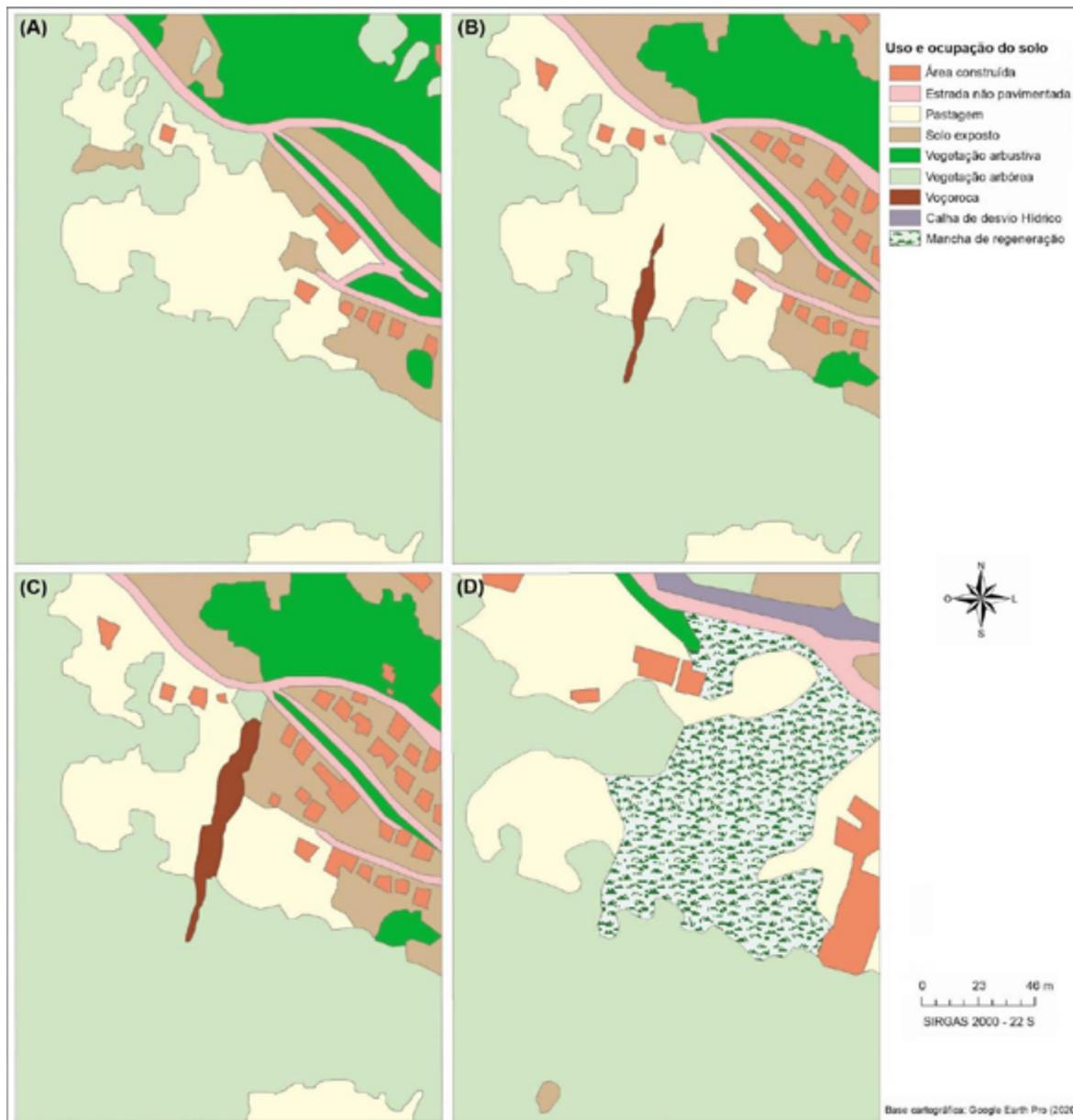
Considerando o ano de 2009 (Figura 2A), predominavam na área de estudo a classe *Vegetação arbórea*, representando 54% do total, o que acabava exercendo uma função importante no controle dos processos erosivos, somando-se, neste sentido, à *Vegetação arbustiva*, que possuía naquele ano 14% em proporção de área. Os possíveis potencializadores de processos erosivos possuíam baixa proporção em área, tais como *Áreas construídas* e *Solos expostos*, ocupando, respectivamente, 1% e 8%. O restante da área era ocupado por *Pastagem* (19%) e *Estrada não pavimentada* (4%).

No ano de 2013 (Figura 2B) mudanças significativas nos padrões espaciais das classes mapeadas foram constatadas, e o mapa de uso e ocupação do solo incluiu uma nova variável demonstrativa de degradação da área: a classe *Voçoroca*, que embora ocupasse somente em torno de 1% do total, já dava indícios de uma importante frente erosiva, capaz de evoluir progressivamente. Em relação às classes já mapeadas no ano de 2009, houve aumento nas *Áreas construídas*, que passou a ocupar 3% do total, enquanto a *Vegetação Nativa* e *Vegetação Arbustiva* tiveram áreas diminuídas, respectivamente, para 51% e 10%. As *Áreas de pastagem* aumentaram para 21% e os *Solos expostos* para 11%; enquanto a classe *Estradas não pavimentadas* diminuiu de 4% para 3% em proporção de área.

No ano de 2016 (Figura 2C) as áreas construídas passaram a ocupar 4% da área total, ampliando as alterações antrópicas da paisagem, mesmo considerando a sutil diminuição das áreas de pastagem de 21%, em 2013, para 18%, em 2016. Os solos expostos recobriam, naquele ano, 13%, o que significa 2% de aumento em pouco menos de três anos. A vegetação arbórea passou a ocupar 50% da área, enquanto a vegetação arbustiva 10%. As estradas não pavimentadas, por sua vez, mantiveram a proporção de 2013, ou seja, 3% do total. A voçoroca, em 2016, dobrou em área, passando a ocupar 2% da área pesquisada.

A interpretação das imagens de 2020 (Figura 2D) indica uma abrupta alteração dos padrões espaciais das classes de uso e ocupação do solo classificadas nos anos anteriores, o que resulta, especialmente, da intervenção da prefeitura, iniciada em meados de 2019, para correção da degradação do solo buscando conter a evolução da voçoroca estabelecida a partir de 2013.



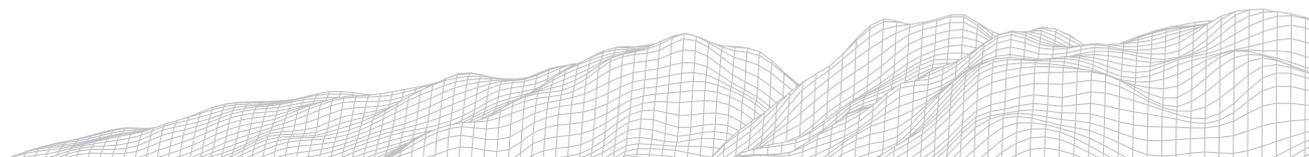


**FIGURA 2:** Classes de uso e ocupação do solo em 2009 (A), 2013 (B), 2016 (C) e 2020 (D). Fonte: Os autores (2021)

No ano de 2020 as áreas construídas mantiveram valor aproximado dos anos anteriores, abrangendo 3,8% do total, mas desta vez representando moradias recentes, já que muitas construções foram destituídas devido a intervenção citada.

As estradas, em 2020, representavam 2,3% da área total, e seus padrões atuais indicam que foi necessária a modificação dos seus traçados originais, estando associadas aos solos expostos (1,6% do total da área), embora esta última classe também apareça em manchas isoladas entre a vegetação e a pastagem.

As áreas de pastagem passaram a ocupar, em 2020, 20% do total, indicando a modificação do uso do solo ocorrido desde 2016 nas áreas no entorno do processo erosivo, já que tanto a vegetação arbustiva quanto a vegetação arbórea tiveram suas áreas diminuídas, respectivamente, para 0,7 e 48,3%. No entanto,



há de se destacar que a própria intervenção para recuperação da área pode ter sido responsável pela diminuição da vegetação, devido a necessidade de deslocamento e ação de maquinários.

Neste sentido, duas novas classes de uso e ocupação do solo foram atribuídas ao recorte espacial adotado: *Calha de desvio hídrico* e *Mancha de regeneração*. A calha de desvio hídrico ocupa 2% da área total e é representativa do alargamento de calhas pluviométricas e novas incisões lineares para desvio do percurso hídrico anterior, visando diminuir o transporte de sedimentos nos locais onde a voçoroca estava estabelecida.

A mancha de regeneração atualmente ocupa 21,3% da área, abrangendo o local anteriormente ocupado pela cicatriz do processo erosivo e as áreas de entorno, onde predominavam áreas de pastagem e áreas construídas. É importante mencionar que a mancha de regeneração possui área muito maior do que a voçoroca outrora identificada porque, esta, teve que ter suas margens alargadas para diminuir o potencial erosivo dos eventos pluviométricos, indicando a necessidade de considerar uma área de entorno significativa para possibilitar que as primeiras fases de regeneração fossem implementadas.

A figura 3 demonstra algumas das características recentes da área de estudo, com destaque para a mancha de regeneração.



**FIGURA 3:** Estado recente da área demonstrada por imagem de VANT (a) e em nível do solo (b). Os autores (2020).

## 5. Considerações Finais

A partir da análise realizada pode-se considerar que o uso inadequado do solo ocasionou o desenvolvimento do processo erosivo acentuado na área de estudo, ocasionando o surgimento de voçoroca de grande dimensão.

O desmatamento ocasionado com a finalidade de construção de moradias ou destinação do terreno para pastagens parecem ser fatores importantes que contribuíram para a evolução da voçoroca, ampliando a potencialidade natural derivado das características topográficas da área e de eventuais índices pluviométricos elevados.

A intervenção da prefeitura municipal pode ser considerada uma importante iniciativa para a recuperação da área degradada. No entanto, são necessárias estratégias que garantam o monitoramento contínuo das suas condições físico-ambientais, avaliação das técnicas de recuperação empregadas e inclusão

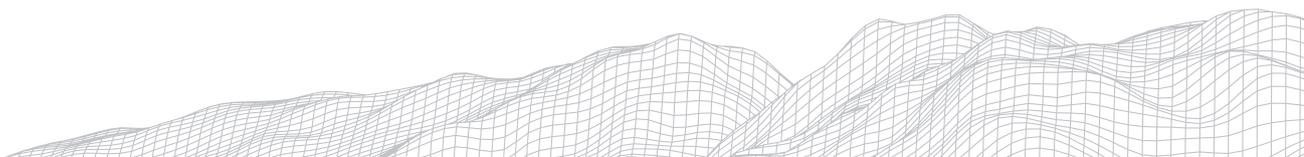
da população local, mediante iniciativas de educação ambiental, para buscar um equilíbrio no uso e ocupação que atendam os preceitos da sustentabilidade.

### Agradecimentos

Ao Programa de Iniciação Científica (PROIC) e Departamento de Geografia (DEGEO), Campus Irati, da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO).

### Referências

- CHAVES, T.A; ANDRADE, A.G.; LIMA, J.A.S.; PORTO-CARRERO, H. **Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural**. Niterói: Programa Rio Rural, 2012. Disponível: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126102/1/Recuperacaoareasdegradadas-2012.pdf>. Acesso: 10 dez. 2019.
- DANTAS, C.S; FERREIRA, O.M. **Erosões Rurais Origem e Processos de Evolução: Estudo do caso da Fazenda São Sebastião no Município de São Luís de Montes Belos - GO**. Universidade Católica de Goiás, 2008.
- GOUDIE, A. **The changing Earth - rates of geomorphological processes**. Oxford: Blackwell, 1995.
- GUERRA, A.J.T. A Erosão dos solos no contexto social. UFRJ: **Anuário do Instituto de Geociências 17**, 1994.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Acesso de dados geoespaciais**. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso: 10 fev. 2020.
- FLORENZANO, T.G. **Iniciação em sensoriamento remoto. 3ª ed.** São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- LEPSCH, I.F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- MAGALHÃES, R.A. Erosão: Definições, Tipos E Formas De Controle. **VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**, Goiânia (GO), 2001.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S/A. **Atlas geológico do Estado do Paraná**. 2001. Disponível: <[www.mineropar.gov.pr.br](http://www.mineropar.gov.pr.br)>. Acesso: 07 de nov. 2019.
- REZENDE, W. S; et. al. Recuperação De Voçorocas Na Zona Rural Do Município De Mineiros (Go): Financeiramente Viável E Ambientalmente Sustentável. **Revista Ibero² Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.2, n.2, 2011.
- SANTOS, L.J.C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N.E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F.; ROSS, J.L.S. Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n.2 (7), p.03-12, 2006.



# ANÁLISE DOS ESTUDOS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NA IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS NEGATIVOS EM PLANÍCIES FLUVIAIS E FLÚVIO-MARINHAS

567

*Patricia Barbosa Pereira*  
Instituto Federal do Piauí (IFPI)  
Praça da Liberdade, 1597, CEP 64.000-040, Centro, Teresina-PI  
E-mail: [patriiciabarbosaap@gmail.com](mailto:patriiciabarbosaap@gmail.com)  
*Glairton Cardoso Rocha*  
Instituto Federal do Piauí (IFPI)  
Praça da Liberdade, 1597, CEP 64.000-040, Centro, Teresina-PI  
E-mail: [glairtongeo@ifpi.edu.br](mailto:glairtongeo@ifpi.edu.br)

## Introdução

O desenvolvimento da sociedade produz grandes competições pelos recursos naturais, destruindo parte da biodiversidade natural, dessa maneira, a partir dos processos realizados, a cobertura da terra é cumulativamente transformada e dotada de outras características, principalmente antrópicas (TURNER; MEYER; SKOLE, 1994; TUCCI, 2008).

Para tanto, as planícies fluviais e flúvio-marinhas são áreas que estão em interação com os atributos exógenos e endógenos, dessa maneira, reforçam a necessidade de atualizações constantes para verificação das modificações ocorridas no âmbito dos sistemas ambientais, tendo em vista que, são caracterizados geologicamente como ambientes recentes, cujos níveis de fragilidade tendem a ser maiores.

Desse modo, existem variadas técnicas empregadas para a avaliação dos estudos ambientais e a gestão dos recursos naturais, sobretudo envolvendo a perspectiva das planícies fluviais e flúvio-marinhas, o mapa de fragilidade ambiental é uma delas (LOUZEIRO; CAMARA; ROSA; CESTARO, 2016; VEIGA; GUANDIQUE; NARDOCCI, 2019; FERREIRA; SILVA, 2020).

Neste sentido, o objetivo do estudo é analisar as contribuições dos estudos sobre fragilidade ambiental na identificação de impactos ambientais negativos em planícies fluviais e flúvio-marinhas, através de revisão de literatura. Dessa forma, o presente estudo mostra-se pertinente em evidenciar as medidas mitigadoras propostas as planícies fluviais e flúvio-marinhas no ramo das pesquisas de fragilidade ambiental.

## Metodologia

No que se refere aos procedimentos iniciais para o alcance do objetivo proposto no estudo, fez-se uso de levantamentos e análises de materiais teóricos/bibliográficos sobre os estudos de fragilidade ambiental em bacias hidrográficas. Adotando-se os seguintes critérios:

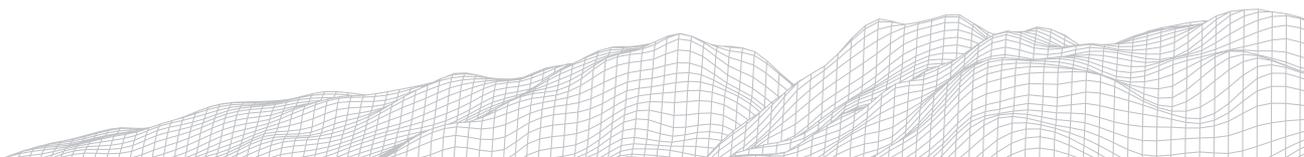
As pesquisas foram realizadas a partir da base de dados do Periódico Capes (<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php?>) e Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>);

Foram pré-selecionados 20 artigos, mas adotou-se apenas 5 para o estudo, haja vista que, os demais não abordavam impactos ambientais negativos;

Buscou-se os materiais publicados nos últimos 5 anos (2016-2020);

Os estudos foram selecionados com base na identificação de impactos ambientais negativos e suas propostas de medidas mitigadoras.

Quanto aos trabalhos selecionados, contendo o nome dos periódicos, autores, título e ano de publicação, são representados no (Quadro 1).



## QUADRO 1

Ordem	Autor e Ano	Título do artigo	Revista
1	Castro (2016)	Fragilidade ambiental na bacia do Córrego Água Branca, Oeste maranhense	InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade
2	Fitz (2016)	Análise da fragilidade ambiental do litoral Médio do rio grande do sul a partir da sua configuração geológica e geomorfológica com o uso de geotecnologias	Revista Entre-Lugar
3	Carvalho <i>et al.</i> (2020)	Fragilidade ambiental à erosão em uma bacia hidrográfica antropizada no Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil	Anuário do Instituto de Geociências – Revistas UFRJ
4	Figueirôa e Salvio (2020)	Analysis of the fragility of the Environmental Protection Area Alto Rio Doce, MG, Brazil	Revista Ciência Florestal - Portal de Periódicos UFSM
5	Almeida <i>et al.</i> (2020)	O cenário de fragilidade ambiental do baixo curso do rio Mearim	Revista Brasileira de Geografia Física

Artigos selecionados para o estudo

**Fonte:** Dados da pesquisa (2021)

### Resultados e/ou discussões

Castro (2016) ao realizar um estudo sobre fragilidade ambiental em uma bacia hidrográfica no Oeste maranhense, utilizando a metodologia de Ross (1994) e técnicas de geoprocessamento, constatou que a fragilidade potencial apresenta a classe predominante “Muito Fraca”, representando a porcentagem de 37% da área. A fragilidade emergente houve a predominância da classe “Forte”, numa área de 42,2% da bacia.

O estudo de Fitz (2016) constatou-se que os ambientes litorâneos estão envolvidos com o intenso uso da terra, podendo ser verificados os diversos graus de fragilidade pelas formações geológicas e geomorfológicas existentes. Conforme os resultados obtidos, existe um nível denso de fragilidade ambiental localizado em áreas de sistemas lagunas-barreiras, propriamente sendo vinculado em espaços sedimentares. Após a identificação dos diferentes níveis de fragilidade, o autor redigiu um quadro com informações sugestivas/recomendações para a área de estudo.

Carvalho *et al.* (2020) verificaram que 80% da área apresentam de média à alta fragilidade, isso pode ser referenciado devido à mudanças consideráveis no uso e cobertura do solo, principalmente nas classes de áreas agrícolas. Dessa forma, com o desenvolvimento das atividades agrícolas, o solo fica exposto e aumento a sua suscetibilidade à erosão. Os autores destacam que, a área necessita da implantação de técnicas de manejo e conservação do solo.

De acordo com Figueirôa e Salvio (2020) após um trabalho realizado com a temática de fragilidade ambiental da Área de Proteção Ambiental (APA) do Alto Rio Doce/MG através dos aspectos metodológicos de Ross (1994), identificaram que poucas áreas contêm vegetação, é evidenciado devido a própria ação antrópica. Entretanto, mencionam que faz-se necessário a elaboração de um plano de manejo, no intuito de propor alternativas que assegurem a proteção da área.



Almeida *et al.* (2020) realizaram o estudo em uma região com ambiente do tipo estuarino, e que devido a alta salinidade advinda do mar, têm contribuído para a diversificação de paisagens, e, assim, contribuindo com o surgimento dos distintos níveis de fragilidade ambiental. As queimadas, desmatamentos e demais intervenções antrópicas, tem contribuído para o agravamento dos níveis de fragilidade.

Dessa maneira, foi constatado através da revisão de literatura que as pesquisas que versam sobre fragilidade ambiental, apresentam variadas medidas mitigadoras com destinação às ações de planejamento ambiental, ordenamento territorial e auxílio à tomada de decisão, a saber:

Subsídios teóricos/práticos para a construção de um Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE);

Elaboração de plano de manejo;

Propostas de planejamento ambiental.

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI)

### Referências

ALMEIDA, J.L.; SILVA, V.A.R.; DOS SANTOS, J.S.; SANTOS, J.R.N.; DE ARAÚJO, M.L.S.; PYLES, M.V.; SILVA, F.B. O cenário de fragilidade ambiental do baixo curso do rio Mearim. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.1, p. 102-120, 2020.

CARVALHO, A.P.P.; GUERRERO, J.V.R.; SILVA, E.V.E.; PINTO, M.J.R. VAZ, R.M.G.F.C.; PEREIRA, C.T.; LORANDI, R. LOLLO, J.A.; MOSCHINI, L.E. Fragilidade Ambiental à Erosão em uma Bacia Hidrográfica Antropizada no Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 07-18, 2020.

CASTRO, R.A. Fragilidade ambiental na bacia do Córrego Água Branca, Oeste Maranhense. **Revista InterEspaço**, v.2, n.6, p. 221-234, 2016.

FERREIRA, P.S.; SILVA, C.A. O método AHP e a Álgebra de Mapas para determinar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Brilhante (Mato Grosso do Sul / Brasil), proposições para a gestão do território. **Confins: revue franco-brésilienne de géographie**, v. 46, 2020.

FIGUEIRÔA, C.F.B.; SALVIO, G.M.M. Análise da fragilidade da Área de Proteção Ambiental Alto Rio Doce, MG, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1008-1018, 2020.

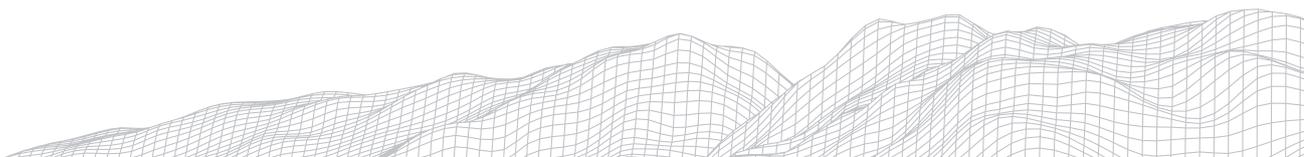
FITZ, P.R. análise da fragilidade ambiental do litoral Médio do Rio Grande do Sul a partir da sua configuração geológica e geomorfológica com o uso de geotecnologias. **Revista Entre-Lugar**, v.7, n.14, p. 36-53, 2016.

LOUZEIRO, A.S.; CAMARA, M.R.; ROSA, E.M.; CESTARO, L.A. Dinâmica geoambiental das Planícies Fluviais e Lacustres de Rio do Fogo/RN (Brasil). **Revista de Geociências do Nordeste**, v.2, n.3, p. 821-831, 2016.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**, v.22, n.63, p.1-16, 2008.

TURNER, B.L.; MEYER, W.B.; SKOLE, D. Global land-use/land-cover change: towards na integrated study. **Ambio**, Londres, v.23, n.1, p.91-95, 1994.

VEIGA, D.P.B.; GUANDIQUE, M.E.G.; NARDOCCI, A.C. Land use and water quality in watersheds in the State of São Paulo, based on GIS and SWAT data. **Revista Ambiente e Água**, v. 14, n. 5, p. 2325, 2019.



# ANÁLISE DOS IMPACTOS DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DRACENA EM RESERVA DO CABAÇAL/ MATO GROSSO-BRASIL

571

## *Otoniel Nascimento de Souza*

*Acadêmico do Programa de Pós-Graduação da em Geografia da  
Universidade do Estado de Mato Grosso*

*Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO, Cidade  
Universitária (Casa Amarela), Av. Santos Dumont, s/n, Cáceres/  
MT – Brasil, CEP: 78200-000*

*E-mail: otoniel.souza@unemat.br*

## *Angela Tereza da Silva*

*Acadêmica do Programa de Pós-Graduação da em Geografia da  
Universidade do Estado de Mato Grosso*

*Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO, Cidade  
Universitária (Casa Amarela), Av. Santos Dumont, s/n, Cáceres/  
MT – Brasil. CEP: 78200-000*

*E-mail: angela.tereza@unemat.br*

## *Wevertõn de Oliveira*

*Acadêmico do Programa de Pós-Graduação da em Geografia da  
Universidade do Estado de Mato Grosso*

*Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO, Cidade  
Universitária (Casa Amarela), Av. Santos Dumont, s/n, Cáceres/*

MT – Brasil, CEP: 78200-000

E-mail: weverton.o@unemat.br

*Gustavo Roberto dos Santos Leandro*

Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado de Mato Grosso

Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO, Cidade Universitária (Casa Amarela), Av. Santos Dumont, s/n, Cáceres/

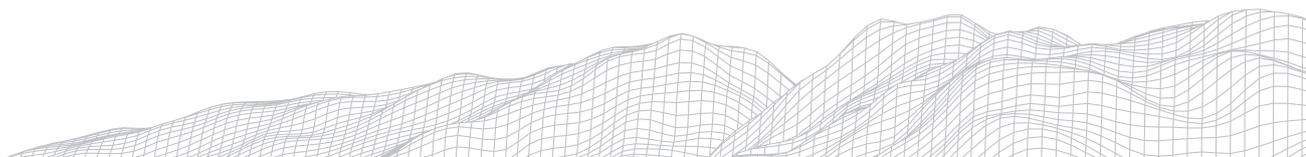
MT – Brasil, CEP: 78200-000

E-mail: gustavo.leandro@unemat.br

### Resumo

Esta pesquisa propôs fazer uma discussão em relação aos impactos ambientais em sub-bacias hidrográficas. Sabe-se que, no contexto de Mato Grosso, o uso e ocupação da terra se efetivou em decorrência do processo de modernização do campo, mas em detrimento às atividades econômicas primárias e dos modos de vida influenciando então em **questões** ambientais com impactos diretos à ecossistemas locais, principalmente nos recursos hídricos. A metodologia de aplicação para esse estudo foi de cunho bibliográfico, técnicas de interpretação de SIG, correlacionando-as com método VERAH (Vegetação, Erosão, Resíduos sólidos, e Hidrografia). Como resultados evidenciou-se a redução de vegetação, intensificação de processos de erosivos e assoreamento, bem como o avanço de habitações sobre as **Áreas de Preservação Permanente - APPs** da sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena em Reserva do Cabaçal, estado de Mato Grosso. Tais indicadores também podem, e devem ser analisados em outras regiões, sobretudo ao considerar os impactos ambientais recorrentes nas cidades, e que, se propagam para outras áreas (zona rural ou destinadas a preservação e conservação ambiental).

**Palavras chaves:** Uso e Ocupação do Terra; Impactos Ambientais; Recursos Hídricos.



## 1. Introdução

No contexto global, o uso e ocupação da terra decorre da modernização do campo em detrimento das atividades econômicas primárias e também pelas atividades estabelecidas nas cidades, influenciando diretamente assim na questão ambiental, afetando os ecossistemas locais e os padrões de vidas estabelecidos nas cidades e seu entorno, gerando, de certo modo, impactos ambientais que degradam sistemas ambientais com o comprometimento de recursos essenciais como solo e água.

Os impactos ambientais são reconhecidos como negativos, quando esses causam diversos danos no meio natural, como o desequilíbrio dos ecossistemas locais afetando diretamente a flora e a fauna, por exemplo. De acordo com Almeida et al. (2010) os impactos ambientais são em decorrência das ações antrópicas e que os mesmos podem causar um desequilíbrio em um sistema, e como consequência provocando perturbações que desestabilizam o meio ambiente. Dessa forma, compreendem-se um outro aspecto dos impactos ambientais, ou seja, toda alteração ambiental por interferência humana de forma inadequada e desordenada.

Nesse contexto, realizar uma análise dos impactos ambientais em sub-bacias hidrográficas é extremamente importante e fundamental, pois permite ao pesquisador fazer um levantamento de informações, para assim construir os cenários da realidade estudada, e através disso propor aos órgãos competentes medidas mitigadoras para contenção dos problemas pré-existentes. Isso porque, os impactos ambientais podem ser “[...] compreendido como alteração perceptível no meio, que comprometa o equilíbrio dos sistemas naturais ou antropizados, podendo decorrer tanto das ações humanas (degradação ambiental) como de fenômenos naturais (desastres naturais)” (SANTOS, 2004, p. 110).

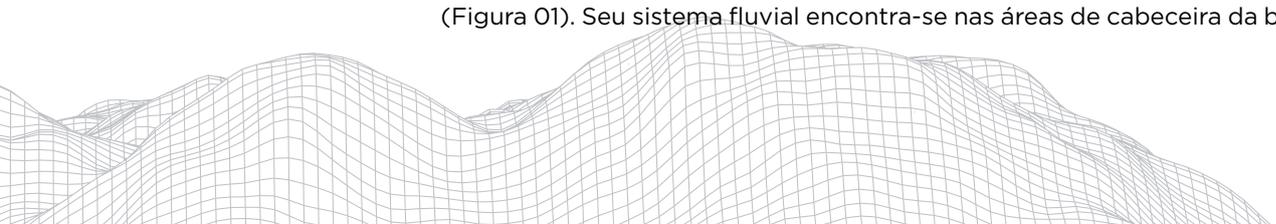
Segundo Nascimento e Fernandes (2017) há vários tipos de impactos ambientais, isto é, sobre os recursos terrestres, e que acabam culminando na escassez hídrica. Na atualidade, o uso e manejo dos recursos naturais do córrego Dracena no município de Reserva do Cabaçal, Mato Grosso, região Centro Oeste do Brasil, pertencente a Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai (BAP), precisam ser estudadas e interpretadas com a maior prioridade possível, devido ao aumento gradual de seu uso e por se tratar de uma área de bordas de chapadas e de alto risco, bem como sua importância econômica para a região sudoeste de Mato Grosso (RIBEIRO, TOCANTINS E LIMA, 2019).

Portanto, a adoção de medidas mitigadoras, são compensatórias e de controle ambiental em relação aos impactos ambientais adversos, isso quando são coerentes com a realidade das atividades que são desenvolvidas na área de influência, e assim, quando eficientes essas medidas podem causar efeitos benéficos maximizando os problemas de forma significativa (PEREIRA, 2018). Dessa forma, o presente trabalho objetivou analisar o uso e ocupação atual da sub-bacia do córrego Dracena, com enfoque também nos elementos do método VERAH, fazendo assim um levantamento sobre a situação da área de estudo, para então fazer possíveis apontamentos em relação às questões relacionadas ao sistema fluvial e recursos hídricos.

## 2. Metodologia

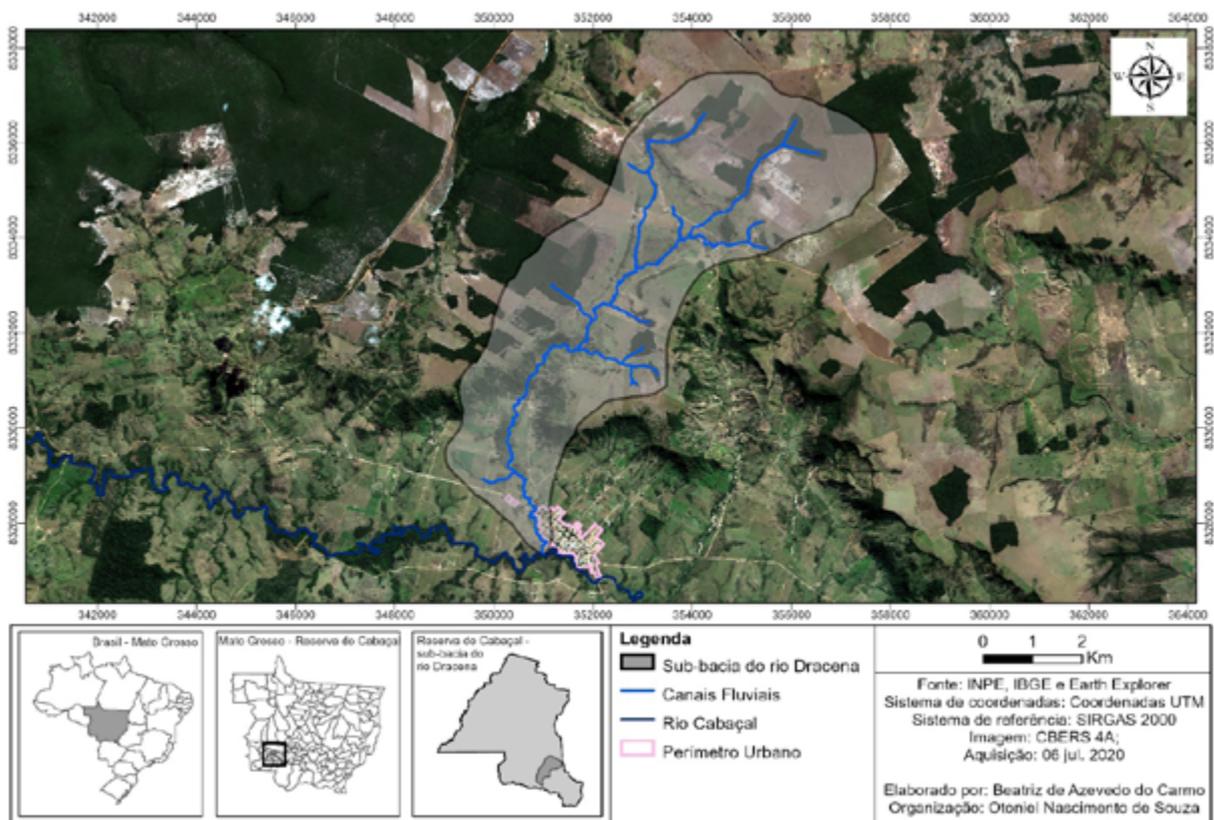
### 2.1. Localização da área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena, localiza-se no município de Reserva do Cabaçal, Mato Grosso e pertence à bacia hidrográfica do rio Cabaçal (Figura 01). Seu sistema fluvial encontra-se nas áreas de cabeceira da bacia hidro-



gráfica do Alto Paraguai – BAP, sendo formado por canais de primeira a terceira ordem (AVELINO, 2006). Com relação a sua área, possui aproximadamente de 4.524,68 hectares, e altitude variando entre 428 e 288 m (CURVO, 2008). Por sua vez, o canal principal possui uma extensão aproximadamente de 4,40 km.

O município de Reserva do Cabaçal, têm como capital regional Cáceres – Mato Grosso, um dos principais centros polarizadores do estado (FERREIRA, 2014). Destaca-se que sua economia tem como base a pecuária de leite e corte e turismo com destaque para belas cachoeiras, rios com corredeiras e poços profundos de águas transparentes (IBGE, 2020). Nesse cenário, encontra-se o perímetro urbano do município entre o baixo curso da sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena e, sua confluência com o rio Cabaçal.



**FIGURA 1:** Mapa de localização geográfica da área de estudo.  
**Fonte:** os Autores (2021).

## 2.2 Procedimentos metodológicos

A pesquisa científica é a atividade nuclear da ciência, ela possibilita uma aproximação e um entendimento da realidade a ser investigada (GERHARDT e SILVEIRA, 2009). Desse modo, a pesquisa científica é realizada por etapas, de forma sistematizadas, proporcionando ao pesquisador um melhor desempenho antes, durante e após o desenvolvimento da mesma. Então para a realização deste trabalho foi desenvolvido algumas etapas que serão descritas logo a seguir.

**Primeira Etapa** – Nesta etapa foi realizado o estudo de gabinete a partir da leitura e fichamento de livros, artigos, teses e dissertações disponibilizados em sites, como: Portal *Scielo* e BDTD (Banco de Teses e Dissertações Brasileiras) compondo assim o arcabouço teórico-conceitual e metodológico para o desenvolvimento do presente estudo. Ou seja, a pesquisa bibliográfica foi a principal etapa do trabalho de gabinete. Prodanov e Freitas (2013) elucidam que a pesquisa

bibliográfica é o primeiro passo para a realização da pesquisa científica e ela é um procedimento básico para o estudo de trabalhos que busquem pelo domínio do estado da arte, diga-se assim, sobre determinado tema.

**Segunda Etapa** - Realizou-se interpretação de materiais e bases cartográficas (dados primários e secundários) para a organização dos mapas temáticos de localização e uso e ocupação da terra na sub-bacia do córrego Dracena. Para tanto, dados secundários foram coletados junto ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial - INPE; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; Earth Explorer e Satélite CBERS- 4<sup>a</sup> para a confecção do mapa de uso e ocupação da terra referente ao ano de 2020.

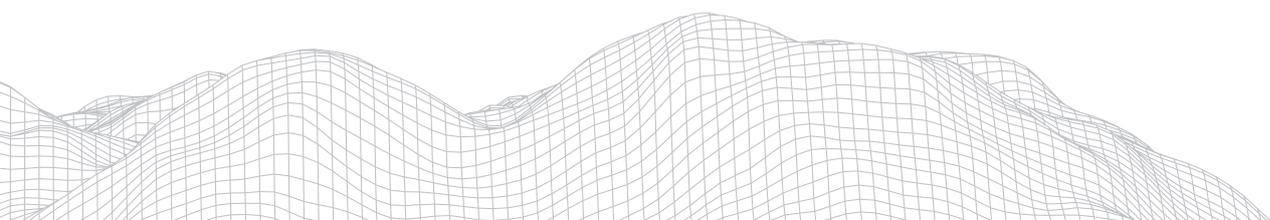
**Terceira Etapa** - Foi utilizados mapas qualitativos e quantitativos, entre outras representações, para correlacionar os elementos do método VERAH. Para Vita et al. (2017), os mapas qualitativos e quantitativos buscam representar fenômenos que ocorreram e, fazem parte da cartografia temática. Logo, são as representações que trazem intrinsecamente sua localização geográfica e conseqüentemente a posição de cada elemento, isto é, com a finalidade que foi determinada. Sobre o Método VERAH, este possibilita por sua vez a realização de diagnóstico ambiental ao analisar aspectos quanto à vegetação, erosão, resíduos, água e habitação, com o propósito de detectar os problemas ambientais gerados pelo uso e ocupação da terra (OLIVEIRA, 2008).

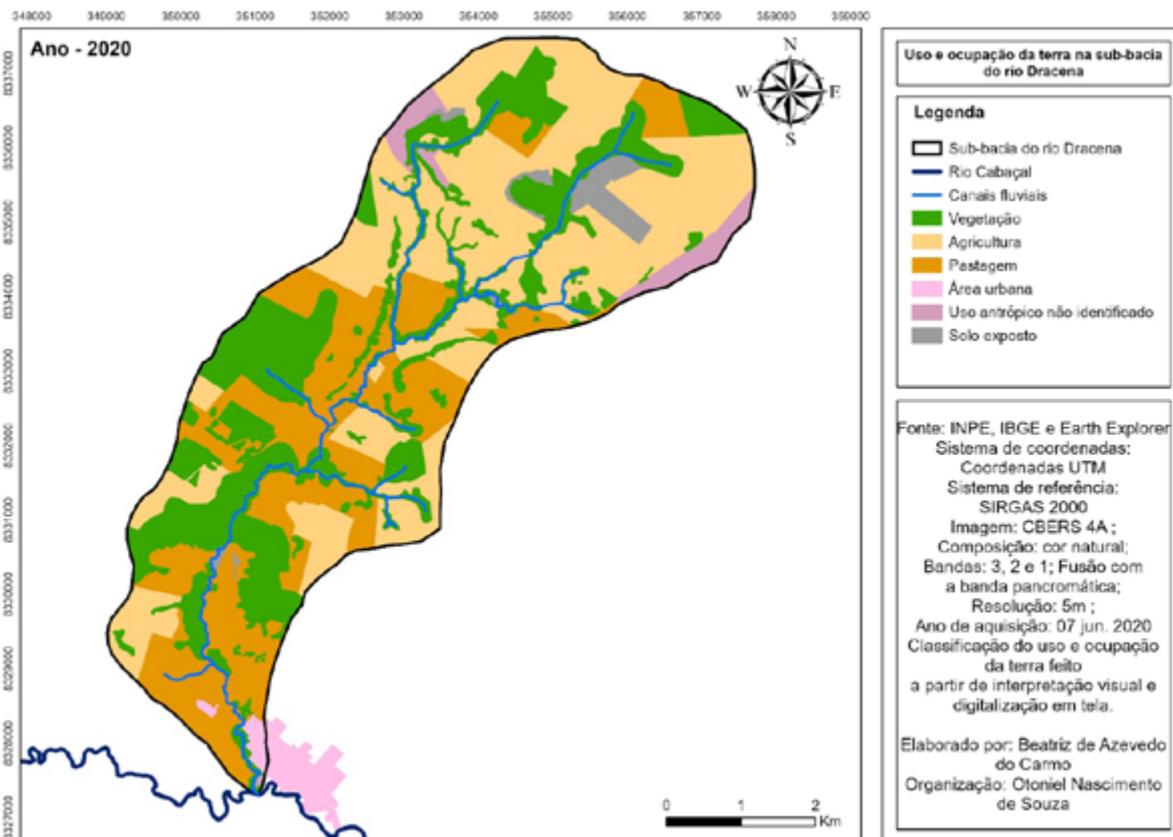
**Quarta Etapa** - Nessa etapa buscou-se por evidências sobre cada elemento do método VERAH, então optou-se pela busca materiais como fotografias, reportagens - impressas e online, bem como consulta a trabalhos e estudos já realizados na sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena, e também, se acrescenta que outras imagens foram obtidas junto ao Software Google Earth, logo após isto, realizou-se foto interpretação das mesmas para então ser incorporados informações em discussão para a redação científica.

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1 Atual situação do uso e ocupação na sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena em Reserva do Cabaçal - Mato Grosso

Foram identificados inicialmente na área de estudo, 06 (seis) classes de uso e ocupação do solo, sendo elas: vegetação, agricultura, pastagens, área urbana, solos expostos e uso antrópico não identificado (Figura 02). É importante enfatizar que o uso e ocupação da terra em sub-bacias hidrográficas com características periurbana e rural tem uma grande concentração de atividades primárias e que essas são responsáveis pela redução das áreas vegetais. No caso da sub-bacia hidrográfica do **córrego Dracena isso é notório onde a vegetação encontra-se mais reduzida, tanto a Florestas Estacional Submontanada, quanto as Florestas de Ripárias, que são conhecidas também como Florestas de galeria, ou propriamente dito Matas Ciliares.**





**FIGURA 2:** Mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena, Reserva do Cabaçal, estado de Mato Grosso.  
 Fonte: os autores (2021).

O uso e ocupação das atividades primárias na sub-bacia hidrográfica do **córrego Dracena tem forte relação com a produção do capital, e conforme aponta** Ribeiro, Tocantins e Lima (2019) o avanço das fronteiras agrícolas mato-grossenses são um exemplo disto onde a vegetação nativa vem sendo substituída por monoculturas, pastagens, hidrelétricas, tornando-se assim fatores que colaboram com os impactos ambientais e sociais, isto é, em decorrência do desenvolvimento econômico.

Em consonância disso, conforme aponta Ribeiro, Tocantins e Lima (2019) as atividades primárias desenvolvidas na sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena são a pecuária, com a ocorrência de pastagem, e também por agricultura composta por monoculturas, tais como: mandioca, milho, arroz e entre outros, e acrescenta os autores que o cenário atual se constitui em uma criticidade devido aos focos erosivos, e também pelo volume de sedimentos que se deslocam em direção ao rio Cabaçal.

Com finalidade de aprofundar mais a discussão do uso e ocupação da terra, a seguir apresenta-se os dados quantificados para a cobertura vegetal e atividades primárias (agricultura e pecuária). Observe que há também áreas de uso antrópico não identificado, área urbana e solo exposto, tais classes de uso por menores que sejam, também contribuem para com os impactos ambientais recorrentes na sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena, e que são transferidos para o rio Cabaçal, um dos principais afluentes da Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai - BAP (Tabela 1).

**TABELA 1**

Valores absolutos e percentuais do uso e ocupação da terra na sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena para o ano de 2020.

<b>Classificação</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>Porcentagem</b>
<b>Vegetação</b>	9,5	27,60
<b>Área urbana</b>	0,09	0,50
<b>Agricultura</b>	13,53	39,40
<b>Pastagem</b>	9,54	27,70
<b>Uso antrópico não identificado</b>	0,88	2,50
<b>Solo exposto</b>	0,8	2,30

**Fonte:** os autores (2021).

As diversas atividades relacionadas aos usos e ocupação da terra na sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena são fatores condicionantes para a causa dos impactos ambientais que se agravam a cada ano. Uma vez que há vários locais ao longo de seu sistema fluvial que apresentam processos erosivos acentuados. Deste modo, Ribeiro, Tocantins e Lima (2019) elucidam que atividades como manutenção de estradas, caminhos de serviços e trilhas de gado são as principais causas dos processos erosivos e se agravam com a concentração das águas das chuvas. Além disso, “Os principais locais críticos com alto risco para o desenvolvimento das erosões na bacia são: cabeceiras de drenagem, ruptura de declives e fundos de vales” (CURVO, 2008, p. 98).

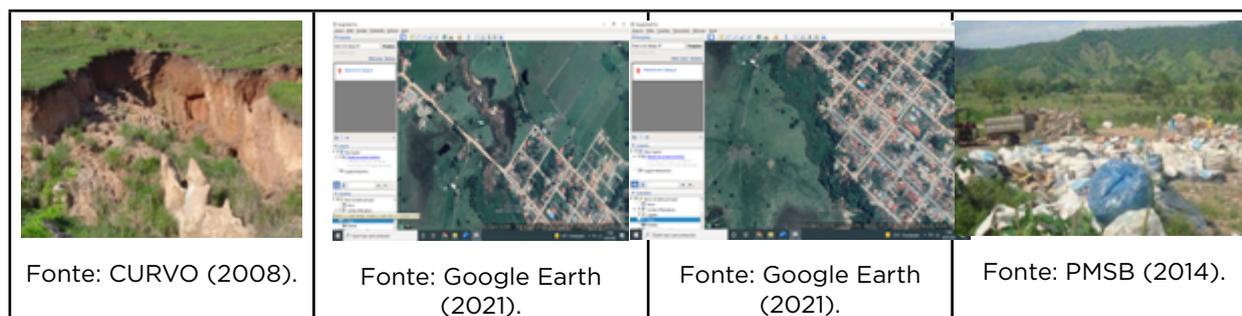
### 3.2 Processos geomorfológicos e sua relação com a supressão da cobertura vegetal

De acordo com Curvo (2008), o município vem sofrendo perda de vegetação desde a década de 1970 devido a implantação de monoculturas e agropecuária de pequenas e grandes propriedades. Pode-se verificar que a diminuição da cobertura nativa põe em risco os canais fluviais pois, há a predominância de pastagens ao longo de todos os canais fluviais da sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena o que, evidentemente, causa pressão sobre as Áreas de Preservação Permanente.

Dessa forma, a partir das classes de usos e ocupação da terra, identificadas para o córrego Dracena, foi possível correlacionar os dados obtidos, com os elementos do método VERAH (Vegetação, Erosão, Resíduos sólidos, Água e Habitação). Dessa forma, o Quadro 1 apresenta os cenários atuais existentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego Dracena.

### QUADRO 1

Identificação dos elementos do método VERAH em Reserva do Cabaçal, Mato Grosso.



Fonte: CURVO (2008).

Fonte: Google Earth (2021).

Fonte: Google Earth (2021).

Fonte: PMSB (2014).

Processos geomorfológicos intensificados - <b>Erosão.</b>	Aumento no aporte de sedimentos - <b>Assoreamento.</b>	Expansão urbana no baixo curso do córrego Dracena com a construção de residências nos limites de sua planície de inundação - <b>Habitação.</b>	Lixão de Reserva do Cabaçal - <b>Resíduos Sólidos.</b>
---	--	--	--

**Fonte:** os autores (2021).

Portanto, percebe-se que a vegetação nativa é um dos elementos ambientais reduzidos na área que corresponde a sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena, isso devido, ao avanço do setor agropecuário. Por outro lado, Pena (2008) nos esclarece seu papel fundamental de proteção e conservação. No caso das margens dos rios, são responsáveis pelo barramento de partículas que são levadas pelas águas pluviométricas no decorrer do escoamento. Dessa forma, sua falta ou a degradação das matas ciliares podem ser tornar um agravante para o aumento do processo de assoreamento (PENA, 2018).

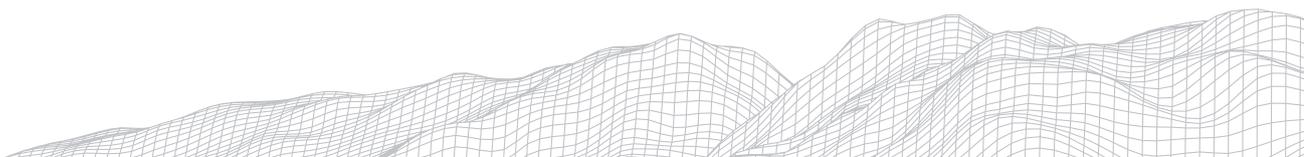
No caso do córrego Dracena a intensificação dos processos erosivos, em sua sub-bacia hidrográfica, tem relação direta com a retirada de vegetação, além disso há o pisoteio do gado, fator que, conseqüentemente, contribui para a evolução das feições erosivas também ao longo dos canais fluviais. Ribeiro, Tocantins e Lima (2019) descrevem que há uma intensificação de ocorrências erosivas e que as ações preventivas com relação a situação somente serão possíveis com o disciplinamento e ao manejo do solo. Acrescenta ainda os autores o seguinte.

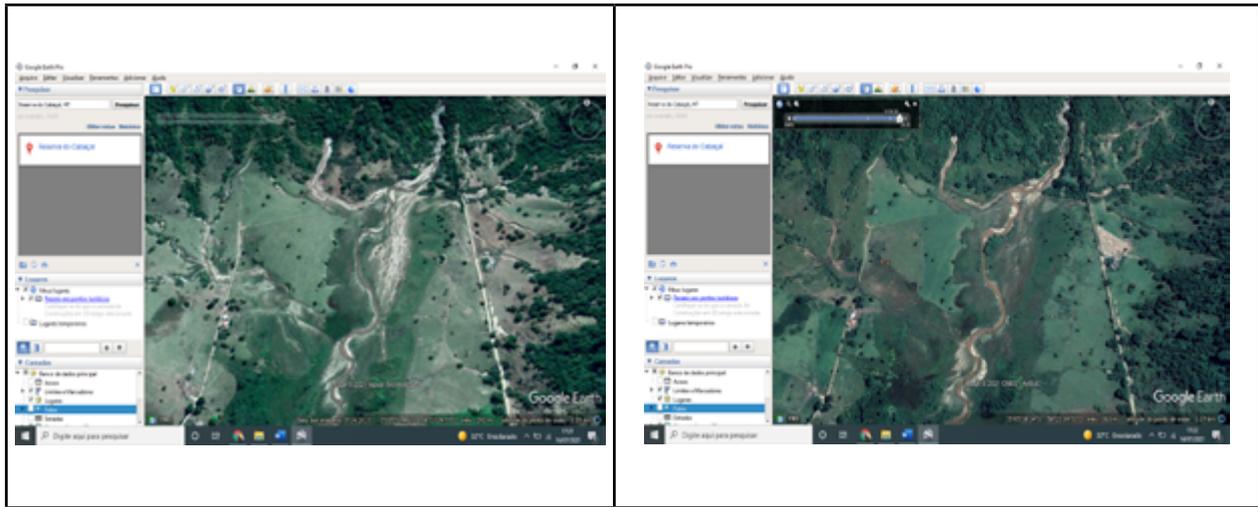
*A evolução dos processos erosivos condicionadas pelas obras e manutenção de estradas, caminhos de serviços e trilhas de gado demonstraram ser as principais causas do desenvolvimento de processos erosivos pois permitem o escoamento direto concentrado das águas de chuvas carregadas pelas vertentes (RIBEIRO, TOCANTINS E LIMA, 2019, p. 110).*

Além disso, os processos erosivos são influenciados por outros fatores, tais como, declividade do relevo, composição dos solos (arenosos) que ficam temporariamente ou permanentemente desprotegidos devido a retirada da vegetação nativa e ciclo das culturas (agricultura). No que corresponde a declividade do relevo verifica-se superfícies rampeadas desde alto curso até o baixo curso do córrego Dracena, onde é possível presenciar feições erosivas, como, ravinamento e boçorocas (SALOMÃO et al., 2016).

Nota-se que, o córrego Dracena é um dos afluentes do rio Cabaçal, que é o principal rio do município de Reserva do Cabaçal. Nesse contexto, segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB (2014) do município, a maioria dos afluentes do rio Cabaçal, está em processo de assoreamento, devido ao uso inadequado da terra. Com base em imagens de satélite e dados georreferenciados é possível identificar os processos de assoreamento em várias partes do curso d'água.

Na figura 3, observa-se que há evidências do processo de assoreamento do córrego Dracena, também corroborado pelo trabalho de Curvo (2008), veja que a água encontra-se em sua totalidade com pouco volume, aparentemente onde, se sobressaem a deposição dos sedimentos arenosos provenientes de solos que possivelmente foram erodidos pela falta de cobertura vegetal, além disso percebe-se mais ao fundo a presença de pastagens e também pouco adensamento vegetal.





**FIGURA 3:** Paisagem e mudanças morfológicas em um trecho do córrego Dracena para os anos de 2017 e 2020, respectivamente.

**Fonte:** Google Earth (2021).

O assoreamento tem se intensificado na sub-bacia hidrográfica devido boa parte do córrego não conter áreas de vegetação onde se considera o limite de abrangência das Áreas de Preservação Permanente. Enfatiza-se novamente a questão da vegetação na dinâmica dos corpos hídricos. E no caso das matas ciliares pode se dizer que as mesmas funcionam como sistemas florestais naturais dispostos em forma de faixas sobre os rios, e atuam como instrumento redutor de assoreamento e de degradação ambiental no que condiz a diversidade ambiental (OLIVEIRA et al., 2010).

Tal situação da sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena também colabora para o cenário e alterações ambientais da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, conforme mencionado pois, a mesma funciona como um subsistema de recarga tanto de água quanto de sedimentos por se tratar de um canal de baixa ordem em área de nascentes. Neste sentido, no trabalho de Avelino (2006) é possível identificar que o rio Cabaçal encontra em processo de assoreamento, bem como seus afluentes, exemplo disto, é o córrego das Pedras em Mirassol do Oeste, córrego do Pito em Lambari D'Oeste, rio dos Bugres na Vila Santa fé. Apresentando características semelhantes com a sub-bacia hidrográficado córrego Dracena, ou seja, há impactos ambientais em toda a bacia do rio Cabaçal, e seus efeitos já são detectados no principal rio do sistema, o rio Paraguai em Cáceres, no estado de Mato Grosso.

### *3.3 Impactos ambientais da expansão urbana em Reserva do Cabaçal - Mato Grosso: Habitação e Resíduos Sólidos*

A área urbanizada, que corresponde ao perímetro urbano de Reserva do Cabaçal, encontra-se entre o baixo curso do córrego Dracena e a margem esquerda do rio Cabaçal. Nesse caso, aproximadamente 1,25 km de canal fluvial faz limite com áreas residenciais, à margem esquerda (sobre a planície de inundação). Desse modo, o avanço da urbanização de forma desordenada causa degradação progressiva de importantes áreas de mananciais, devido à implantação de loteamentos irregulares e ocupações incompatíveis com o meio natural (NEVES, RODRIGUES, PINHEIRO, 2011).

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico, no município de Reserva do Cabaçal, os resíduos sólidos coletados na cidade são destinados a um lixão, aproximadamente 700 metros do centro da cidade, e ainda os serviços

prestados para essa finalidade são realizados pela Secretaria de Meio Ambiente vinculada à Prefeitura municipal. Desse modo, os resíduos são depositados diretamente no solo, isto **é, sem** tratamento, no local também são dispostos animais mortos, assim também como os resíduos produzidos na feira do agricultor da cidade (PMSB, 2014).

Sabe-se por meio do trabalho de Araújo (2014), que 87% da população do município de Reserva do Cabaçal é atendida, porém no córrego Dracena não foi possível de ser identificadas as presenças de resíduos sólidos, devido a não realização de campo e inviabilidade do atual momento pandêmico da Covid-19. Mas, acredita-se que pode haver algum impacto relacionado ao tocante assunto, pois foi verificado pelo Google Earth que a área do lixão fica bem próximo de outro córrego, não identificado o nome, que desagua no próprio rio Cabaçal.

#### 4. Considerações finais

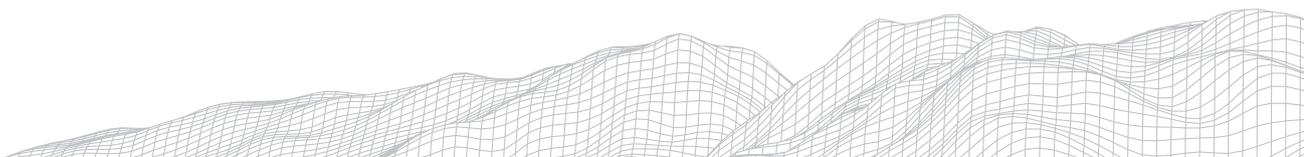
O presente trabalho trouxe respostas aos questionamentos iniciais da pesquisa a partir dos levantamentos bibliográficos e análise do uso e ocupação da terra na sub-bacia hidrográfica do córrego Dracena no município de Reserva do Cabaçal, estado de Mato Grosso. Através do mapeamento identificaram-se fatores importantes como, por exemplo, que a cobertura vegetal está em vulnerabilidade ao considerarmos sua área de ocorrência e os ambientes do sistema fluvial. Isso porque, as mata ciliares desempenham funções essenciais para a proteção do solo e das águas através da contenção de erosões, e assoreamento dos canais fluviais.

Através das literaturas consultadas, e do levantamento de dados constatou-se que o município de Reserva do Cabaçal possui um amplo histórico de problemas ambientais, sobretudo a questão dos processos erosivos e assoreamento do próprio rio Cabaçal e de seus afluentes. Dessa forma, sugere-se que se faça um levantamento ambiental da atual situação no município considerando os aspectos geomorfológicos e o uso de técnicas combinadas em campo, gabinete e laboratório. A partir da construção de um banco de dados, elaborar um plano de desenvolvimento e planejamento ambiental eficiente com a finalidade de mitigar a degradação ambiental não somente da sub-bacia do córrego Dracena, mas também de outros afluentes que compõem a bacia hidrográfica do rio Cabaçal, Alto Paraguai - Mato Grosso.

Desse modo, mesmo que o método VERAH utilizado nesta pesquisa tenha enfoque para estudos em áreas urbanas, o mesmo se mostrou eficiente uma vez que foi possível identificar aspectos ambientais no contexto integrado que a bacia hidrográfica representa. Dessa forma, é importante salientar que tal método também pode ser aplicado em bacias ou sub-bacias hidrográficas predominantemente com usos rurais, onde se instalam vilarejos assim buscando compreender a relação dos habitantes com meio ambiente, sobretudo a dinâmica dos canais fluviais, logo com o uso dos recursos hídricos.

#### Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT pela oportunidade de discussões teórico-conceituais e metodológicas a partir de estudos sobre análises dos componentes ambientais, da configuração de paisagens e a sua interação na organização espacial. Bem como pela execução de uma análise ambiental aplicada a bacia de drenagem, canais fluviais e sistema rio-planície fluvial com diferentes níveis de urbanização através do desenvolvimento do presente trabalho durante a disciplina de Tópicos Especiais em Análise Ambiental no ano de 2021/1.



## Referências

ALMEIDA, J. W. L.; SANTOS, I. S.; VELOSO, G. A.; LEITE, M. E. Geotecnologias aplicadas ao uso do solo: Estudo de Caso da bacia do Vieira no município de Montes Claros-MG. **Anais XVI Encontro Nacional de Geógrafos**. Porto Alegre, 2010.

ARAÚJO, M. B. **Diagnóstico Ambiental voltado a subsidiar ações de recuperação e conservação dos recursos hídricos. Região da Microbacia do Córrego do Meio, Reserva do Cabaçal, MT**. 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

AVELINO, P. H. M. **Análise Geo-ambiental Multitemporal para fins de Planejamento Ambiental: um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do rio Cabaçal, Mato Grosso - Brasil**. 2006. 286 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CURVO, G. A. G. **Caracterização física por meio da abordagem morfopedológica as Sub-bacia do Córrego Dracena na Bacia do Alto Paraguai - Município de Reserva do Cabaçal-MT**. 2008. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Cáceres, 2008.

FERREIRA, E. **Cáceres: capital regional no contexto de Mato Grosso**. 2014. 275 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2014.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil - UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica - Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. - Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 20 Jun, 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Reserva do Cabaçal**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/reserva-do-cabacal/historico>. Acesso em: 11 jun. 2020.

NASCIMENTO, T. V. do.; FERNANDES, L. L. Mapeamento do uso e ocupação de solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura, Santa Maria**, v. 39, n. 1, p. 170-178, 2017. Disponível em: . doi:10.5902/2179460X21737

NEVES, C. R. L. RODRIGUES, D. D. PINHEIRO, M. das N. M. As causas e consequências do impactos socioambiental no rio Caumé - Praia da Ponte, Curupira, Polar e Caçari. **XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina**. Universidad de Costa Rica. 2011. 12 p.

OLIVEIRA, J. B. **Recomposição da mata ciliar e reflorestamento no semiárido do Ceará**. Fortaleza 2010.

OLIVEIRA, A.M.S. **Diagnóstico ambiental de microbacia urbana**. Método VERAH. Apostilado Curso de Geografia. Universidade Guarulhos. Guarulhos: Laboratório de Geoprocessamento. Centro de Pesquisa e Pós-graduação. UnG. 2008. 16 p.

PENA, R. F. A. "Assoreamento de rios"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/assoreamento-rios.htm>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

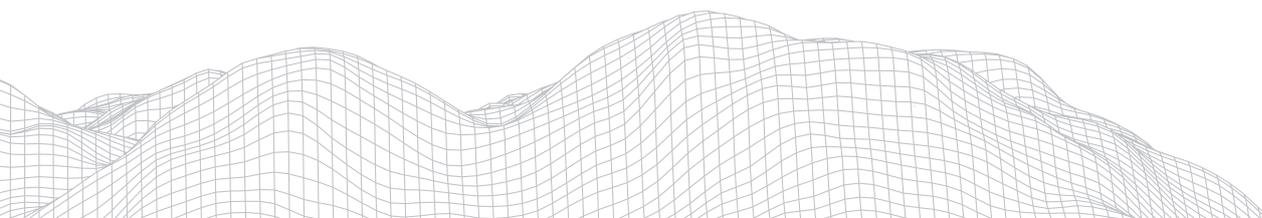
PEREIRA, J. C. **Avaliação de Impactos Ambientais nas águas da sub-bacia do Rio do Peixe-PB e seus efeitos na produção agroindustrial**. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Sistemas Agroindustriais), Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2018.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE RESERVA DO CABAÇAL - MT (PMSB). **Volume 1 - Produto A - Formação dos Grupos de Trabalho B - Plano de Mobilização Social**./Lambari D' Oeste - MT, 2014.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013. 274 p.

RIBEIRO, C. J.; TOCANTINS, N. LIMA, T. E Paisagens topológicas da microbacia do córrego Dracena, Reserva do Cabaçal MT. **Ciência Geográfica**, Bauru - SP, Ano XXIII - Vol. XXIII - (1): 2019. 100-111 p.

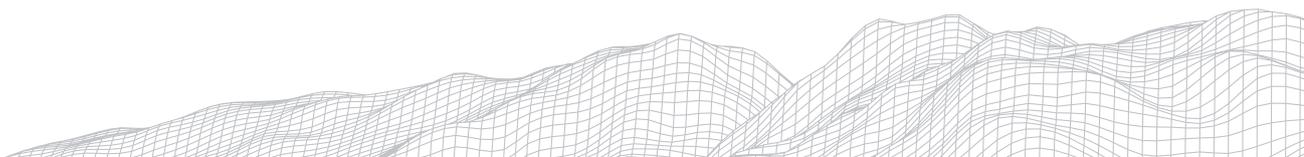
SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.



SALOMÃO, F. X. T.; VECCHIATO, A. B.; SOUZA, C. A.; MADRUGA, E. L.; FERREIRA, E.; RIBEIRO, J. C.; BARROS, L. T. L. P.; FIGUEIREDO, M.; TOCANTINS, N.; MIGLIORINI, R. B. **Relatório Técnico Científico de Projeto de Pesquisa**. FAPEMAT, 2016.

VIEIRA, V. T.; CUNHA, S. B. Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. *In*, GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Org.). **Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro)**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2011. Cap. 5, p. 189-248.

VITA, M.; BARATTO, P. F. B.; BRAZ, W. M.; PILAR, T. T.; LIMA, E. M.; SILVEIRA, L. N. As principais diferenças entre os tipos de mapeamentos: Qualitativos e quantitativos. **Anais do 9º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - SIEPE Universidade Federal do Pampa | Santana do Livramento**, 2017.



# ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA E SUA RELAÇÃO COM OS ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DO MUNICÍPIO DE MATA/RS

583

*Eric Moisés Beilfuss*

Universidade Federal de Santa Maria

Rua Tuiuti, 1831, Centro, Santa Maria-RS CEP: 97015-663

E-mail: ericmoisesb@outlook.com

*Carla Pizzuti Savian*

Universidade Federal de Santa Maria

Rua José Maurício, 450, Camobi, Santa Maria/RS. CEP: 97110-420

E-mail: carlapizzutisavian@hotmail.com

*Danielli Flores Dias*

Universidade Federal de Santa Maria

Rua Radialista Osvaldo Nobre, 670, JK, Santa Maria-RS, CEP:  
97035-000

E-mail: daniellidiaso8@gmail.com

*Anderson Augusto Volpato Scoti*

Universidade Federal de Santa Maria

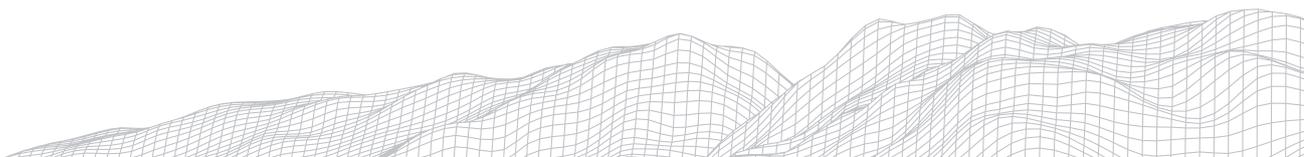
Rua José Barin, 1535, Caturrita, Santa Maria/RS. CEP: 97040-260

E-mail: ascoti2@gmail.com

### **Resumo**

O trabalho apresenta um mapeamento integrado realizado para o município de Mata, localizado na região centro-oeste do Rio Grande do Sul, Brasil. O mapeamento integrado demonstra alguns aspectos do ambiente físico em consonância com a forma de uso da terra e questões socioeconômicas do município de Mata. A proposta é de incorporação do estudo de aspectos socioeconômicos e geomorfológicos do município de mata, chegando a entender essa relação. Para tanto, foram realizadas análises de componentes da natureza, de forma integrada, através do levantamento de dados socioeconômicos, somados ao mapeamento do uso da terra e das unidades de relevo que com a realização de uma álgebra/união entre esses mapeamentos, foi realizada a construção de um mapa síntese, este identificando detalhadamente nove componentes geomórficos distintos na área de estudo. O trabalho permite compreender que são de extrema relevância os estudos integrados para que se possa ter uma melhor compreensão da relação sociedade e natureza.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. Uso da Terra. Análise Integrada. Mata.



## 1. Introdução

A Geomorfologia é citada por GUERRA (2018) como o estudo das formas de relevo, levando em conta os processos formadores, bem como os materiais envolvidos, sendo eles, o solo e as rochas. Seu conhecimento é fundamental, para que possa ser bem aplicada aos diferentes campos do conhecimento, com destaque a mitigação de catástrofes naturais e a utilização consciente dos recursos naturais.

Segundo Ross (2000), todas as atividades e construções humanas, estão atreladas às características de rugosidades da crosta terrestre, sendo essas características questões que determinam os padrões de uso e ocupação. Quando as ações humanas entram em desconformidade com as características terrestres, os efeitos podem ser catastróficos, gerando passivos ambientais e desastres naturais.

Seguindo essa ótica, Lafaiete e Bastos (2018), comentam que o meio físico é a base da fixação de uma população. Como também do desenvolvimento da atividade, que decorre dos valores econômicos e sociais que lhes são atribuídos e de acordo com suas características e com os processos que sobre elas atuam, proporcionam às pessoas os mais diversos tipos e níveis de benefícios ou riscos. A estabilidade se deve ainda mais ou menos à sua tendência evolutiva e às interferências que podem ser afetadas por outros fatores ambientais ou atividades humanas. O reconhecimento da importância do relevo pode ser derivado da atenção dada ao estudo de planos e projetos, que cada vez mais precisam explicar o impacto ambiental de sua implantação.

O objetivo deste trabalho é apresentar um mapeamento integrado de uma unidade territorial, demonstrando alguns aspectos do ambiente físico em consonância de aspectos do uso da terra. Com base no artigo de NASCIMENTO e SAMPAIO de 2005 é possível compreender que os estudos integrados só são eficazes quando realizados através da unificação das ciências da terra na busca por uma percepção integrada, a qual os autores chamam de holística. Nesse ínterim, esse escrito visa perceber e descrever como uma população se organiza com base nas condições geomorfológicas dispostas pelo meio natural.

Ademais, a pesquisa aplicada em Geomorfologia envolve-se diretamente com a coleta e análise de dados geomorfológicos, em função de objetivos para o uso do solo, inserindo-se nos procedimentos de planejamento, manejo e tomada de decisão acerca de potencialidades para a ocupação. Tais pesquisas são relevantes para a Ciência Geomorfológica uma vez que contribuem para ampliar o conhecimento e a compreensão dos fluxos interativos com os demais componentes do geossistema (ou sistema ambiental físico). Ademais, para Oliveira e Pacheco (2020), o monitoramento geográfico é um instrumento para o planejamento e a conservação, assim como, para compreensão dos padrões de organização do espaço, uma vez que suas tendências possam ser analisadas. Este monitoramento consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização de tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. Entende-se que “uma compreensão da distribuição espacial dos tipos de uso e cobertura da terra é fundamental para orientar o uso racional do espaço”, IBGE (2006). Em relação à expressão do uso do solo ou uso da terra, Rosa (2007) mencionou que de forma abrangente isso “pode ser entendido como a forma como o espaço é ocupado pelos homens”.

## 2. Área de Estudo

No que decorre do presente artigo, tem-se o município de Mata, localizado no centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul (figura 1) como foco de um estudo integrado, isto é, uma análise dos componentes da natureza de forma interdisciplinar, a partir de uma abordagem holística.



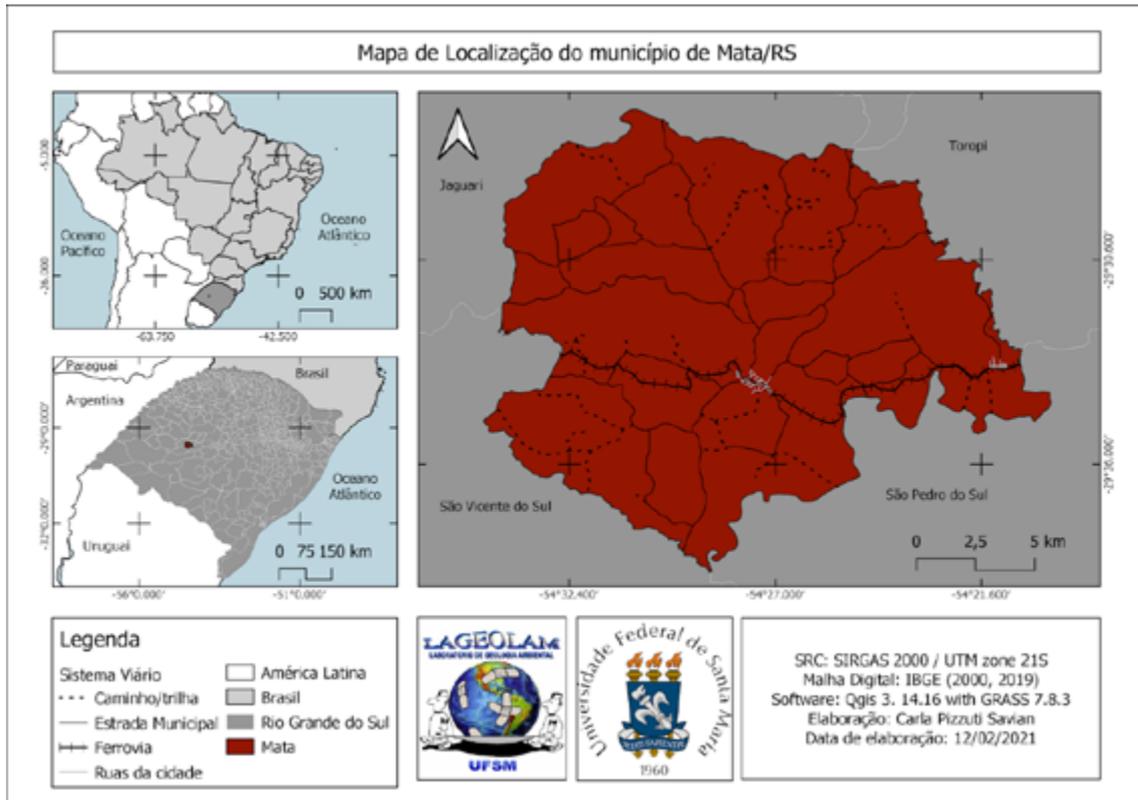


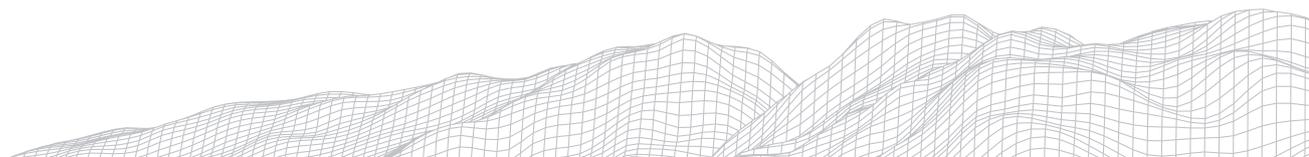
FIGURA 1: Localização da Área de Estudo.

O município analisado, possui um grande número de fósseis, tanto de vertebrados, lenhosos, e junto com a município vizinho de São Pedro do Sul constituem uma das maiores áreas de reservas desses fósseis no mundo, segundo a SIGEP (Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos).

MORAES (2009) compreende a estrutura organizacional do espaço rural do município de Mata, que reflete o desenvolvimento de diversas atividades relacionadas ao relevo e revela a diversidade da estrutura fundiária. Assim como no Rio Grande do Sul, as florestas são organizadas por meio de pequenas unidades produtivas, ao passo que, por outro lado, são divididas por instituições de médio e grande porte. Os pequenos empreendimentos rurais têm como base a agricultura familiar e o multiculturalismo e se desenvolvem principalmente nas áreas de planalto da zona norte do município. Estas foram ocupadas durante o processo de colonização européia, que se instalou em diversas áreas do estado, além das grandes e médias instituições agrícolas, que predominam a pecuária e as lavouras comerciais de arroz e soja, geralmente concentradas na área da Grande Depressão sul, oeste e sudeste do município.

### 3. Metodologia

O artigo aqui explanado realiza um estudo integrado, isto é, visa analisar os componentes da natureza “de forma integrada, por meio de suas interconexões” (NASCIMENTO, SAMPAIO, 2005, p. 176). A proposta é de incorporação do estudo de aspectos socioeconômicos e geomorfológicos do município de mata, chegando a entender essa relação (SOUZA, ARRUDA, 2019). Para tanto foram realizadas:



- Coleta e análise de dados socioeconômicos do município;
- Identificação das formas de uso e ocupação da terra no município;
- Classificação das formas de relevo;
- Álgebra de mapas, com a intenção de cruzar as informações obtidas.

Os dados socioeconômicos do município foram coletados através da plataforma do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) denominada Sistema de recuperação automática - SIDRA, organizados em excel e abrangeram um período de 44 anos (1974 - 2018).

Para a realização do mapeamento do Uso da Terra, foi realizada uma classificação supervisionada do uso do solo do município de Mata, pelo método de “mínima distância”, utilizando o *software* Qgis 3.14.16 *with* GRASS 7.8.3, através do plugin *semi-automatic Classification* (classificação semi-automática), com base em uma imagem de satélite Sentinel 2 L2A, datada de 21 de dezembro de 2020 e disponibilizada através da plataforma *Land Viewer*, do *Earth Observing System*. As classes encontradas foram: lavoura, campo e floresta. Além disso, tem-se a área urbana e a hidrografia, que foram inseridas como arquivos vetoriais (HASENACK e WEBER, 2010), para uma representação mais eficiente. Os procedimentos de validação e de aferição da acurácia da classificação, foram realizados a partir da obtenção da matriz de confusão e do coeficiente de Kappa, além dos trabalhos de campo desenvolvidos no município.

O mapa das formas de relevo, foi obtido através de uma avaliação morfométrica e morfológica dos domínios do município de Mata-RS, utilizando o *software* Qgis 3.14.16 *with* GRASS 7.8.3. Os dados das formas de relevo do município foram baseados no trabalho de Dias (2014). Portanto, a partir dos dados, foram classificadas cinco unidades de relevo presentes no município de Mata, sendo elas: Áreas Escarpadas do Rebordo, Áreas Planas, Colinas Levemente Onduladas de Altitude, Colinas Onduladas, Morros e Morrotes.

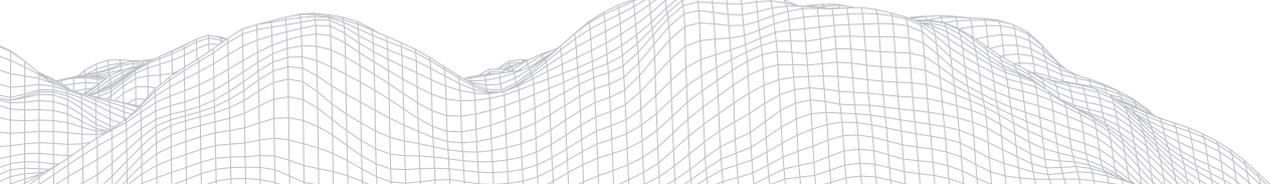
Por fim, o mapa síntese, isto é, a álgebra/união entre o mapa das unidades do relevo e do uso da terra, foi também realizado com a utilização do *software* Qgis 3.14.16 *with* GRASS 7.8.3. Primeiramente, realizou-se a correção da geometria das camadas contendo a classificação do Uso da Terra e do relevo, através da ferramenta “fixar geometria”. A seguir, procedeu-se com a ferramenta de união, resultando em 19 classes. Prosseguindo, essas 19 classes foram diminuídas, unindo escarpas com morros e colinas levemente onduladas com colinas onduladas, originando em 9 classes finais, esse procedimento foi necessário, para tornar o mapa final mais legível. Os critérios para a realização dessas uniões foram uma maior representatividade, a semelhança do relevo e uma melhor composição de *layout* para o mapa.

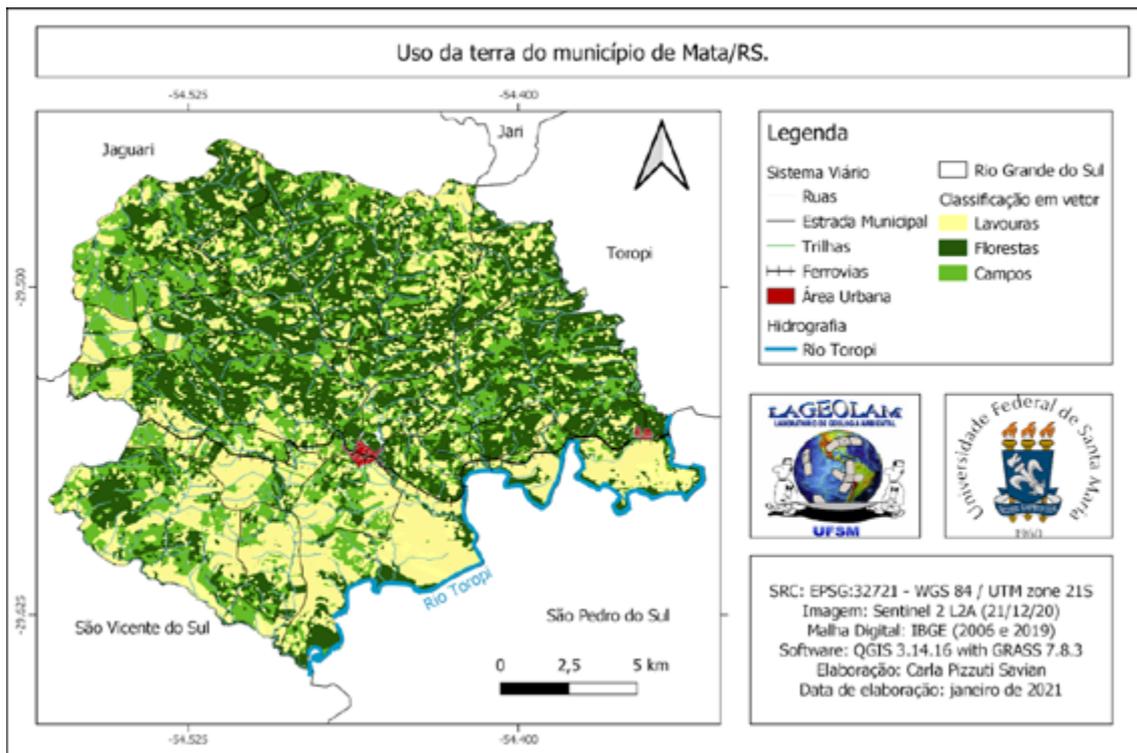
#### 4. Resultados

Os resultados foram sistematizados em mapas, gráficos e imagens, os dados a seguir descrevem as características do uso da terra e das principais formas de relevo do município.

##### 4.1 Uso da Terra

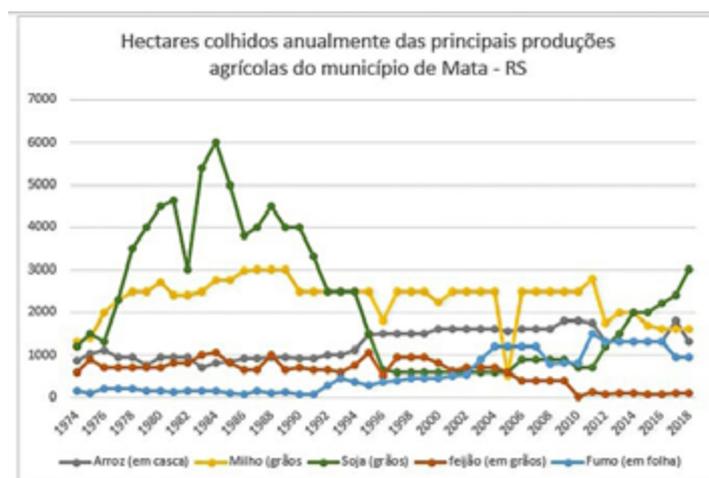
O mapa de classificação do uso do solo é uma representação, podendo haver pequenas variações. No caso do mapa aqui exposto (Figura 2), o município analisado que é Mata, no Rio Grande do Sul, ficou composto por 82,934 km<sup>2</sup> de lavouras, 98,287km<sup>2</sup> de campos e 129,695km<sup>2</sup> de florestas. Tendo inserido a hidrografia e a área urbana em shapefile.



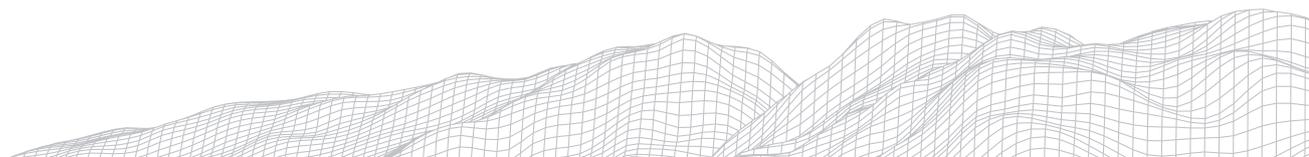


**FIGURA 2:** Mapa da Classificação do Uso da Terra

Quanto às lavouras, de acordo com o IBGE, através do SIDRA, as principais produções são de arroz, soja e milho, sendo as demais para subsistência (FIGURA 3). Vale destacar que a classe de lavouras dispostas no mapa engloba todas essas produções, tanto às destinadas à indústrias, como arroz e soja, quanto aos cultivos de subsistência, como de feijão e fumo. Ademais, na classificação foram unidas tanto as lavouras em desenvolvimento quanto as que se encontram em solo exposto ou preparação para plantio.



**FIGURA 2:** Hectares Colhidos Anualmente das Mapa das Principais Produções Agrícolas



No caso do campo, vale ressaltar que muitas áreas são áreas que anteriormente foram florestas, convertidas para campo. Logo, esse campo possui apenas eventuais relictos de campo do bioma Pampa.

A classe das florestas compreende toda a vegetação de grande porte, como também as matas ciliares que rodeiam as drenagens e áreas de reflorestamento. Ademais, abrange pequenas áreas de silvicultura. É possível perceber que as áreas que circundam as margens dos arroios e rios são protegidas pela legislação, enquadradas nas APP's (Áreas de Preservação Permanente). Entretanto, pode-se perceber também que essa vegetação está bem suprimida, uma hipótese dessa ocorrência, aos arredores do Rio Toropi, por exemplo, são as atividades agropecuárias.

No caso dos cursos d'água, o município de Mata é inserido na Região Hidrográfica do Rio Uruguai, dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí. É drenado pelo Sistema Hidrográfico Toropi.

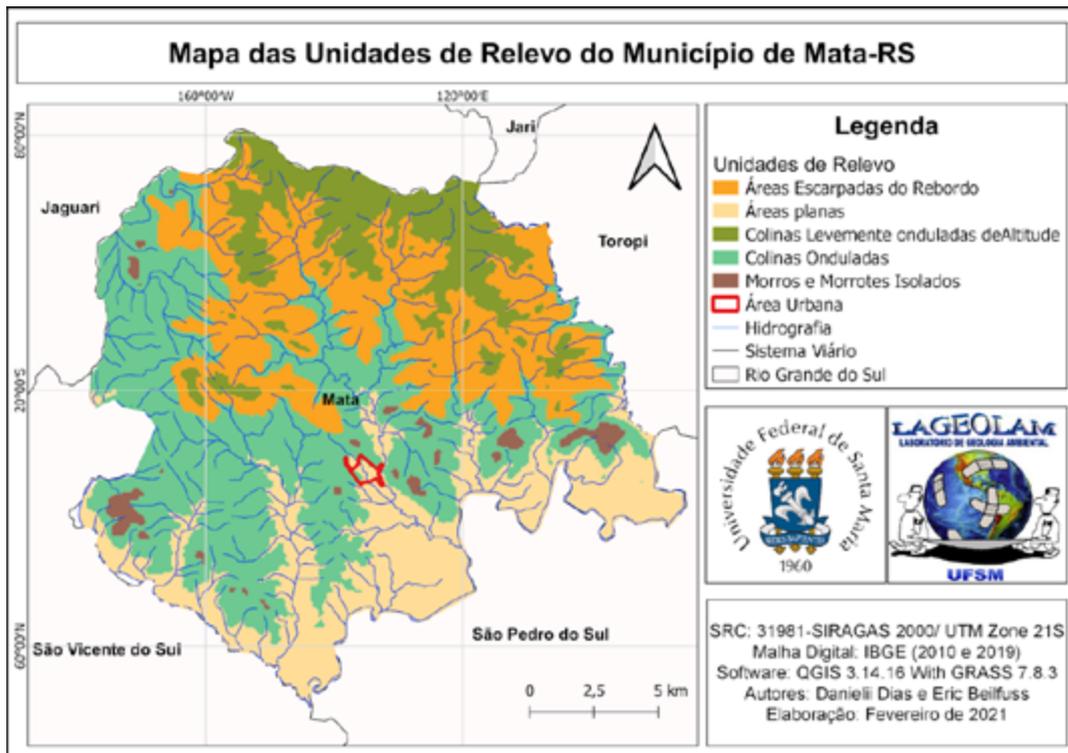
Por fim, para a validação dos dados da classificação do uso da terra, além das saídas de campo, foram realizados procedimentos de validação e de aferição da acurácia da classificação, a partir da obtenção da matriz de confusão e do coeficiente de Kappa que resultou em 0.9364, o que segundo Landis e Koch (1977) é considerado elevado em termos de acurácia.



**FIGURA 4:** Agrícolas A - são escarpas com vegetação arbórea, próximas à área urbana de Mata; B - porção de colina com Campos e Lavouras.

#### 4.2 Relevo

As unidades relevo podem ser analisadas sobre uma ótica de áreas com predomínio de denudação, 04 classes e deposição (nível de base local), 01 classe, conforme consta no mapa da figura 5.



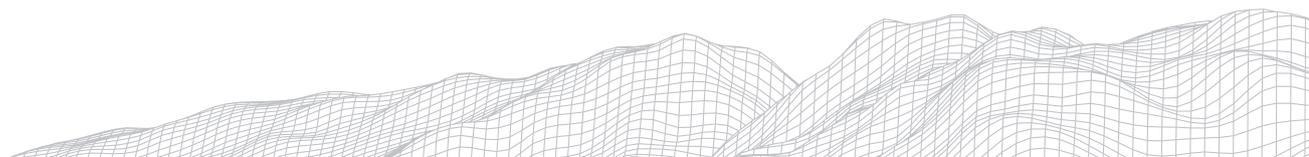
**FIGURA 5:** Mapa das Unidades de Relevo

Portanto, cinco unidades de relevo foram localizadas e classificadas, como mostrado na figura 05. Dessa forma, o município de Mata observa-se as colinas onduladas que possuem características ondulantes, com declive em torno de 15%, com uma área de 120,845 km<sup>2</sup> e as colinas levemente onduladas acima do nível do mar, que possuem ondulações suaves, ou seja, a inclinação é entre 2% e 5%, sendo estas localizadas em uma parte do planalto meridional, considerada a parte mais alta do município com altura de cerca de 60 metros, representando 39,989 km<sup>2</sup> da área total.

Outro aspecto de extrema importância são os morros e morrotes presentes na área de estudo, que apresentam uma área de 5,848 km<sup>2</sup>. Caracterizados por um terreno acidentado e que indicam o processo que leva ao recuo da borda do planalto, que é controlado pela resistência do material e pela linha de fratura (DIAS, 2014; GUARESCHI, 2018).

Os morrotes localizam-se em uma área composta por formas de relevo acidentadas, ocupando 7,5% do município, a partir de uma inclinação superior a 15% e uma altitude inferior a 100 metros, indicando assim, o desempenho passado do processo de erosão em áreas com relevo elevado e, portanto, marcam áreas com maior resistência ao processo de degradação. Entretanto, em alguns casos os morrotes podem apresentar algumas diferenças relacionadas aos tipos de litologias, pois estes com topos planos em geral são compostos por rochas areníticas, enquanto que os com topos arredondados podem indicar a presença de rochas vulcânicas.

Por sua vez, os morros diferenciam-se dos morrotes em poucos fatores, um deles é com relação à amplitude altimétrica, onde para os morros, esta deve ser aproximadamente de 100 metros a 200 metros (GUERRA, 1993). Assim como os morrotes, os morros também se destacam na paisagem por apresentarem porções resistentes aos agentes intempéricos e erosivos.

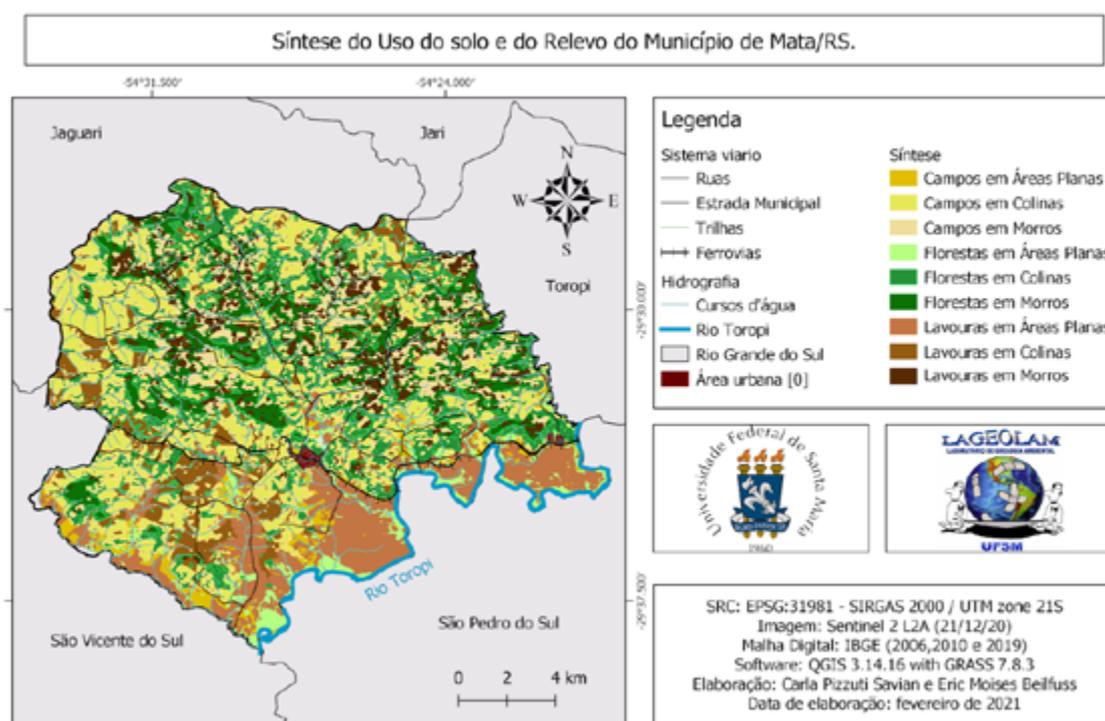


Outra unidade encontrada são as áreas Escarpadas do Rebordo, que correspondem às áreas mais íngremes do município (são as bordas dos morros e morrotes), típicas da região do Rebordo do Planalto, além disso caracterizam-se por apresentarem as encostas bem preservadas com a presença da vegetação nativa, correspondendo uma área de 77,891 km<sup>2</sup> do município.

Por fim, tem-se as Áreas Planas com uma caracterização de um relevo plano que ocorre junto às principais drenagens, como o Rio Toropi, estando sujeitos aos processos deposicionais, sendo consideradas como áreas de acumulação ou várzeas, possuindo uma inclinação que não ultrapassa 2%, correspondente a 68,573 km<sup>2</sup> da área total do município.

#### 4.3 Mapa Síntese

Com os mapas produzidos, isto é, o mapa das unidades do relevo, da classificação do uso da terra obteve-se e o mapa síntese (figura 6) constituído a partir dos dois mapas citados anteriormente, pode-se analisar detalhadamente as diferentes composições da geomorfologia presentes na área de estudo.



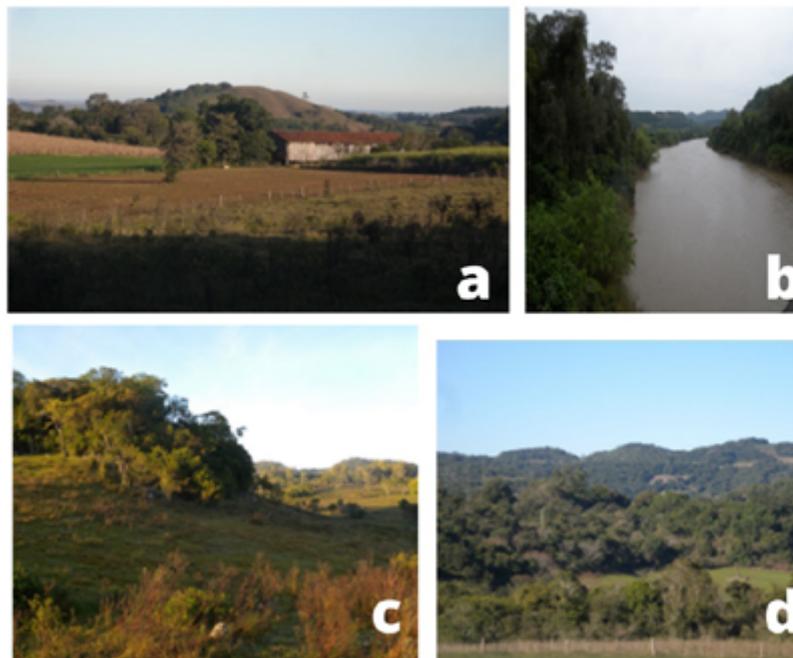
**FIGURA 5:** Mapa Síntese.

A partir do desenvolvimento da união do mapa das unidades de relevo com a classificação do uso da terra (mapa síntese), pode-se verificar a análise das nove unidades para o município de Mata-RS.

Dentro da área de estudo, os Campos em Colinas é um dos principais usos do relevo, representados na região norte ao limite sul, cobrindo uma área de 61,951 km<sup>2</sup>, além dos Campos em Áreas Planas com algumas áreas dispersas, nas partes do sul, leste e centro, que cobrem uma área de 14,907 km<sup>2</sup>. Ademais, destaca-se ainda os Campos em Morros, distribuídos em áreas remotas em diferentes partes, abrangendo 20,756 km<sup>2</sup>.

Avançando, há também a presença de Lavouras localizadas em Colinas, que estão distribuídas por todo o município, com um grande destaque na parte sudoeste, envolvendo uma área de 38,856 km<sup>2</sup>. As Lavouras em Planícies, que com o aproveitamento do rio Toropi, estão localizadas em sua maior parte na região sul do município, com cerca de 32,300 km<sup>2</sup> e as Lavouras em Morros, localizadas em pequenas áreas do noroeste e nordeste da área de estudo com um total de 10,941 km<sup>2</sup>.

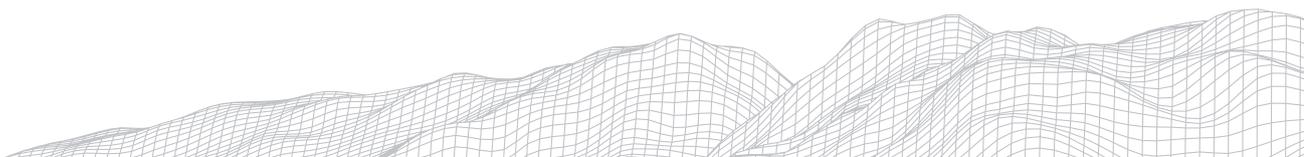
Quanto às florestas, destacam-se as Florestas em Áreas Planas ao sul do município, a partir das margens do rio Toropi com área de 18,727 km<sup>2</sup>, além das Florestas em Colinas, com uma extensão de 58,026 km<sup>2</sup>, sendo encontradas na região central e norte de Mata. Por fim, as Florestas em Morros, localizadas nos extremos oeste, leste e norte, possuindo uma área total de 51,893 km<sup>2</sup>.



**FIGURA 6:** A- Presença de Lavouras com Morros; B- Relevo Elevado com a presença de Florestas de Galerias; C- Campos mais elevados com a presença de Morros; D- Florestas com a presença de Morros e Morrotes.

## .5. Conclusão

Através dos dados obtidos, percebe-se que são de extrema relevância os estudos integrados para que se possa ter uma melhor compreensão da relação sociedade e natureza, englobando aspectos socioeconômicos e geomorfológicos de um município, nesse caso, de Mata-RS. Deve-se ressaltar que a combinação de tecnologias como sensoriamento remoto (SR) com o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) e modelagem tridimensional de dados espaciais permitiram observar e analisar uma série de aspectos marcantes no espaço geográfico. Além disso, esta pesquisa também possibilitou a compreensão de uma relação entre morfologia e precisão do solo.



Outrossim, a partir das referências utilizadas para o desenvolvimento do trabalho, foi possível complementar uma melhor análise do uso e ocupação territorial do município de Mata-RS. Os resultados do trabalho também permitiram concluir que aspectos físicos de um terreno são capazes de nortear a ocupação da terra, assim como a permanência ou não de uma população em determinado local.

### Agradecimentos

Agradecemos o auxílio e a colaboração dos professores do Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM) da Universidade Federal de Santa Maria no desenvolvimento do trabalho e pelo Fundo de Incentivo à Extensão da UFSM.

### Referências

DIAS, D. F. Proposta de Atlas Geoambiental para o município de Mata/RS. Trabalho de Graduação, Universidade Federal de Santa Maria, 2014. 131p.

DIAS, D. F., TRENTIN, R. SCCOTI, A. A. V. (2015). Zoneamento Geoambiental Para O Município De Mata/Rs: Síntese Das Potencialidades E Fragilidades. Geography Department University of Sao Paulo, v. 30, p. 132, 2015. <https://doi.org/10.11606/rdg.v30i0.98406>

Guerra, A. J. T. (2018). Geomorfology and Environmental Planning - Concepts and. September, 18.

GUERRA, A. T. Dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro: IBGE, 8 ed. 446 p. 1993. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=295523>>. Acesso em: 27 fev. 2021.

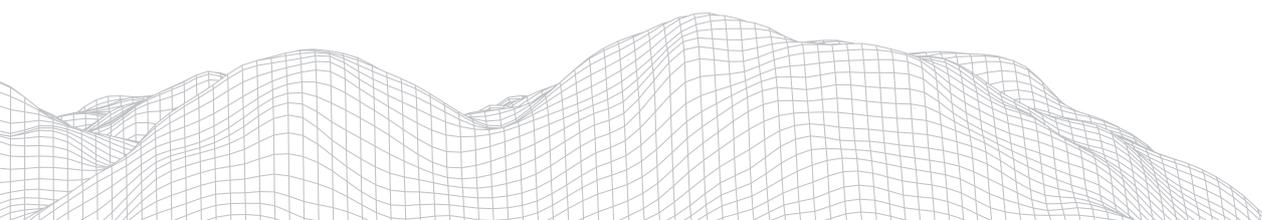
ROSA, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. 6. Ed. Uberlândia: EDUFU, 2007. IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. 2ª ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

LAFAIETE, D. P. O meio físico de feira de Santana e o direito à cidade. In: Anais dos Seminários de Iniciação Científica. Feira de Santana. n.22. 2018. Disponível em: <http://periodicos.uefs.br/ojs/index.php/semic/article/view/4002>. Acesso em 16 mar. 2021.

MORAES, F. D. (2009). A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DE MATA / RS : REESTRUTURAÇÃO PRODUTIVA NO SEU ESPAÇO.

OLIVEIRA, L. P; PACHECO, M. G. Análise Geográfica: relações do uso e cobertura com a morfologia das terras a partir do sensor Moderate Resolution Imagine Specyroradiometer (modis) e Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) para o oeste baiano, Bahia, Brasil. Revista Diálogo Andino, n. 63, 2020. Disponível em: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0719-26812020000300285&script=sci\\_arttex](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0719-26812020000300285&script=sci_arttex). Acesso em 15 mar. 2021. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812020000300285>.

SOUZA, E. P., ARRUDA, E. M. Geossistemas e Dinâmicas da Paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema, Região de Sorocaba, São Paulo. Revista Contexto Geográfico. Maceió-AL. v.4. n.7, 2019. p. 83-83.



# ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA VOLTADA PARA O MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTO DE MASSA E SUA RELAÇÃO ÀS OCORRÊNCIAS DA DEFESA CIVIL EM SÃO GONÇALO (RJ)

594

*Neiva Barbalho de Morais*

*Laboratório Interdisciplinar de estudos geoambientais da UFRJ*

*Instituto de Geociências – Departamento de Geografia*

*Av. Athos da Silveira Ramos, 274 Cidade Universitária, CEP*

*21.941-916*

*E-mail: barbalhomorais@gmail.com*

*Monara da Silva Santos*

*Laboratório Interdisciplinar de estudos geoambientais da UFRJ*

*Instituto de Geociências – Departamento de Geografia*

*Av. Athos da Silveira Ramos, 274 Cidade Universitária, CEP*

*21.941-916*

*E-mail: monarasantos09@gmail.com*

*Alexandre Nobre Leal Nogueira*

*Laboratório Interdisciplinar de estudos geoambientais da UFRJ*

*Instituto de Geociências – Departamento de Geografia*

*Av. Athos da Silveira Ramos, 274 Cidade Universitária, CEP*

*21.941-916*

*E-mail: alexandrenobre@ufrj.br*

*Julia Correa Dantas*

*Laboratório Interdisciplinar de estudos geoambientais da UFRJ  
Instituto de Geociências – Departamento de Geografia  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 Cidade Universitária, CEP  
21.941-916*

*E-mail: julia.dinca@gmail.com*

*André de Souza Avelar*

*Laboratório Interdisciplinar de estudos geoambientais da UFRJ  
Instituto de Geociências – Departamento de Geografia  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 Cidade Universitária, CEP  
21.941-916*

*E-mail: andre.avelar@globo.com*

*Marcelo Wermelinger Lemes*

*Universidade Estácio de Sá*

*Travessa Santo Antônio, 261, Bl 1 Apto 1810.*

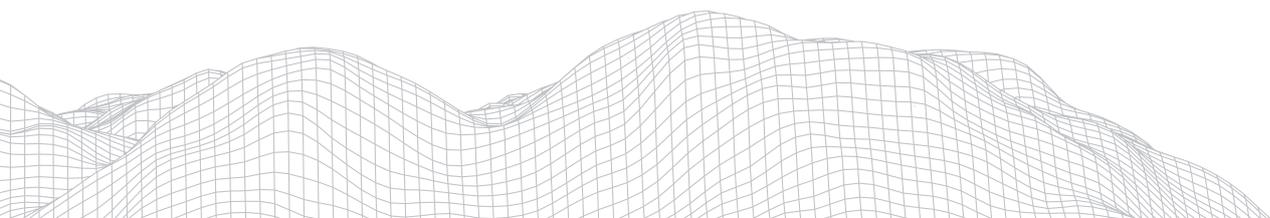
*São Lourenço, Niterói/RJ, CEP 24 060010*

*E-mail: marcelo.lemes@estacio.br*

### **Resumo**

O município de São Gonçalo (RJ) está entre os mais populosos do país, com cerca de um milhão de habitantes. No relatório de Diagnóstico sobre risco a escorregamentos no Estado do Rio de Janeiro, realizado em 2010 pelo CPRM, o município foi considerado uma das áreas em risco iminente, não somente a movimento de massa, como também as enchentes. Frente a esse cenário tem-se como objetivo neste trabalho fazer uma análise de correlação entre os boletins de ocorrência registrado na Defesa Civil associados, diretamente ou indiretamente, a movimentos de massa e as áreas classificadas e mapeadas pelo CPRM, como de alta, média e baixa suscetibilidade a movimento de massa. A fim de atender esses objetivos, foi realizado uma triagem e análise estatística dos Boletins de Ocorrência da Defesa Civil de São Gonçalo, bem como a espacialização dos mesmos. Posteriormente, os dados foram superpostos e analisados em ambiente Gis.

**Palavras-chave:** Movimento de massa, suscetibilidade, mapeamento geomorfológico.

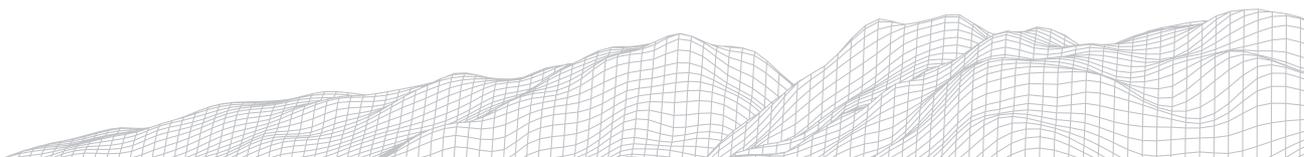


## 1. Introdução

Movimento de massa pode ser definido como o deslocamento de grande volume de solo ou rocha vertente abaixo sob influência da gravidade, sendo desencadeado pela interferência direta de outros meios ou agentes independentes, como água, gelo ou ar (Bigarella, 2003), possuindo impactos sociais, econômicos e geomorfológicos. Segundo Hutchinson (1988) os movimentos de massa gravitacionais são desencadeados principalmente pela topografia, litologia, geologia estrutural, hidrogeologia, clima, vegetação, sismicidade e erosão. Ainda que sejam, em sua maioria, causados por processos naturais, podem ser deflagrados por influência antrópica no meio. O Brasil é considerado muito suscetível a movimentos de massa devido às condições climáticas, marcadas por verões de chuvas intensas associadas ao relevo acidentado. Nas áreas urbanas os movimentos de massa têm tomado proporções catastróficas, devido à alta densidade dessas áreas, inter relacionadas as atividades antrópicas nas encostas como cortes em talude, aterros, depósitos de lixo, modificações na drenagem, desmatamentos, entre outras; aumentando assim a vulnerabilidade das encostas à formação desses processos. Essa condição é ainda mais agravada, principalmente, quando ocorrem ocupações irregulares, sem a infraestrutura adequada, em áreas de relevo íngreme.

Os domínios geomorfológicos de montanhas e colinas sob elevada pluviosidade, no Brasil, são as principais regiões deflagradoras da erosão e dos movimentos de massa. As outras causas básicas da instabilização de encostas são bem conhecidas a partir de uma série de estudos de caso específicos. Além dos componentes geomorfológicos, algumas características são inerentes a solos ou rochas pela sua composição (granulometria, mineralogia) ou estrutura (foliação, fraturas), contudo, a acentuada inclinação de taludes naturais são relativamente as condições mais propícias para a ruptura nas encostas, associadas com outras variáveis, como a água subterrânea e água da chuva (Ahrendt, 2005). Para avaliação da suscetibilidade a movimentos de massa não existe uma metodologia-modelo aplicável à variedade de situações possíveis. Cerri e Amaral (1998) demonstraram que para cada tipo de movimento, devem ser levados em consideração os fatores que determinam cada ocorrência, além de feições de campo e das interferências humanas no meio. Nos escorregamentos, por exemplo, grande inclinação da encosta, elevada precipitação anual, depósitos de talús e coluviões e concentração do escoamento de águas superficiais são fatores naturais que influenciam a ocorrência desses processos. Já os fatores antrópicos podem estar relacionados a eliminação da cobertura vegetal, cortes em encostas, lançamentos de lixo e água, que podem desestabilizá-las. Por sua vez, as feições indicativas em campo podem ser trincas no terreno, degraus de abatimento e postes, árvores e muros inclinados ou tombados. Sendo assim, para cada local que ocorrem esses processos, todas essas variáveis devem ser ponderadas e qualificadas, de modo que seja feita com maior precisão a classificação da área como de baixa, média ou alta susceptibilidade a escorregamentos, por exemplo.

A ocorrência de deslizamentos aumentou consideravelmente nas últimas décadas, especialmente em função da urbanização desenfreada pela qual as grandes e médias cidades brasileiras passaram, o que não permitiu um planejamento urbano adequado e fez com que as pessoas com menor poder econômico ocupassem, em sua maioria, áreas mais suscetíveis a ocorrência desses movimentos. A intervenção antrópica pode gerar problemas imediatos ou de médio prazo, devido à: inadequação (ou não-aptidão) geotécnica das áreas ocupadas para o uso urbano (Nogueira, 2002). Desse modo, caso medidas mitigadoras não sejam tomadas, percebe-se a tendência de agravamento dessas situações, na medida em que a população mais pobre tende ocupar cada vez mais áreas de risco.



Em 2010, no diagnóstico sobre o risco a escorregamentos no estado (DRM-RJ, 2010), o município de São Gonçalo foi enquadrado nas áreas de risco iminente, tendo muitos setores e áreas de risco em grau Alto, devido à presença de vertentes íngremes ou escarpas rochosas, amplitudes topográficas expressivas, maciços rochosos muito fraturados, sempre em convívio com uma ocupação urbana densa e vulnerável (DRM-RJ, 2010). As regiões classificadas como de alta e média suscetibilidade aos movimentos de massa, coincidem com as áreas de maior declividade do município e com usos agropecuários e urbanos.

Visando entender os processos deflagradores dos movimentos de massa no Município de São Gonçalo, faremos neste trabalho uma análise quantitativa e relacional dos Boletins de ocorrência de Defesa Civil com o mapeamento de suscetibilidade a movimento de massa do CPRM (2010).

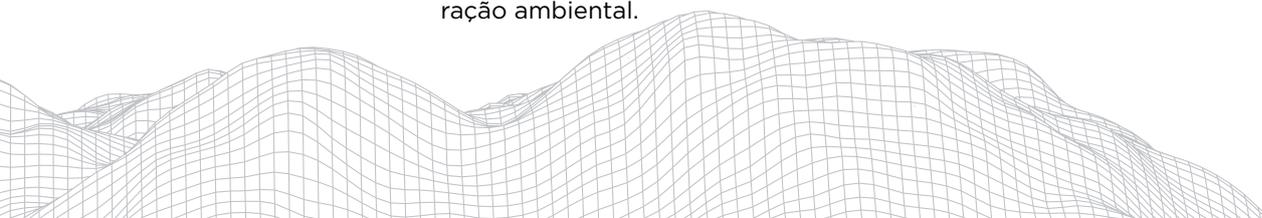
## 2. Área de estudo

O município de São Gonçalo localiza-se na região Sudeste do país, no estado do Rio de Janeiro, na região metropolitana da cidade do Rio, a 22km de distância da capital. Possui uma área próxima de 250 km<sup>2</sup> e população estimada de 1,08 milhão de pessoas com densidade demográfica de 4339,35 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2019) sendo o mais populoso depois da capital. Geomorfologicamente, o município insere-se no contexto de planícies flúvio marinhas, e possui colinas, morros baixos, altos, tabuleiros e planícies de inundação, cada qual com sua declividade e amplitude específicas, fator determinante na definição de uma área como mais ou menos suscetível a movimentos de massa. Geologicamente, o município possui gnaisses, granitóides, rochas alcalinas, sedimentos holocênicos e terciários, sendo que grau de fraturamento, mergulho e alteração dessas rochas também são fatores determinantes para sua resistência, que conforme diminui, maior a facilidade da rocha em se romper.

A cidade de São Gonçalo, assim como muitas outras no território brasileiro, passou pelo fenômeno de explosão demográfica, com crescimento exorbitante da população em curto espaço de tempo sem que as condições de infraestrutura da cidade acompanhassem esse processo. Assim, possui um padrão de ocupação no qual as populações mais carentes ocuparam áreas geomorfologicamente mais instáveis, nas periferias, em razão desse crescimento urbano desordenado e não planejado ocorrido nas últimas décadas. A ineficiência do poder público em controlar essa expansão e evitar as ocupações em áreas vulneráveis aos eventos de massa é outro agravante dessa problemática.

O clima da região, segundo classificação de Köppen-Geiger é do Tipo Aw: Clima tropical com estação seca (clima tropical com estações úmidas e secas) - designação dada aos climas megatérmicos do grupo A, em que todo o ano temperatura média mensal é superior a 18°C, porém, em pelo menos um dos meses do ano, a precipitação média total é inferior a 60 mm. Desta forma, o clima de São Gonçalo é caracterizado por dois períodos: Período Seco (Maio a Outubro) com total de chuvas é inferior a 400 mm; Há déficit hídrico sazonal nos meses de agosto e setembro; ocorrem menores temperaturas 17°C a 19°C; e o dia é mais curto havendo menos horas de luz. O Período Chuvoso (Novembro a Abril), com total de chuvas é maior que 800 mm; Há mais chuva especialmente no mês de Janeiro; ocorrem as maiores temperaturas 30° a 38°C, podendo chegar muitas a mais de 40°C; e o dia é mais comprido havendo mais horas de luz.

No quesito de uso e ocupação do solo, o município possui partes descontínuas do território voltadas às atividades agropecuárias (agricultura intensiva, semi-intensiva, pastagens), e uma parte expressiva densamente ocupada por atividades urbanas. Ocorrem também, em menor escala, áreas voltadas a recuperação ambiental.



### 3. Metodologia

As A metodologia do trabalho se baseou na obtenção dos boletins de ocorrências da Defesa Civil do município de São Gonçalo e nas sua respectiva triagem e análise, a fim de selecionar apenas as ocorrências associadas à deslizamentos de solos, rochas, lixo, talude e queda de blocos. Os dados do boletim de ocorrência da Defesa Civil foram analisados de forma quantitativa e qualitativa dentro de um espaço temporal de 2006 até 2018. Após essa filtragem os dados foram trabalhados estatisticamente e posteriormente foram espacializados utilizando o programa ArcGis 10.4.1, gerando como produto um mapa com a distribuição espacial dessas ocorrências.

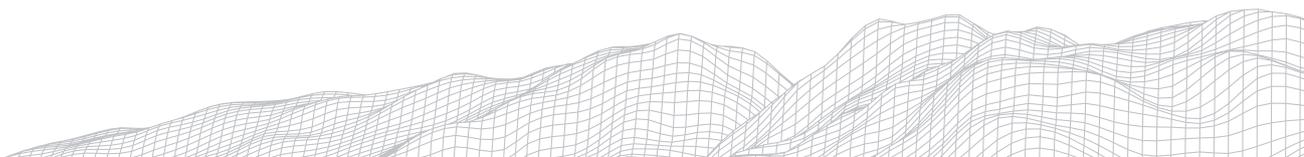
Outros dados utilizados foram os índices pluviométricos de São Gonçalo disponibilizados pela estação meteorológica da Universidade Estadual do Rio de Janeiro de São Gonçalo. Através desses foram gerados índices pluviométricos de 2006 a 2018, nos permitindo entender o comportamento médio pluviométrico do município. Bem como, correlacionar os resultados com os boletins de ocorrência da Defesa Civil.

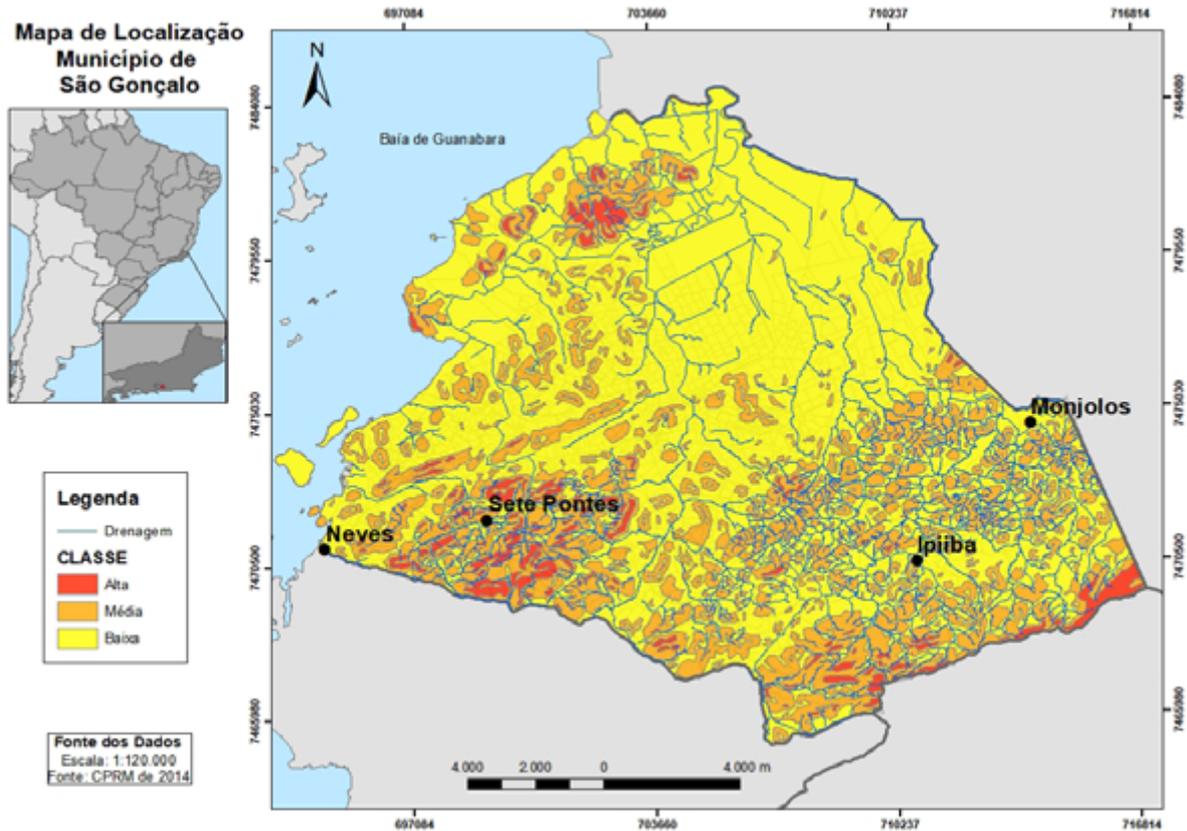
Foram analisados também um acervo de informações textuais e dados georreferenciados do CPRM (2010) com informações geoambientais do município estudado, compreendido entre arquivos em formato Dbase (.dbf) e ShapeFile (.shp) Com informações de base cartográfica, curva de nível, dados hidrológicos, feições, geologia, limites, pontos de campo, relevo, solos e suscetibilidades, na projeção cartográfica UTM 23S e datum SAD69 e outros arquivos em SIRGAS 2000. Com isso, os dados passaram por uma triagem e posteriormente foram processados no ArcGis 10.4.1

Os dados do CPRM foram utilizados para mapear as áreas do município em relação à suscetibilidade a movimento de massa, com classificação em: alta, média e baixa, em uma escala de 1:120.000 processados no ArcGis 10.4.1 de modo a identificar os bairros e os distritos mais suscetíveis e os correlacionar com os mapeamentos dos Boletins de Ocorrência da Defesa Civil.

### 4. Resultados e discussões.

Segundo o Serviço geológico do Estado do Rio de Janeiro em seu plano de contingência frente a desastres associados a escorregamentos para o verão 2017/2018, São Gonçalo ocupa o 1º grupo das classes de riscos iminente a escorregamentos no Estado do Rio de Janeiro, possuindo mais de 100 setores de riscos iminente de deslizamento. Outros municípios do Estado do Rio de Janeiro que ocupam essa classe são os municípios de Angra dos Reis, Nova Friburgo, Petrópolis, Teresópolis e Niterói. De acordo com a Defesa Civil, entre 1995 e 2018, 1.187 eventos de movimentos de massa foram registrados na cidade. Desses, 570 foram classificados como deslocamento, podendo ser de materiais naturais ou não.





**FIGURA 1:** Mapeamento da suscetibilidade a Movimento de Massa

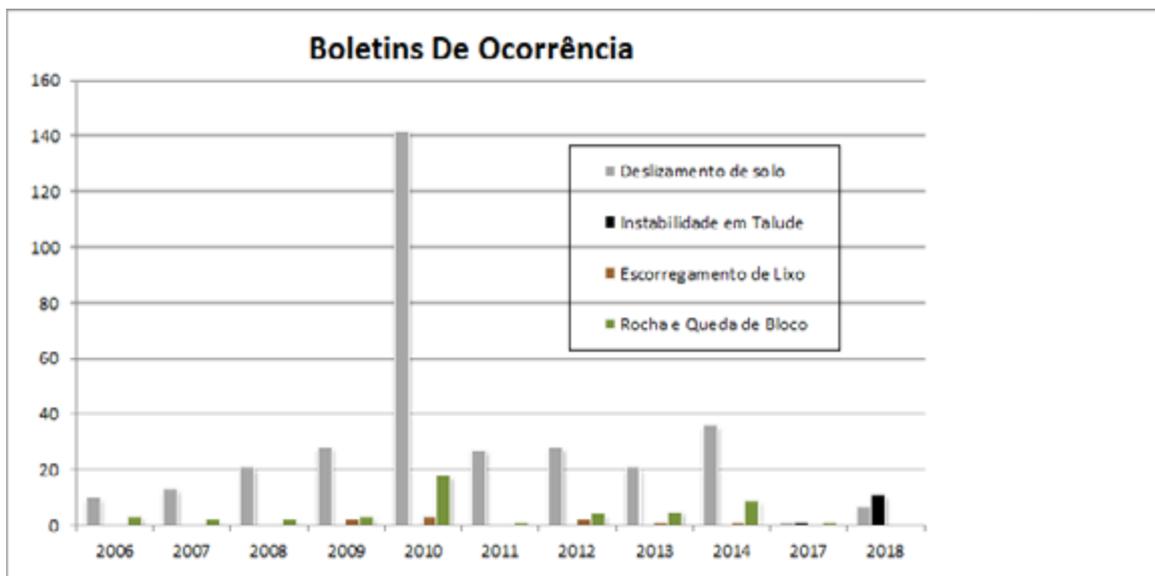
O mapeamento de suscetibilidade a Movimento de Massa do Município de São Gonçalo (Figura 1) nos permite observar que a maior parte do município possui uma baixa suscetibilidade a esse fenômeno, essas áreas coincidem com as partes mais baixas do relevo, que embora o risco de movimento de massa seja baixo possa ser acometido por outros fenômenos como as enchentes ou mesmo sofrer com a deposição de materiais transportados pelas encostas. Consecutivamente a segunda maior proporção das áreas correspondem à classificação de suscetibilidade média e por fim uma reduzida parcela com áreas classificadas como de alta suscetibilidade. Embora o município proporcionalmente não tenha áreas tão extensas classificadas como de alta e média suscetibilidade, a maior parte dessas regiões encontram-se densamente ocupadas, portanto, qualquer evento relacionado a movimento de massa, deflagrado por fatores naturais e/ou antrópicos, podem causar inúmeros danos, com perdas econômicas e de vidas.

Através dos dados disponibilizados pela defesa civil do período do ano de 2006 a 2018, o órgão foi acionado 569 vezes. Os meses em que ocorreu maior número de registros de acionamentos da defesa civil são os meses de dezembro a abril, que é a época do ano na qual a região em que o município está inserido costuma a registrar os maiores índices pluviométricos.



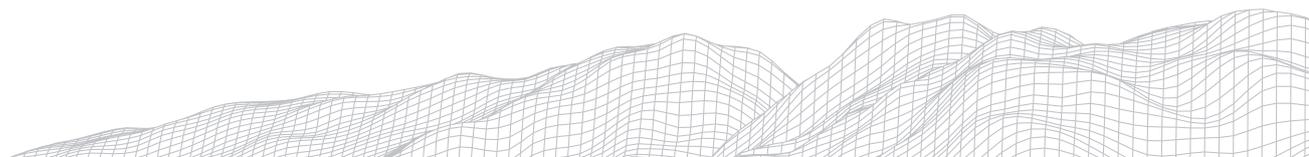
**FIGURA 2:** Gráfico com total pluviométrico anual da Estação Meteorológica da UERJ/FFP, localizada no bairro do Paraíso em São Gonçalo.

Com os dados dos índices pluviométricos disponibilizado pela estação meteorológica da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Figura 2) registrados no município de São Gonçalo no período de 2006 a 2018, observamos que a média pluviométrica da estação é de 910 mm anuais. Os anos com maiores índices registrados foram os de 2008, 2009 e 2010, respectivamente de 1167,5 mm, 1197,1 e 1952,4 mm. O ano de 2010, mostrou o maior índice de precipitação registrado na série estudada, também foi o ano com maior registro de boletins de ocorrência, alguns destes classificados como movimentos gravitacionais. Podemos inferir que a chuva é dos agentes influenciadores desses processos na localidade estudada.



**FIGURA 3:** Distribuição anual dos boletins de ocorrências da Defesa Civil do Município de São Gonçalo.

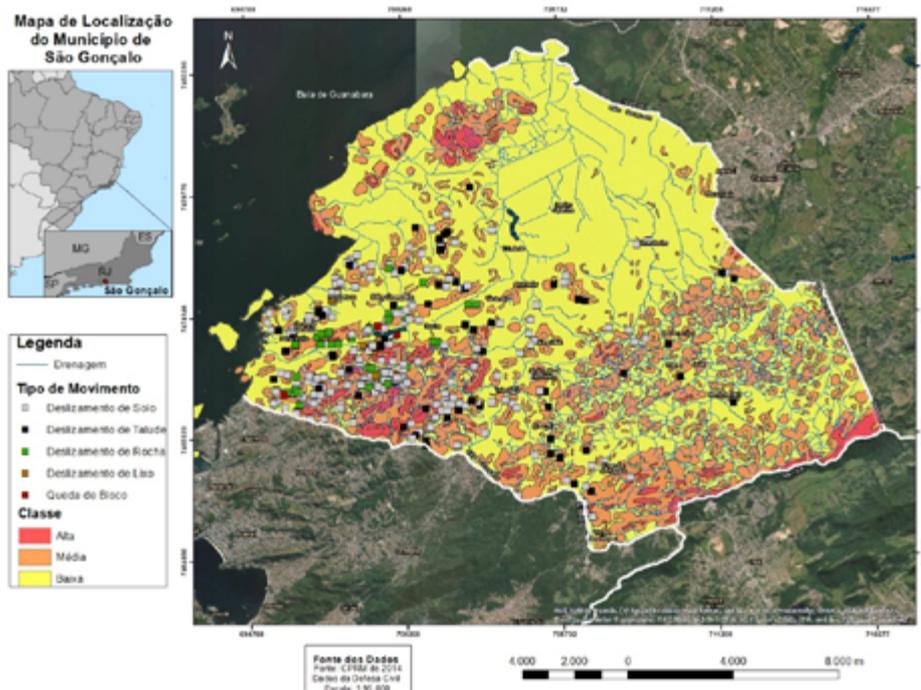
Observamos no gráfico 2 (Figura 3) uma ausência dos dados referente aos anos de 2015 e 2016, devido à falta de informações qualitativas sobre o tipo de ocorrência. De uma forma geral, os registros foram agrupados em 4 tipos: desli-



zamento, instabilidade, escorregamento e quedas de blocos e rocha. No boletim de ocorrência da Defesa Civil o tipo de movimento gravitacional registrados nos boletins de ocorrência com maior número de registro é o deslizamento de solo, seguido por rocha e queda de bloco. O ano com maior número de registros foi o de 2010 com um total de 142 registros, associado a deslizamento de solo e também escorregamento de lixo, rocha e queda de bloco.

Os bairros que segundo os dados disponibilizados pela defesa civil apresentaram maior número de registros de ocorrência foram os do Engenho Pequeno, Tribobó, Covanca, Zumbi, Santa Catarina e Centro. Os dois primeiros bairros, Engenho Pequeno e Tribobó, que possuem maiores quantitativos dos registros encontram-se classificados segundo dados do CPRM em área de alta e média suscetibilidade a deslizamento. Todas essas áreas são densamente ocupadas com uso do solo mapeado pelo CPRM como área urbana.

A quantificação e a espacialização dos tipos de ocorrência registrado pela Defesa Civil (Figura 5) no permite observar uma concentração dos registros na região sudoeste do Município, o que corresponde a uma área densamente ocupada da região, com a classificação quanto à suscetibilidade sendo em sua maioria como de categoria média e baixa. Com destaques dos registros associados a deslizamento de solo, seguido dos deslizamentos dos taludes e de rochas, com aproximadamente 367 registros. Existe uma tendência da população de baixa renda ocupar as áreas em encostas íngremes e, portanto, de menor valor agregado, conseqüentemente são os mais vulneráveis a sofrer com eventos naturais catastróficos, como os escorregamentos. Essa vulnerabilidade natural associada à vulnerabilidade social, de falta de infraestrutura, conhecimento e renda, incrementa os riscos à população que ocupa essas áreas. O município de São Gonçalo, ilustra bem esse processo com uma concentração de registros na região com grande densidade demográfica e nas áreas de encostas ocupadas pela população de baixa renda.



**FIGURA 5:** Distribuição das ocorrências de Defesa Civil associada à classificação de suscetibilidade.

## 5. Considerações finais

Assim como outras cidades brasileiras o Município de São Gonçalo passou por um processo de expansão da malha urbana de forma acelerada e desordenada onde a população de baixa renda ficou sujeita à ocupação das áreas mais suscetíveis aos eventos naturais. Gerou-se assim espaços, urbanos altamente vulneráveis.

Por conseguinte, os estudos voltados para mitigação, gestão e planejamento desses espaços são extremamente necessários. A fim de diminuir as perdas que possam acometer essas populações. O mapeamento realizado pelo CPRM, embora tenha indicado que quantitativamente boa parte do município não esteja em área propícia a movimento de massa, as áreas que são suscetíveis concentram um grande contingente populacional, por isso precisam de uma atenção por parte do poder público. Além disso, os dados da Defesa Civil corroboram os resultados produzidos pelo CPRM, uma vez que boa parte das ocorrências estão nas áreas de alta e média suscetibilidade ao movimento de massa.

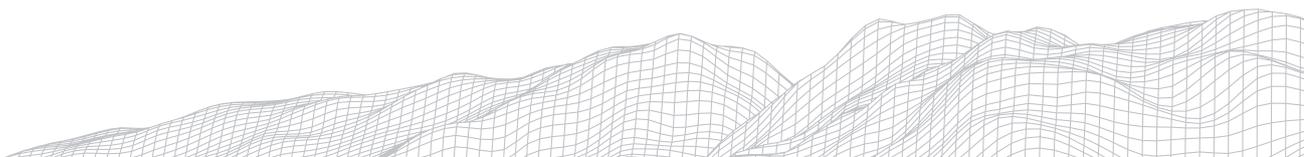
Com base nisso faz-se necessário um maior aprofundamento nas investigações dos movimentos de massa no município a fim de produzir conhecimento, principalmente na escala do local, para entender como e quais os processos antrópicos e naturais são deflagradores dos movimentos de massa na região. E assim contribuir para uma maior autonomia da população na gestão dos seus espaços.

## Agradecimentos

Agradecimentos a Defesa Civil do Município de São Gonçalo no Estado do Rio de Janeiro, pelo fornecimento dos dados; ao laboratório de Geociências da UERJ/FFP pelo fornecimento dos dados da Estação Meteorológica; ao departamento de Geografia da UFRJ pelo apoio nos trabalhos de campo, ao CNPQ pelo fomento à pesquisa e ao CPRM pela disponibilização dos dados.

## Referências

- AHRENDT, Adriana. Movimentos de massa gravitacionais - proposta de um sistema de previsão: aplicação na área urbana de Campos do Jordão - SP. 2005. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005. doi:10.11606/T.18.2005.tde-06102006-090547. Acesso em: 2020-01-25
- BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: UFSC, 2003.
- CERRI, L. E. da S.; AMARAL, C. P. do. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. Geologia de engenharia. São Paulo: ABGE, 1998. p. 301-310.
- CPRM; Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: Nova técnica explicativa. Estado de São Paulo e Brasília DF: IPT. 2010
- DRM-RJ Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro - Diagnóstico sobre o Risco a Escorregamentos no Estado do Rio de Janeiro e Plano de Contingência para atuação do DRM-RJ no período de dezembro de 2017 a abril de 2018, NADE/DRM-RJ, 2010.
- HUTCHINSON, J.N.(1988). General report: morphological and geotechnical- parameters of landslides in relation to geology and hidrology. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LADSLIDES, 5, Lausanne, 1988. Resumos, Rotterdam, Balkema, p. 3-29.
- NOGUEIRA, Fernando Rocha. Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal. 2002. ix, 260 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2002. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/102945>>.



# ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E SOCIAIS RELACIONADOS AO MAPEAMENTO DE SUSCEPTIBILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO, RJ

603

*Monara da Silva Santos*

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Prédio CCMN, Bloco H sala 22,  
CEP 21941-916, Ilha do Fundão, Cidade Universitária

E-mail: monarasantos09@gmail.com

*Neiva de Barbalho de Moraes*

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Prédio CCMN, Bloco H sala 22,  
CEP 21941-916, Ilha do Fundão, Cidade Universitária

E-mail: barbalhomoraes@gmail.com

*André de Souza Avelar*

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Prédio CCMN, Bloco H sala 22,  
CEP 21941-916, Ilha do Fundão, Cidade Universitária

E-mail: andre.avelar@globo.com

*Marcos Barreto de Mendonça*

Universidade Federal do Rio de Janeiro

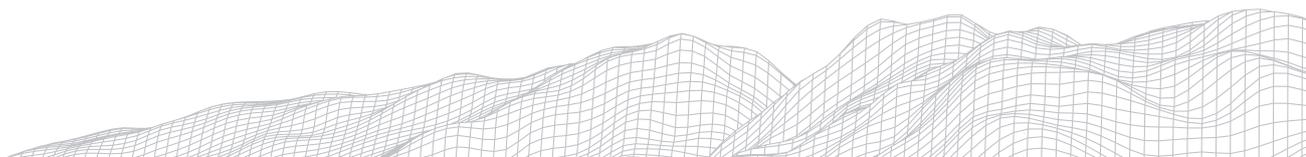
Av. Athos da Silveira Ramos, 149 - Prédio do CT, Bloco I, sala 203  
Cid. Univers. - Ilha do Fundão, Ilha do Fundão, Cidade Universitária

E-mail: mbm@poli.ufrj.br

### Resumo

Devido a morfologia e condições climáticas, o Brasil é um dos países mais suscetíveis aos movimentos de massa em encostas, causados por fatores naturais e agravados inúmeras vezes, por influência antrópica. A partir do adensamento da ocupação das encostas dos centros urbanos e metrópoles, grande parte da população atualmente reside em áreas irregulares. Segundo o CEMADEM é nos centros urbanos que esses movimentos têm ações de caráter catastrófico. Diante disso, o presente trabalho aborda o município de São Gonçalo, (RJ) com uma população de quase um milhão de habitantes. Com isso, a prevenção de desastres assume hoje um importante papel para sociedade e torna-se cada vez mais importantes avanços metodológicos na melhoria de gestão de riscos. O trabalho traz o mapeamento do Município de São Gonçalo, através de aquisição de dados georreferenciados do CPRM junto com os dados do IBGE. Foi realizado análise demográfica e social das áreas mais vulneráveis a movimentos de massa do município.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade, Susceptibilidade, Movimento de Massa.



## 1. Introdução

Os desastres naturais em encostas são gerados a partir da interação conflituosa entre o homem e os processos geomorfológicos naturais. Nessa perspectiva os impactos sociais desses processos irão depender da vulnerabilidade da população. Frequentemente as consequências negativas dos impactos estão mais relacionadas com os modos de ocupação das encostas do que à magnitude do fenômeno desencadeador (Nunes, 2015). Parcelas consideráveis das cidades brasileiras encontram-se em extrema vulnerabilidade aos acidentes naturais, com destaque aos movimentos de massas e as enchentes. Esse cenário é decorrente do avanço da ocupação em áreas geomorfológicamente suscetíveis, associado à incapacidade do poder público de prover moradia adequada para as camadas populares e promover um ordenamento territorial que imponha o interesse social sobre o interesse dos proprietários de terras (Carvalho e Galvão, 2016).

O processo de apropriação e ocupação das encostas no Brasil, atrelada à função utilitarista, a serviço da exploração ou do uso produtivo dos recursos naturais, ancorou, desde o período colonial, as políticas de desenvolvimento, de gestão e a estruturação fundiária urbana (Schlee, 2013). Portanto, atualmente encontramos grande parcela da população ocupando áreas de encostas íngremes sujeitas então ao risco iminente de sofrer com os impactos de um movimento de massa.

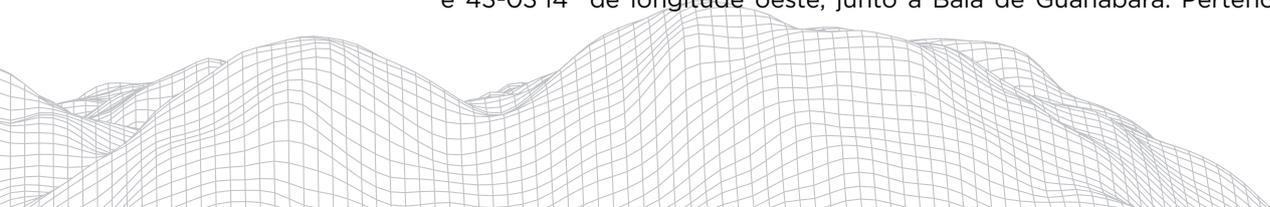
Os movimentos de massa, são definidos como deslocamentos vertente abaixo, de material da encosta – solo e/ou rocha, sob a influência direta da gravidade, ou seja, sob a influência do estresse gravitacional. Embora seja um processo natural, por vezes pode ser deflagrado por intervenções antrópicas no meio (Wicander e Moore, 2009). Com base nisso, é importante considerar nos estudos de vulnerabilidade, suscetibilidade e gestão tanto os fatores naturais, que são deflagradores desse processo, quanto os fatores antrópicos, principalmente os relacionados aos modos de ocupação do território.

Nesse contexto fez-se imperativo analisar o conjunto geomorfológico municipal na escala 1:25.000 e o perfil sócio demográfico da população do Município de São Gonçalo nas áreas mais suscetíveis a movimentos de massa. No ano de 2010, o relatório sobre risco e escorregamento no Estado do Rio de Janeiro, feito pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), apontou o município de São Gonçalo como um dos municípios do Estado com risco iminente a movimento de massa. A fim de alcançar esse objetivo foram espacializados os dados demográficos do censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referente a 2010 e os mesmos foram correlacionados com o mapeamento de suscetibilidade a movimento de massa feito pelo CPRM em 2010. Esse tipo de estudo contribui para um maior entendimento do papel da população na deflagração desses processos, bem como na elaboração de ações concretas dentro do espaço urbano que visem minimizar as perdas associadas aos processos naturais.

## 2. Área de Estudo

Optou-se pela escolha do município de São Gonçalo (RJ) por apresentar uma população de mais de 1 milhão de habitantes e com risco iminente de movimento de massa. Em 2017, a renda média mensal era de 2,1 salários mínimos, enquanto a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de apenas 11,9%. Apresentou em 2010 um percentual de 34,5 % da população com rendimento mensal per capita de até 0,5 salário mínimo.

O município de São Gonçalo está localizado a 22°49'37" de latitude sul e 43°03'14" de longitude oeste, junto à Baía de Guanabara. Pertence à Região



Metropolitana do Rio de Janeiro, tendo limites a norte e a leste com o Município de Itaboraí, ao sul com o Município de Maricá, a sudoeste com o Município de Niterói e a oeste com a Baía de Guanabara.

O município se caracteriza por uma unidade morfoescultural que representa os terrenos colinosos localizados a leste da Baía de Guanabara, e compreendidos entre as planícies costeiras, baixada flúvio marinha e a escarpa da Serra do Mar. A área consiste em colinas tabulares e alongadas, de baixa amplitude de relevo e extensas planícies fluviais, resultantes da dissecação dos tabuleiros, produzidas pelos Rios Macacu, Caceribu, Iguassú e da Aldeia (SILVA 2001).

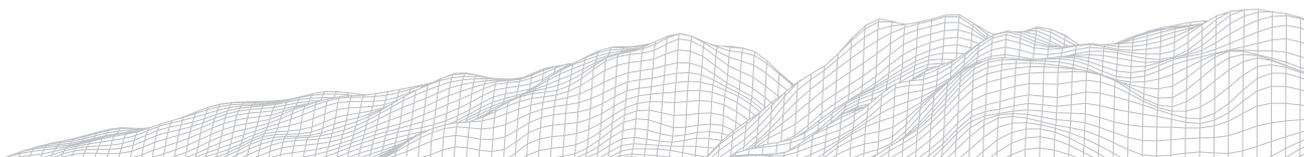
De acordo com CPRM (2012), São Gonçalo está inserido no compartimento geomorfológico denominado Gráben de Guanabara. Neste domínio, os blocos do embasamento cristalino, tectonicamente rebaixados por falhas normais, foram parciais ou totalmente recobertos por sedimentos cenozoicos ou pelo mar. A cristas de relevo colinoso com maior declividade, onde o maciço de Itaúna ocorre na borda meridional, ressalta-se como um domínio montanhoso.

O clima da região metropolitana do RJ segundo classificação de Köppen-Geiger é do tipo Aw: Clima tropical com estação seca (clima tropical com estações úmidas e secas) - designação dada aos climas megatérmicos do grupo A, em que todo o ano temperatura média mensal é superior a 18°C, porém, em pelo menos um dos meses do ano, a precipitação média total é inferior a 60 mm (EMATER RIO, 2009). Desta forma, o clima de São Gonçalo é caracterizado por dois períodos: Período Seco (Maio a Outubro) com total de chuvas é inferior a 400 mm; Há déficit hídrico sazonal nos meses de agosto e setembro; ocorrem menores temperaturas 17°C a 19°C; e o dia é mais curto havendo menos horas de luz. O Período Chuvoso (Novembro a Abril), com total de chuvas é maior que 800 mm; Há mais chuva especialmente no mês de Janeiro; ocorrem as maiores temperaturas 30° a 38°C, podendo chegar muitas a mais de 40°C; e o dia é mais comprido havendo mais horas de luz.

### 3. Metodologia

A metodologia deste artigo se baseou na triagem, análise e seleção dos mapas de relevo e suscetibilidade a movimentos de massa e dados que o CPRM disponibilizou em 2014. O material faz parte de um acervo de informações textuais e dados georreferenciados sobre informações geoambientais do município estudado, compreendido entre 46 arquivos em formato Dbase (.dbf) e ShapeFile (.shp) e outras 10 pastas divididas em: Base Cartográfica, Curvas de Nível, Dados Hidrológicos, Feições, Geologia, Limites, Pontos de Campo, Relevo, Solos e Suscetibilidades, na projeção cartográfica UTM 23S e datum SIRGAS 2000. A partir dessas informações foi possível espacializar os dados de suscetibilidade a movimentos de massa que estão divididos em três classes sendo elas baixa, média e alta e o mapa de uso do solo com oito classes sendo elas: agricultura intensiva e semi-intensiva, ilha, pastagens, proteção ambiental, recuperação água, e área urbana.

A partir dos dados da Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário (IBGE, 2011) foi realizada uma análise populacional em busca dos parâmetros sociais que mais se adequam ao estudo. A planilha selecionada para o trabalho é a "domicílio\_1" que atende os dados básicos do município em termos de infraestrutura urbana. Os dados selecionados foram: V001 que corresponde aos domicílios particulares e domicílios coletivos; V012 Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral; V017 Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de



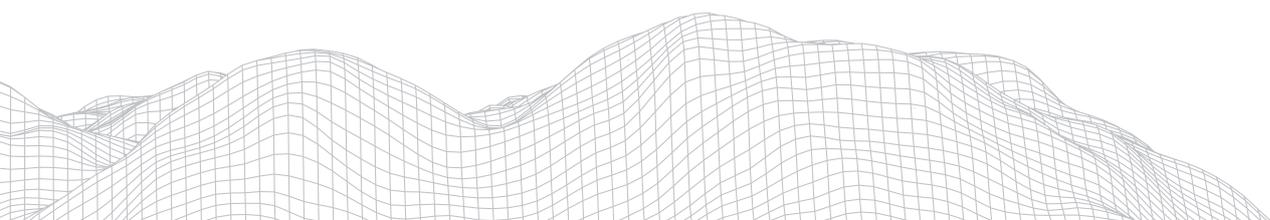
esgoto ou pluvial; V020 Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via vala; V035 Domicílios particulares permanentes com lixo coletado e foram agrupados os dados V038 com o V040 que correspondem respectivamente a Domicílios particulares permanentes com lixo queimado na propriedade e Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro.

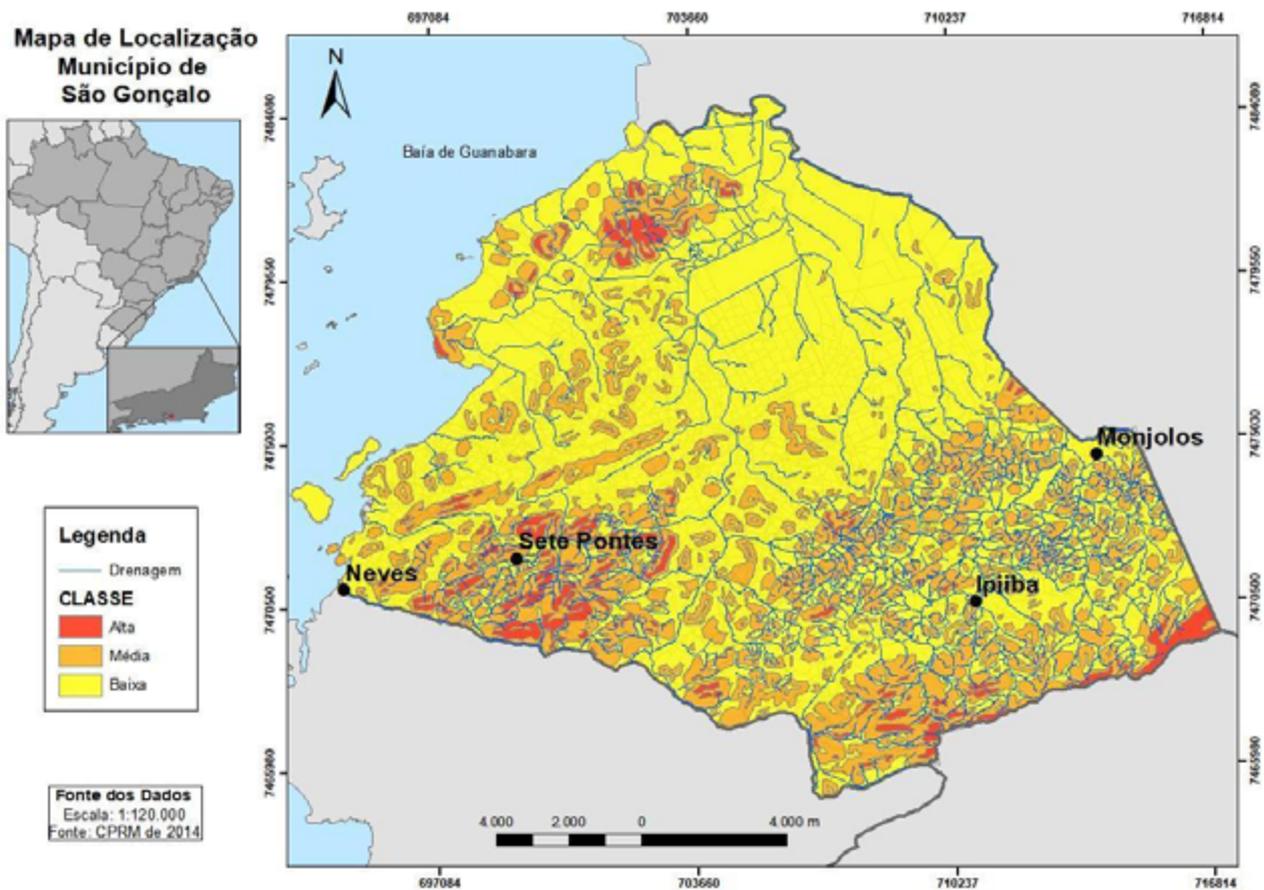
Após a aquisição e seleção dos dados o processamento dos mesmos se deram no ArcGis 10.4.1, com isso o mapa de susceptibilidade (**Figura 1**) foram gerados e posteriormente o mapa de Uso do solo, a escala utilizada foi de 1:25.000 e aqui apresentados graficamente na escala de 1:95.000.

Após a confecção dos mapas supracitados, foram gerados mapas com os dados do Censo de 2010, disponibilizados pelo IBGE. Os dados foram retrabalhados através do programa Excel MS Office 2013 de modo que toda a planilha estivesse em formato de texto, com geocódigo equivalente as unidades censitárias. Esses dados foram importados em formato de texto para que o programa ArcGis 10.4.1. Assim foram gerados os mapas, na mesma escala citada anteriormente. Utilizamos o programa Statistica 10, para analisar estatisticamente as variáveis selecionadas para estudo. Os dados produzidos foram correlacionados de modo que observássemos a situação social e demográfica das áreas que são mais suscetíveis a movimentos de massa.

#### 4. Resultados e Discussões

O mapa de suscetibilidade do município de São Gonçalo está dividido em três classes, sendo elas alta, média e baixa, no qual a CPRM utiliza a declividade topográfica para determinar as áreas mais suscetíveis aos movimentos de massa (**Figura 1**). A maior parte do Município se encontra em níveis de suscetibilidade a movimento de massa baixo, secundariamente com áreas de nível médio e uma pequena parcela do município em situação de alta suscetibilidade. Cabe destacar que o distrito de Sete Pontes, concentra áreas com altos níveis de suscetibilidade e apresenta uma densa ocupação urbana, segundo o mapeamento de uso do solo de 2010 realizado pelo próprio CPRM.

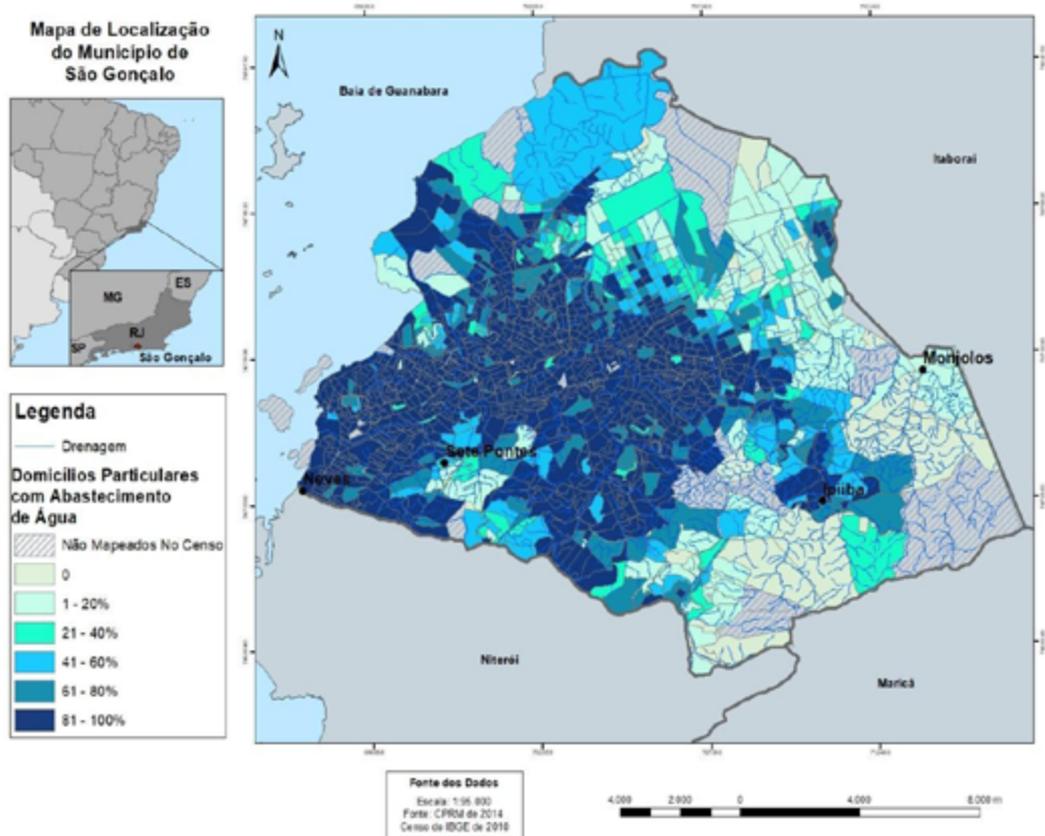




**Figura 1:** Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa do município de São Gonçalo (RJ).

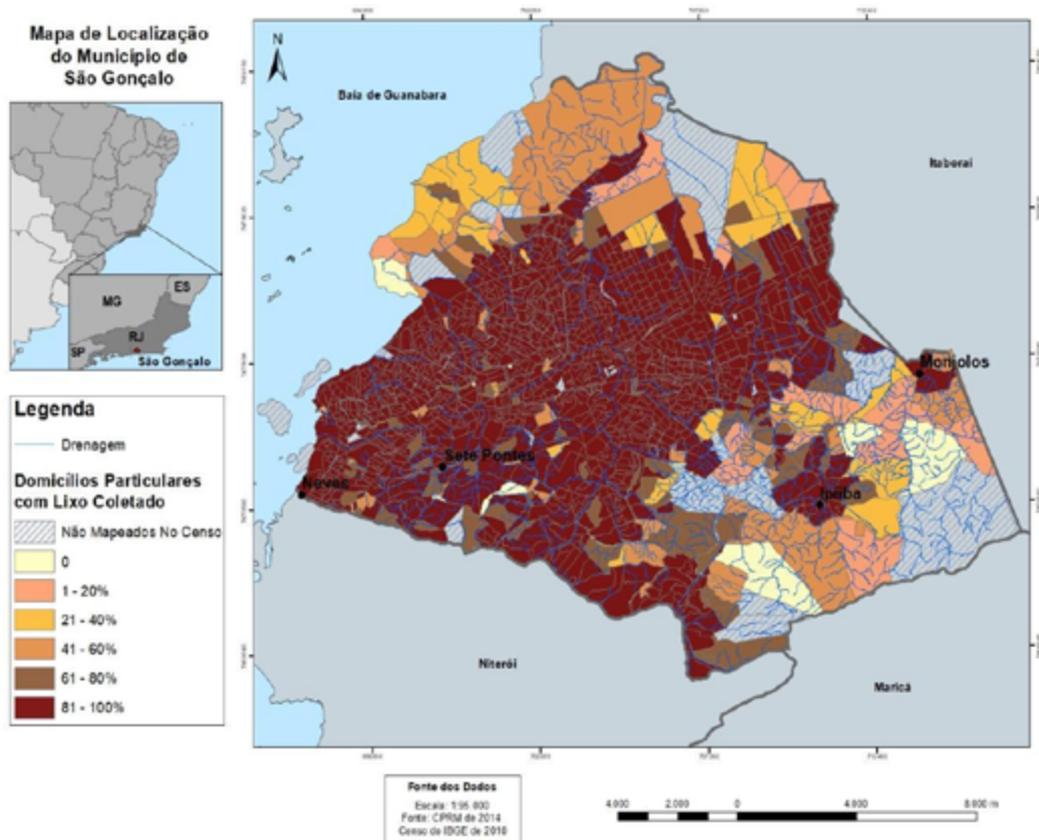
Fonte: CPRM

Visando entender o perfil social e demográfico da população que ocupa o município de São Gonçalo, bem como as áreas mais suscetíveis a movimentos de massa foram confeccionado mapas com os dados do Censo demográfico do IBGE (2010). Desta forma, o mapa de abastecimento (**figura 2**) corresponde aos dados de domicílios particulares que possuem fornecimento de água. A escassa em Azul escuro, mais predominante, indica que de 81 a 100% dos domicílios recebem abastecimento de água. Resultado, em maioria, circunscrito aos distritos de Neves, Sete Pontes e Ipiiba, e em menores proporções encontrado no distrito de Monjolos. Na ausência do serviço de abastecimento de água, a população acaba recorrendo a obras clandestinas que muitas vezes geram vazamentos, deixando o solo encharcado, principalmente em áreas de encostas, e, assim, mais propenso a romper. Pode-se observar que as partes hachuradas no mapa são referentes aos locais que não foram mapeados pelo censo, enquanto o azul mais claro onde corresponde que menos de 1% dos domicílios encontra-se sem acesso.



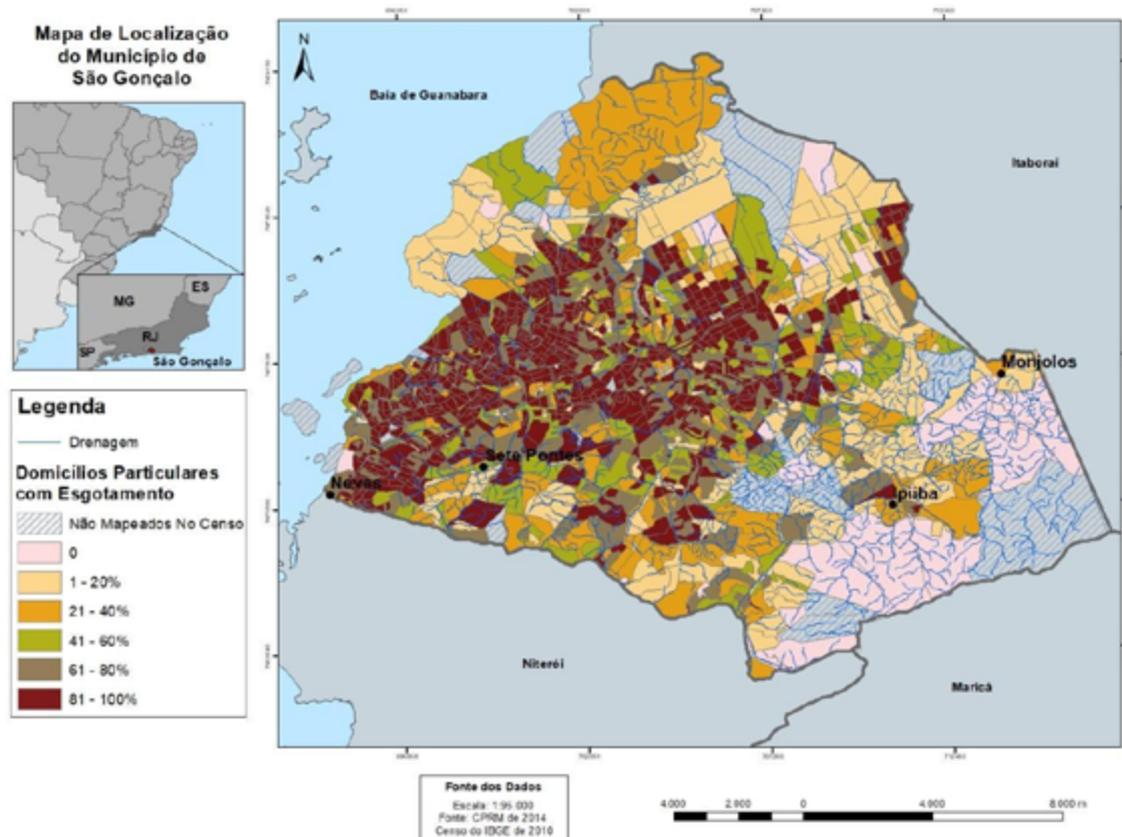
**Figura 2:** Mapa referente aos domicílios que possuem abastecimento de água no município de São Gonçalo (RJ).  
Fonte: IBGE 2010

Já no mapa de coleta de lixo (**figura 3**) observamos que os domicílios que possuem coleta representam 80% do município, apenas o distrito de Monjolos apresenta os baixos índices de coleta. Isto permite inferir que a não disponibilização deste serviço pode gerar o descarte indevido deste material, que por sua vez pode deflagrar, a longo prazo, movimentos de massa, como já ocorreu em outros municípios do Estado do Rio de Janeiro.



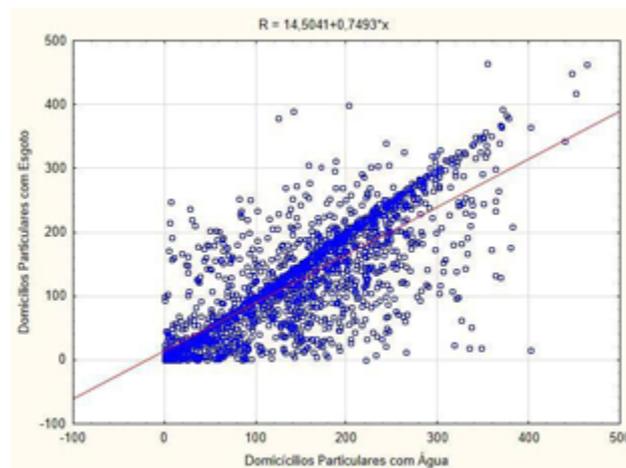
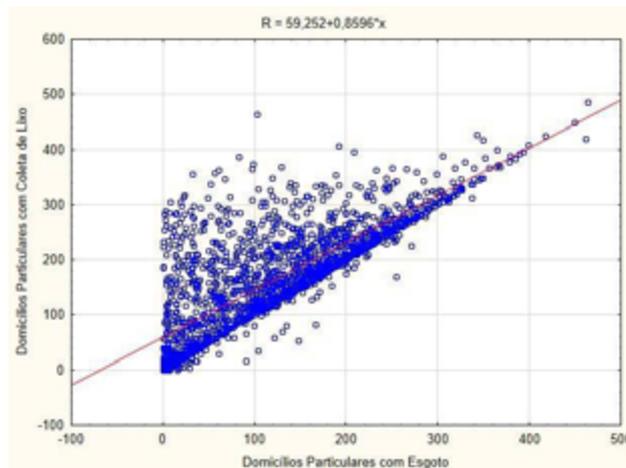
**Figura 3:** Mapa referente aos domicílios com coleta de lixo no município de São Gonçalo (RJ).  
Fonte: IBGE 2010

Na **figura 4** observamos o mapa referente aos domicílios com esgotamento sanitário podemos verificar que este serviço não abrange todo o município, desta vez não só o distrito de Monjolos, mas Ipiiba também possuem uma menor concentração deste serviço. Os distritos de Neves e Sete Pontes seguem tendo a maior concentração do serviço chegando a apresentar grandes parcelas dos setores censitários, entre 41 -100% de esgoto sanitário. A falta deste serviço faz com que a população descarte, na maioria das vezes, os resíduos domésticos via vala a céu aberto, formando nas encostas áreas constantemente saturadas. Nas partes mais baixas do relevo temos a contaminação e o assoreamento dos canais fluviais. Além das inúmeras doenças que essa situação pode gerar. Portanto, essa variável é de extrema importância em estudos de vulnerabilidade socioambiental.



**Figura 4:** Mapa referente aos domicílios que possuem esgotamento sanitário do município de São Gonçalo (RJ).  
Fonte: IBGE 2010

Com o programa Statistica foi realizado a análise de dispersão das variáveis selecionadas do IBGE (**Figura 5**). Todos os gráficos apresentaram uma correlação positiva, mas nem todas as correlações foram fortes. O que nos indica um desequilíbrio na oferta de serviços de infraestrutura básica para a população. No primeiro gráfico correlacionamos os dados de domicílios particulares com abastecimento de água e domicílios particulares com coleta de lixo, o valor de R encontrado foi de 0,782, indicando assim uma correlação média dessas variáveis. Nos permitindo perceber que a oferta de coleta de lixo se sobrepõe à oferta de água. No segundo gráfico, com a correlação de domicílios particulares com coleta de lixo e domicílios particulares com esgoto sanitário, encontramos o valor de R de 0,859. Apresentando assim uma correlação mais forte que as primeiras variáveis analisadas no gráfico 1, inferimos que a oferta desses serviços é mais satisfatória no município, embora não seja o ideal, além do gráfico mostrar uma oferta maior de serviço de coleta de lixo, do que serviço de esgoto sanitário.



**Figura 5:** Gráficos de dispersão de correlações.  
Fonte: IBGE 2010

Ainda na figura 5 o último gráfico, apresentou a correlação mais fraca com R de 0,749 neste observamos as variáveis de domicílios particulares com esgoto sanitário e domicílios particulares com abastecimento de água. Com destaque para mais domicílios com oferta de água, do que serviço de esgoto. Indicador extremamente problemático, uma vez que a ineficiência do serviço de esgoto pode levar ao descarte do mesmo no solo, podendo resultar assim em processo de saturação do solo e, por conseguinte, uma redução da sua resistência ao cisalhamento. Essas são duas variáveis de extrema importância para análises na perspectiva ambiental e geotécnica, portanto, que merecem uma atenção do poder público.

## 5. Conclusão

De forma geral, de acordo com as análises dispostas e discutidas, o município de São Gonçalo possui uma área considerável em situação de baixa suscetibilidade a movimentos de massa, entretanto, a área considerada de alta suscetibilidade é altamente urbanizada abarcando grande extensão do distrito de Sete Pontes. Ao analisarmos os dados do Censo, observamos que os serviços públicos chegam em grande parte do Município, no entanto, existem unidades censitárias com oferta baixa e não satisfatória desses serviços. No Distrito de

Sete Pontes, localizamos algumas unidades censitárias nessa situação, 35,49% do abastecimento de água dos domicílios se enquadram no grupo dos valores abaixo de 50%, outro dado relevante também são os dados referentes a domicílios que possuem esgotamento sanitário que 84,50% se enquadram no grupo dos valores apresentados abaixo de 50%, o que nos permite inferir que a associação da suscetibilidade com a vulnerabilidade social pode transformar essas regiões em palco de grandes catástrofes.

A análise estatística nos permitiu corroborar a informação na qual o município embora disponha de grande oferta de serviços ainda não está na situação ideal, ou seja com todos os serviços sendo ofertados a população.

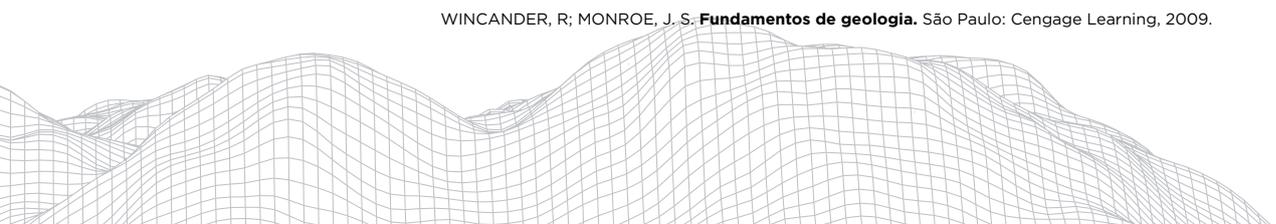
Em virtude dos dados expostos, conseguimos indicar do ponto de vista espacial e quantitativo os serviços urbanos que necessitam de mais investimentos do poder público. A oferta desses serviços associados a políticas de gestão e prevenção de catástrofes ambientais, resultará em ações mais assertivas. Além de auxiliar em políticas que levam em consideração a realidade da população que ocupa as áreas mais suscetíveis do município.

### Agradecimentos

Agradecemos ao Laboratório Interdisciplinar de Estudos Geoambientais - LIEG, UFRJ pela concessão da infraestrutura para o desenvolvimento da mesma. Agradecemos também ao CPRM e IBGE pela disponibilização de seus acervos textuais e dados. E ao CNPQ pelo fomento à pesquisa.

### Referências

- CARVALHO, C. S. & GALVÃO, T (2016). Prevenção de riscos de deslizamentos. Em C. K. Maria da Piedade Moraes, **Caracterização e Tipologia de Assentamentos Precários: estudos de caso brasileiros** (p. 540). Brasília: Ipea.
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). **Movimento de Massa**. Disponível em < <https://www.cemaden.gov.br/deslizamentos/> > Acesso em 06/03/2020.
- EMATER-RIO. **Características climáticas de São Gonçalo** - RJ. Secretaria de Agricultura e Pecuária do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Dados do Censo de 2010**. Disponível em: < <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html> > Acesso em 05/02/2019.
- NUNES, Lucí Hidalgo; **Urbanização e desastres naturais: subtítulo do livro**. Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- Schlee, M. B. (2013). **Padrões e Processos de Ocupação das Encostas em Cinco Cidades Brasileiras : Estudo Comparativo da Morfologia da Paisagem**. *Paisagem e Ambiente: ensaios*, 32, 33-66. doi:<https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i32p33-66>
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: Nova técnica explicativa**. 2014. Estado de São Paulo e Brasília DF: IPT
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - Rio de Janeiro**. Dados para download. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Rio-de-Janeiro-5082.html> > Acesso em: 05/02/2019.
- SILVA. Luiz Carlos da; SILVA, Hélio Canejo da (Orgs.). **Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2001.
- WINCANDER, R; MONROE, J. S. **Fundamentos de geologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.



# ASSENTAMENTOS RURAIS EM BODOQUENA-MS: REALIDADES AMBIENTAIS ORIUNDAS DA REORGANIZAÇÃO SÓCIOESPACIAL PARA ESTUDOS EM GEOMORFOLOGIA

614

*Valter Guimarães*

*UFMS/CPAq*

*Rua Visconde de Taunay, 324 Guanandy, Aquidauana/MS, CEP*

*79.200-000*

*E-mail: vguimar@bol.com.br*

*Daiane Santana Santos*

*Rua Visconde de Taunay, 324 Guanandy, Aquidauana/MS, CEP*

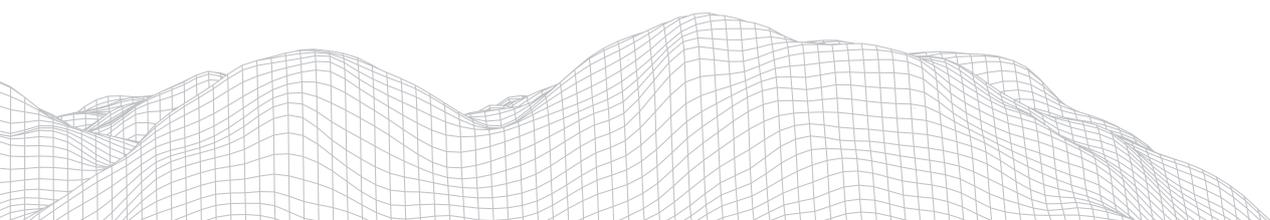
*79.200-000*

*E-mail: daianeantanageo@gmail.com*

### Resumo

A questão das formas de utilização da terra em áreas rurais parece estar relacionada à probabilidade do surgimento de situações que podem colocar em risco a sustentabilidade de ambientes, incluso os espaços destinados à reforma agrária, quando na região das áreas destinadas ao parcelamento dos lotes é marcante a tectônica de dobras e falhas, gradiente acentuado das encostas, solos jovens e ou de pouca espessura, como é o caso nos assentamentos rurais do município de Bodoquena em Mato Grosso do Sul. Neste estudo procurou-se reunir subsídios agregando aspectos pré e pós-ocupação dos espaços a partir das publicações e incursões a campo em diferentes momentos. Os resultados mostram etapas de utilização das terras com avanços e recuos limitados ao espaço territorial atual, como também mostram a representatividade da rede hidrográfica influenciando nas características das formas do relevo, assentado sobre rochas das formações Cerradinho e Bocaina, principalmente.

**Palavras-chave:** Cenários Antropizados, Assentamentos Rurais, Geomorfologia.



## 1. Introdução

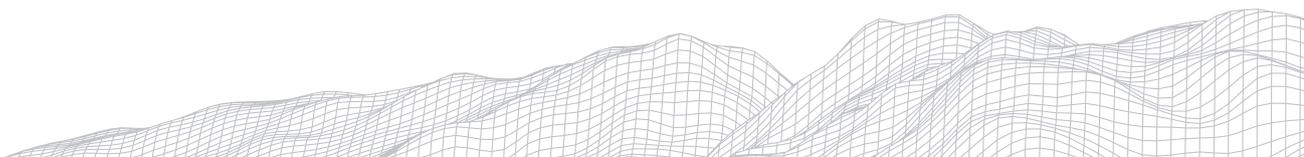
Os estudos em Geomorfologia Antropogênica parecem haver surgido a partir dos problemas ambientais relacionados às ações antrópicas de maior vulto, como por exemplo, a da construção de barragens em canais fluviais, interferindo diretamente na sua morfodinâmica, tanto a jusante como a montante deste tipo de interrupção de fluxo fluvial. Outro exemplo em evidência diz respeito aos ambientes urbanos, principalmente relacionados à ocorrência de enchentes, que vem contribuindo negativamente nos estados de conforto humano.

Conforme Paschoal, Simon e Cunha (2015), a partir da publicação de Dov Nir (Man, a geomorphological agent, 1983), enfatizam o surgimento da Geomorfologia Antrópica como estudos das ações humanas na alteração do relevo, possibilitando o entendimento sistêmico na Geomorfologia Antropogênica, tendo como, por exemplo, cenários ambientais de apoio contemplando períodos que antecederam aumentos no quantitativo humano e modificações nas lidas da terra agrícola pelos agrupamentos esparsos das ocupações humanas com cenários em transformação. As atividades de “desbravamento do espaço” podem vir a desencadear processos que levam a desequilíbrios no meio físico das áreas, como por exemplo, nos programas de assentamentos de famílias realizados principalmente pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

No Brasil até o final da primeira metade do século passado, em face de uma produção agrícola restringida ao consumo interno, a preocupação com a conservação do Ambiente rural podia ser considerada pouco expressiva. A partir da década de 1960 as informações começaram a ser mensuradas e correlacionadas entre si. Comparando-se as épocas percebem-se avanços de uma visão antropocêntrica, quando, na década de 1970 o aumento da produção era prioridade, ou seja, intensificavam-se as regras criadas pelas necessidades do mercado financeiro, expondo os solos à degradação mais ativa (POLTRONIERI, 1980).

No Mato Grosso do Sul, unidade federativa desmembrada do antigo Estado de Mato Grosso, no final da década de 1970, uma das heranças significativas com visão antropocêntrica foi a da existência da Colônia Nacional Agrícola da Região de Dourados, a primeira grande frente pioneira, herança herdada do “antigo Estado”, assentada em superfície marcante na utilização da terra agricultável, tapete pedogenético oriundo da decomposição de rochas efusivas básicas. Este modelo de uso e aproveitamento do solo agrícola avançou inicialmente com plantios de forma sazonal e já há algum tempo na forma de plantio direto em direção ao Norte (Chapadão de São Gabriel na Unidade Geomorfológica do Planalto de Maracaju-Campo Grande) e posteriormente para Leste (Chapadão do Sul no extremo sul da Unidade Geomorfológica do Planalto Setentrional da Bacia do Paraná), colocando intensivamente não só a visão, mas o domínio antropocêntrico sob a égide dos interesses econômicos do mercado financeiro de exportação. Tanto ao Norte como para Leste, em superfícies erosivas pediplanadas atuam dinâmicas hidrogeomorfológicas dos sistemas hidrodinâmicos Paraguai/Paraná (RADAMBRASIL, 1982/1983, volumes 28/31 respectivamente; GUIMARÃES e CHRISTOFOLETTI, 2001).

Em Bodoquena, publicações destacam antecedentes do surgimento do município oriundo de antigas terras devolutas, inicialmente nomeadas como Colônia Arnaldo Estevão de Figueiredo em 1948, quando de sua criação pelo governo de Mato Grosso, um assentamento com aproximadamente 860 lotes distribuídos às famílias, com tamanho médio em torno de 35 hectares, posteriormente elevada à categoria de distrito do município de Miranda em 1963, também conhecida como distrito do Campão (área de campos repleta de pastagens naturais), emancipando-se em maio de 1980. Deve-se ressaltar o restrito número de fazendas de gado abrangendo grandes extensões areais dentro do município



(Teixeira, 1986; Campestrini e Guimarães, 1995; <https://www.bodoquena.ms.gov.br/conheca-bodoquena/historia-do-municipio/1>). Nota-se então que desde o final da primeira metade do século passado as superfícies geomorfológicas do relevo serrano (integrante da unidade geomorfológica do Planalto da Bodoquena) já apresentavam sinais de ações antropocêntricas sobre a paisagem local (GUIMARÃES e SILVA, 2013).

Atualmente, no município de 2.514,30 km<sup>2</sup> há terras ocupadas por mais quatro assentamentos rurais criados até o final da década de 1990: Assentamento Campina, 2.418,7139ha e 76 famílias assentadas; Assentamento Canaã 4.491,2385ha e 249 famílias assentadas; Assentamento Sumatra 4.719,81ha e 135 famílias assentadas, e Assentamento Serro Alegre 1.795,4318ha e 80 famílias assentadas (GUIMARÃES e SANTOS, 2019).

Destes, apenas as terras do Assentamento Canaã são de aquisições realizadas pelo Governo do Estado e as demais foram adquiridas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária-INCRA, destacando-se que ainda não há a transferência definitiva dos lotes às famílias de assentados em todos eles. Assim, das ações antropocêntricas iniciadas na antiga Colônia Arnaldo Estevão de Figueiredo e áreas das fazendas de gado vizinhas, no novo município, estas novas ações antrópicas, individualizadas em lotes, cresceram com um contingente populacional de aproximadamente 540 famílias, na época, em média, cada família era composta por quatro indivíduos, reterritorializando os antigos cenários das áreas de fazendas de gado adquiridas para a concretização do processo de assentamento (inclusas áreas da antiga Colônia Arnaldo Estevão de Figueiredo, destacando-se que nesta última em torno de 25 famílias permaneceram nos lotes) (GUIMARÃES, 2019).

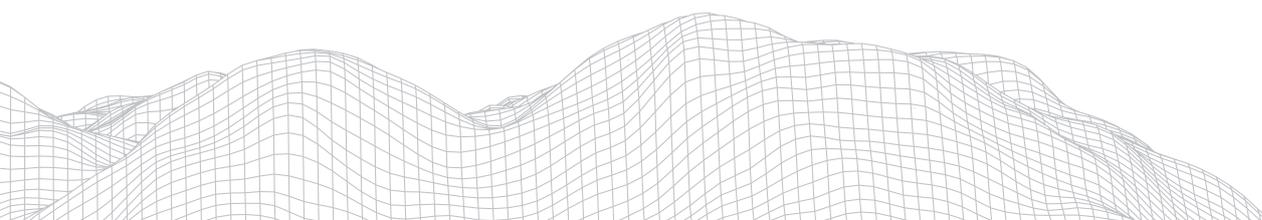
## 2. Área de Estudo

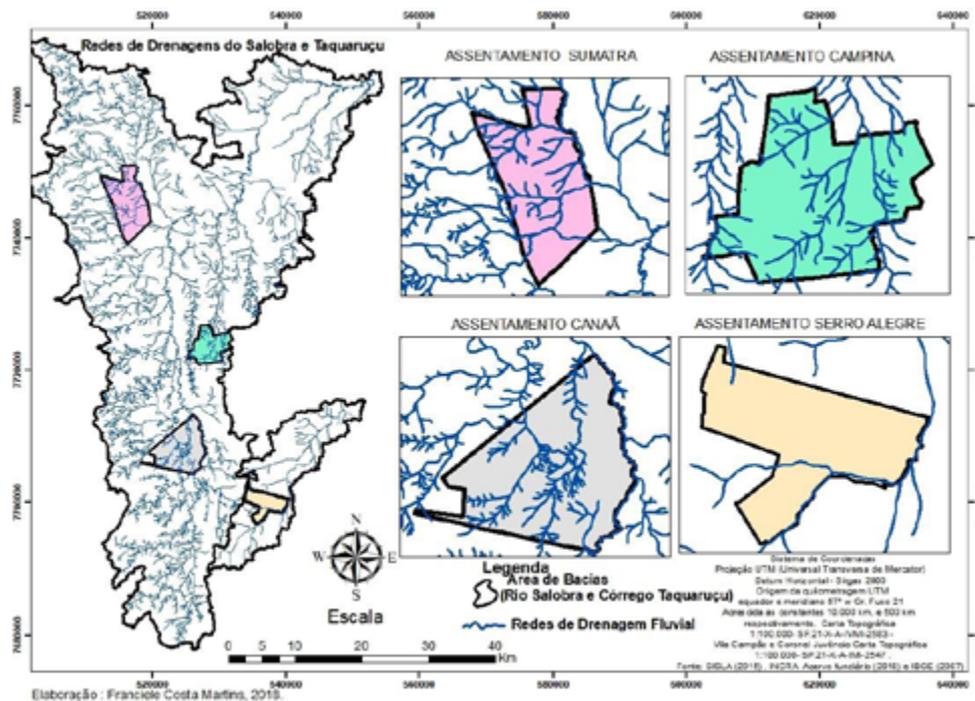
O município posiciona-se na região do Planalto da Bodoquena, setor sudoeste de Mato Grosso do Sul, entre os paralelos de 20°07'03" e 20°20'04" L.S., e os meridianos de 56°33'07" e 56°45'03" W.G., com sua sede distando 269 km de Campo Grande, capital do Estado. O acesso pode ser feito através da BR-262, MS-339 (Miranda) ou BR-419 MS-178 (Guia Lopes da Laguna), (GUIMARÃES e SILVA, 2013).

Hidrológicamente as águas são controladas pelo nível de base do canal do rio Miranda, recebendo tributários que atuam sobre as encostas dos relevos das áreas dos Assentamentos Campina II, Canaã e Sumatra como é o caso da rede de drenagem do canal do rio Salobra, e, no caso do Assentamento Serro Alegre, a organização da rede de canais fluviais conlui para o canal do rio Chapena, tributário do rio Miranda, figura 1, (MARTINS, SANTOS e GUIMARÃES, 2018).

### 2.1 O Projeto de Assentamento Campina II

Localizada a aproximadamente 9 km da sede municipal, a área da gleba Campina II posiciona-se entre a faixa da rodovia MS-178 a Leste, canal fluvial do córrego Escondido a Oeste, cabeceiras de nascentes formadoras dos canais fluviais dos córregos Campina e Escondido ao Sul, ambos tributários do rio Salobra, e faixas de domínio do canal do rio Salobra ao Norte. Nesta última de forma limitrofe, parte das terras da antiga colônia agrícola Dr. Arnaldo Estevão de Figueiredo são conhecidas como Campina I. No Campina II a área dos lotes, na maioria é inferior a trinta hectares com uso da terra para subsistência principalmente (lavoura e pequena criação de gado, aves e suínos) (GUIMARÃES e SILVA, 2013)).





**Figura 1:** Área de Estudo na bacia de drenagem dos canais do rio Salobra e Córrego Taquaruçu espacializando áreas dos Assentamentos: Sumatra, Campina II, Canaã e Serro Alegre. Fonte: adaptado de Martins, Santos e Guimarães (2018).

### 2.2 O Projeto de Assentamento Canaã

Dista a aproximadamente 25 km da sede do município de Bodoquena, faixa sudoeste. O acesso a partir da MS-178 é realizado em estrada não pavimentada. A área está inserida totalmente na bacia do rio Salobra, alimentado pelos canais fluviais dos córregos Seco, Palhadão, Azul, Limoeiro e o Salobrinha, seu principal tributário.

O uso parcial da terra devido às dificuldades de manejo do solo, em relevo de gradiente inclinado, como lavoura, permite produzir: banana, milho, mandioca, feijão, arroz, hortaliças em geral, destinados em grande parte ao consumo local. As atividades da pecuária, leite e vendas em pé, são predominantes. Também há a criação de suínos e aves. A atividade turística desenvolve-se na região do Córrego Azul (lago azul) e Rio Salobra (cachoeira boca do onça), principalmente. É importante ressaltar que ultimamente há vários lotes abrigando mais de uma família (GUIMARÃES, 2019).

### 2.3 O Projeto de Assentamento Sumatra

Ocupando terras a Noroeste da sede do município, o acesso é pela estrada da Morraria, cuja agrovila dista aproximadamente 35 km. Em média os lotes apresentam tamanhos próximos dos 23 hectares. A riqueza hidrográfica com presença marcante é dada pelos canais fluviais dos córregos: Iguazu, Peixe Frito, Lambari, Bahia Bonita, Paca, Pedreira, Tereré, Capim Branco. As atividades produtivas envolvem as da agricultura (lavouras), pecuária e a agroindústria (sazonal). Produção agrícola: abóbora cabotiã, arroz, banana, milho, mandioca, amendoim, feijão, hortaliças em geral, destinados ao consumo e à comercialização na feira livre da sede do município; alguns produtos são vendidos para fora do município, outros são fornecidos para a Agroindústria dentro do próprio assentamento, onde são transformados em subprodutos e vendidos dentro e fora do assentamento contribuindo para a renda local das famílias. Produzem também cana-de-açúcar

para alimentar o gado. Pecuária: predomina o gado de corte havendo também o gado leiteiro que atende dentro e fora do município com a venda de derivados e do próprio leite. Cita-se também a criação de suínos e aves, para subsistência e comercialização (GUIMARÃES, 2019).

#### 2.4 O Projeto de Assentamento Serro Alegre

Tendo como localização geográfica as terras a sudoeste da sede do município de Bodoquena O acesso é pela rodovia MS-178, distando da sede cerca de 33 quilômetros, tendo como limite sul o canal do córrego Taquaruçú na divisa com o município de Bonito, sendo este tributário do rio Chapena tributário do canal do rio Miranda. As dificuldades de acesso à água, tanto subterrânea como pela escassa rede hidrográfica, fez com que o uso agrícola e pecuário das terras se limitasse, por mais de uma década a apenas produtos de subsistência.

### 3. Metodologia

Inicialmente buscou-se compreender o significado do uso antrópico em atividades rurais e a importância dos diagnósticos no campo da Geografia Física. Assim, foram consultados os trabalhos de Poltronieri (1980), Paschoal, Conceição e Cunha (2010), Veneziani (2014), Paschoal, Simon e Cunha (2015).

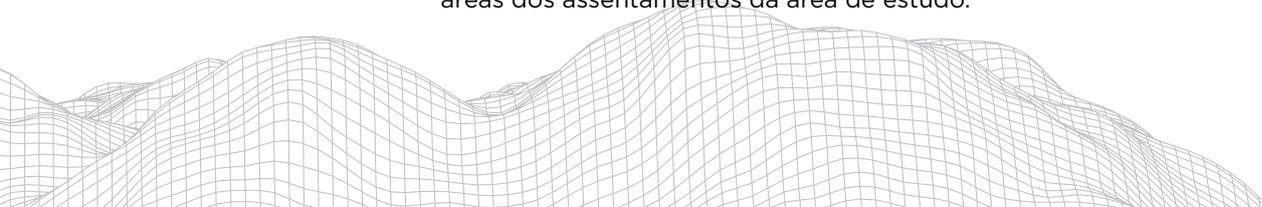
Artigos evidenciando o resultado de pesquisas na área de estudo foram objeto de fonte de argumentações a respeito dos condicionantes físicos, como Almeida (1965), Corrêa et al (1976), Alvarenga, et al (1982), Araújo et al (1982), bem como dos resultados apurados nos ambientes da área de estudo publicados em diversos eventos de natureza local, regional, nacional e internacional.

Foram aproveitados os registros planialtimétricos e da rede de drenagem fluvial das cartas topográficas da Região Centro Oeste do Brasil na escala de 1:100.000, com equidistância de 40 metros, representadas pelas Folhas SF.21-X-A-IV (Vila Campão), SF.21-X-AI (Coronel Juvêncio) e SF.21-X-AII (Miranda), editadas pela DSG do Ministério do Exército, co-relacionados aos elementos físico-naturais da paisagem e associadas às informações coletadas em campo.

Na produção do mapa de uso do solo dos anos de 1987 e 2007 da bacia hidrográfica do Rio Salobra, figura 2, as informações foram registradas no programa SPRING 4.3.3 a partir das respectivas imagens LANDSAT TM 5. Nessa etapa foram selecionados pontos de controles, coletados com GPS a campo. As escolhas dos pontos de controle partiram das feições possíveis de serem identificadas à época, com precisão na imagem, nas cartas e no campo, (SILVA NETO e GUIMARÃES, 2008).

Os procedimentos metodológicos na produção do mapa da rede de drenagem do rio Salobra e Córrego Taquaruçú, figura 1, se pautaram no uso de (SIGs) Sistemas de Informação Geográfica, utilizados os Programas Global Mapper 13.2<sup>®</sup> e ArcMap 10<sup>®</sup>. Na primeira etapa foram utilizados os recursos do Programa Global Mapper na criação de linhas de drenagens. Na etapa posterior à conclusão da moldagem, exportou-se os dados ao programa Arc Gis 10<sup>®</sup>, em formato shapefile e projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) e na sobreposição dos dados sobre layers (camadas) para a produção do mapa (MARTINS, SANTOS e GUIMARÃES, 2018).

O mapa da geomorfologia regional, figura 4, foi extraído do anexo ao Relatório Final da Folha Campo Grande, do projeto RadamBrasil (1982) procurando enfatizar a distribuição dos seguimentos das formas de relevos no Planalto da Bodoquena, notadamente enfatizando aqueles onde estão assentadas as áreas dos assentamentos da área de estudo.



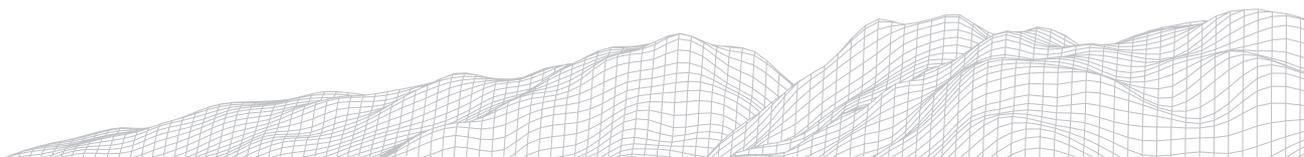
#### 4. Resultados e Discussões

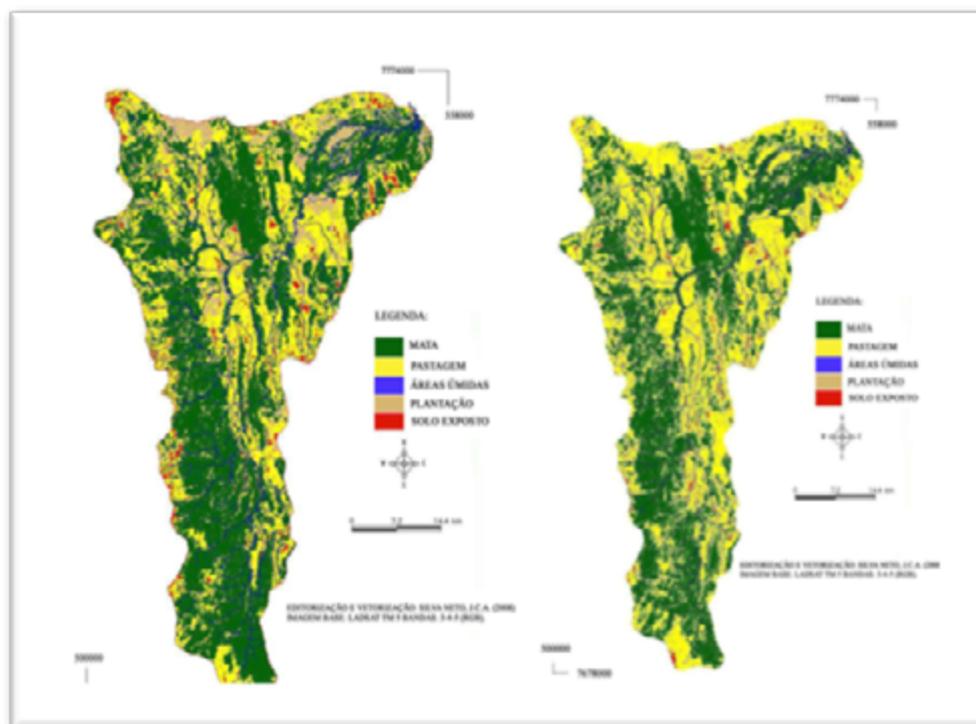
Conforme Marques e Moura (2003), apud in Silva Neto e Guimarães (2008), nos países onde parte da população subsiste em um nível abaixo da pobreza, há uma necessidade de se converter as florestas primitivas em áreas cultiváveis. No caso da área de estudo, notou-se que a prática do uso da terra com pastagens, anterior ao processo de assentamento das famílias, continua predominante, porém limitado aos espaçamentos dos lotes, complementado com cultivos agrícolas básicos, respeitando-se os espaços de reserva coletiva que tem como forte aliado as condições determinísticas do relevo serrano, frente às condições técnico/financeiras dos assentados.

Das publicações mostrando resultados obtidos na área de estudo, constatou-se que a maioria dos assentados abandonou e/ou arrendou seus lotes, fato comum em todos os assentamentos mencionados, ampliando o uso da terra com pastagens para o gado bovino.

Os mapas de uso e ocupação na bacia do Salobra, figura 2, referente aos anos de 1987 e 2007 representam, dentro do intervalo de tempo, estados pré e pós desenvolvimento das atividades de uso e ocupação nos assentamentos Campina II, Canaã, Sumatra e Serro Alegre, lembrando ainda da área ocupada no início da segunda metade do século passado nos lotes da antiga Colônia Arnaldo Estevão de Figueiredo (área ao Norte das terras do Assentamento Campina II). Tratando-se dos demais usos do solo como plantação, áreas úmidas e solo exposto, verifica-se certa estabilidade com exceção da classe plantação que apresentou seu maior índice no mapa de uso do solo em 1987, que pode ser atribuído à implantação de assentamentos rurais na bacia e conseqüentemente que a preparação das terras dos lotes para a produção agrícola tenha se intensificado em 1987 com a necessidade de produzir alimentos para subsistência. Ao verificar a situação em 2007, pode-se entender o abandono do uso da terra agrícola, porém a ampliação dos espaços com a pecuária fica evidente invadindo inclusive as áreas de matas (serra da Bodoquena), parcialmente. As dificuldades impostas pelas características topográficas do relevo serrano principalmente na faixa oeste, talvez também as questões ambientais e outros possam ter contribuído como fatores limitantes como pode ser observado nas incursões à campo recentemente.

Segundo Araújo et al. (1982) apresentado no projeto RADAMBRASIL folha Campo Grande, a área pesquisada apresenta-se estruturada litologicamente sobre o arcabouço geológico da Formação Cerradinho, Formação Bocaina rochas do Pré-cambriano Superior. O Planalto da Bodoquena ergue-se como um extenso divisor entre a bacia do rio Paraguai (a oeste) e as sub-bacias do Apa (a sul) e Miranda (a leste). Estruturalmente complexo, corresponde à terminação sul da grande faixa de dobramentos lineares, afetados por falhas de empurrão, constituída de sedimentos antigos, que integram o Geossinclíneo Paraguaio (Almeida, 1965).





**Figura 2:** Bacia do Salobra, usos e ocupação para os anos de 1987, aparecendo nas áreas desmatadas o uso agrícola da terra, e de 2007, onde espaços agrícolas são substituídos por áreas de pastagens.

Fonte: Silva Neto e Guimarães, 2008.



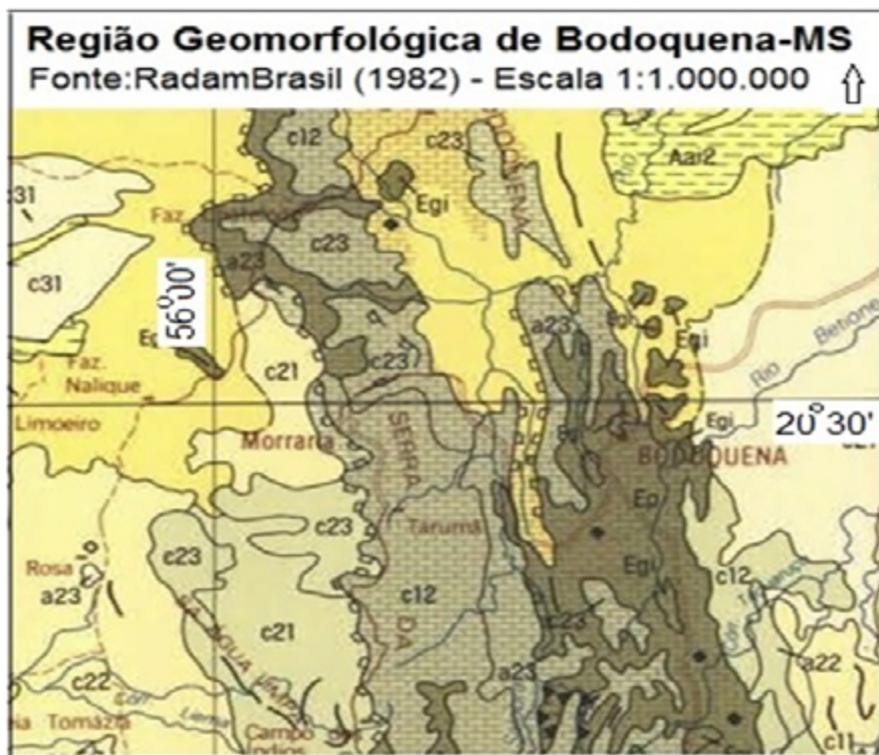
**Figura 3:** Cenários da Área de Estudo: Assentamentos Sumatra (A), Campina II (B), Canaã (C) e Serro Alegre (D).

Todas as fotos evidenciam o uso da terra com pastagens (atividade predominante). Notar a presença constante do relevo serrano, ora recoberto pela vegetação natural, ora cedendo espaços para o uso com pastagens.

Fonte: Arquivo dos Autores

Em se tratando de divisor de águas, a serra da Bodoquena funciona como área de cabeceiras fluviais. Para norte segue o rio Salobra, afluente do Miranda, canal fluvial e bacia hidrográfica mais representativa na área de estudo. O canal do rio Salobra corta toda a parte centro-norte da serra, abrindo um expressivo canyon na borda setentrional da mesma, o mesmo acontecendo com o canal do córrego Escondido até a foz com o Salobra, figura 3. O Planalto da Bodoquena, segundo Alvarenga, et al (1982) compreende, portanto, um conjunto de relevos serranos de caráter residual, onde o bloco mais representativo é composto pela serra da Bodoquena. Nos assentamentos Campina, Canaã e Sumatra a presença de elevações de topo pouco arredondado, vertentes convexas ou convexo-côncavas, pequenos vales em V e em processo de achatamento, associados a solos de pouca espessura estão em constante risco de movimentação de material coluvial e maiores volumes detriticos nos períodos de chuvas concentradas.

Na área de estudo, as faixas de relevo serrano Norte-Sul, apresentam morfologia a partir dos substratos das formações Cerradinho e Bocaina ao longo da principal linha de drenagem fluvial representada pelo canal do rio Salobra. Mostram a partir da margem esquerda topografias convexas com diferentes graus de aprofundamento da drenagem com abertura de vales inferiores a 750 metros (RadamBrasil, 1982), reduzindo-se ainda mais quando se avança para a borda Oeste do Planalto da Bodoquena. A partir da margem direita a topografia tem domínio de superfícies pediplanadas, figura 4. Nestas faixas estão concentradas as áreas dos assentamentos Campina II, Canaã e Serro Alegre com melhores condições de uso da terra agrícola, neste último em face das topografias se apresentarem aplainadas/conservadas. Ao Norte, a partir da confluência entre o canal do rio Salobra e o córrego Escondido a área do assentamento Sumatra apresenta topografia enriquecida com produtos de acumulação das elevações serranas circunvizinhas, também com melhores condições topográficas para uso da terra.



**Figura 4:** Mapa Geomorfológico da Região do município de Bodoquena/MS, apresentando faixas areas de domínio das formas convexas (C12/23) (Formação Cerradinho) e faixas erosivas pediplanadas na área de estudo.

Fonte: Relatório do Projeto RadamBrasil - Folha Campo Grande (1982).

## 5. Considerações Finais

Os resultados permitem considerar que:

Na região do município de Bodoquena há a importância da rede de drenagem fluvial no contexto das ações evolutivas do relevo, porém com disponibilidade restrita e bem diferenciada nas áreas dos assentamentos rurais, onde significativa quantidade de lotes não tem acesso às águas fluviais, além do que o adensamento da rede de canais concentra-se mais na faixa oeste do Planalto da Bodoquena;

A utilização da terra, anteriormente destinada à pecuária de corte extensiva representa as primeiras ações pós-derrubada da vegetação original, em cujo espaço posteriormente foi instalado os projetos de assentamentos rurais, com novas ações de desmatamento para usos também com produtos agrícolas, e, mais recentemente as limitações impostas pela topografia restringiu o uso com aproveitamento do espaço com pastagens, estando as famílias de assentados limitada ao território “lote”;

Probabilidades de risco ao uso da terra já estavam presentes sobre os resultados das ações tectônicas de dobramentos e ocorrência de falhamentos que associados às condições climáticas sempre comandaram a evolução do relevo regional e surgimento das formas atuais. No entanto os usos da terra, sejam pelo antigo modelo de pastagem extensiva nas áreas antes ocupadas por fazendas de gado, sejam pelos recentes e mais densos usos tanto com a agricultura de subsistência como principalmente pela pastagem em lotes, confere aos assentados maiores responsabilidades em evitar maiores propagações de risco ao ambiente.

## Referências

ALMEIDA, F. F. M. **Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso)**. Ministério das Minas e Energia (DNPM), Boletim Nº 219. Rio de Janeiro, p. 38- 89; 1965.

ARAÚJO, H. J. T. (et al). Geologia In: **Levantamento de Recursos Naturais, Vol.28, Folha SF. 21 CAMPO GRANDE**. PROJETO RADAM BRASIL, Ministério das Minas e Energia: Secretaria-Geral. Rio de Janeiro. 1982.

ALVARENGA S. M. (et al) Geomorfologia In: **Levantamento de Recursos Naturais, Vol.28, Folha SF. 21 CAMPO GRANDE**. PROJETO RADAM BRASIL, Ministério das Minas e Energia: Secretaria-Geral. Rio de Janeiro. 1982.

BRASIL. M.M.E. Folha SF 21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. In: **Levantamento de Recursos Naturais, volume 28**. Projeto RADAMBRASIL

Rio de Janeiro, 1982. 416 p.

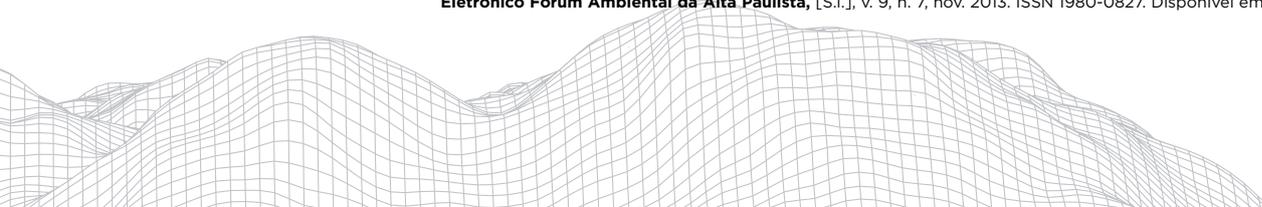
BRASIL, M.M.E. FOLHA SD.22 Goiás: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. In: **Levantamento de Recursos Naturais**, volume 31. projeto RADAMBRASIL - Rio de Janeiro, 1983. 768 p.

CAMPESTRINI H.; GUIMARÃES, A.V. **História de Mato Grosso do Sul**. 4ª edição. 194 pág. Gráfica e pap. Brasília Ltda. Campo Grande, 1995.

CORRÊA, J A et al. **Projeto Bodoquena**; relatório final Goiânia, DNPICPRM, 1976 Bv (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 25731 v 1) 113 p.

GUIMARÃES, V.; CHRISTOFOLETTI, A. Altas Bacias dos Rios Negro e Taboco/MS: subsídios aos programas de desenvolvimento regional. Mendes, I. A. ; Gerardi, L. H. de O. (Orgs). **AGETEO/UNESP**, Rio Claro, p. 315:340, 2001.

GUIMARÃES V; SILVA, K.A. Assentamento Campina: A Organização Espacial em Cenários de Transformação. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S.l.], v. 9, n. 7, nov. 2013. ISSN 1980-0827. Disponível em: <https://amigos-



[danatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/view/548/573](http://danatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/548/573)> v. 9, n. 7, 2013, p. 80-91. Acesso em: 12 abr. 2020.

GUIMARÃES, V. Probabilidades do Surgimento de Áreas de Risco Ambiental na Utilização da Terra em Pequenas Propriedades Rurais no Município de Bodoquena/MS. **Relatório Final de Projeto de Pesquisa**. 136 páginas. UFMS/PROPP-Campo Grande, 2019.

GUIMARÃES, V; SANTOS, D.S. Assentamentos Rurais: A Reconstrução Espacial Limitada à Identidade Territorial. **Anais...** Univ.de Lujano, Buenos Aires, 2019.p. 383-393. Mesa Temática: 2 - Territorios urbanos y rurales en diálogo.

MARTINS, F.C.; SANTOS, D.S.; GUIMARÃES, V. Assentamentos Rurais em Bodoquena/MS: significantes da densidade de drenagem no contexto ambiental. Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial. **Anais...**Londrina, 2018.p. 719-733.

MARTINS, F.C.; GUIMARÃES, V. Morfometria de Redes de Drenagem em Bacias Hidrográficas no Planalto da Bodoquena/MS. **Atas...** Universidade do Minho. Guimarães/Portugal, 2018. p.1003-1008.

PASCHOAL, L.G.; CONCEIÇÃO, F.T. da; CUNHA, C.M.L. da. Alterações na topografia e na rede hidrográfica em áreas de intensa atividade de mineração de argila: O Caso do Ribeirão Santa Gertrudes, interior do estado de São Paulo - Brasil. **Anais...** Universidade de Coimbra, Maio de 2010,p.1-10.

PASCHOAL, L.G.; SIMON, L.H.; CUNHA, C.M.L.da. Geomorfologia Antropogênica e sua Inserção em Pesquisas Brasileiras. **Revista Geographia Meridionalis(Revista Eletrônica do Programa de Pós Graduação em Geografia da UFPEL. RS)**. v.01. n. 01. Junho/2015, 95-126 p. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Geographis/article/view/5691/4185>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

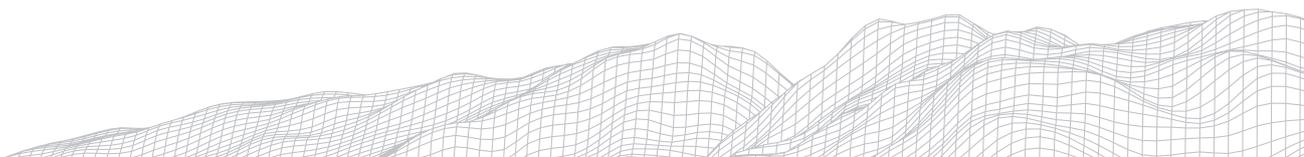
POLTRONIERI, L. C. - **Aspectos sociais, fundiários e de modernização da agricultura paulista entre 1940 e 1970**, RBG, ano 41, n 4, 1980.

SILVA NETO, J.C.A. da; GUIMARÃES, V. USO DO SOLO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: Contradição ou Correlação? **Anais da Semana de Geografia: Dinâmica Econômica, Território e Meio Ambiente no Mato Grosso do Sul**) 4 a 6 DE JUNHO DE 2007 - Campus de Aquidauana.

TEIXEIRA Aristide João, **Bodoquena** - luta e glória de um povo. Texto apostilado, 68 p.

VENEZIANI, Y. **A abordagem da Geomorfologia Antropogênica e de Modelagem Hidrológica e Hidráulica na bacia do Córrego Três Pontes (SP) para determinação de picos de vazão e de vulnerabilidades a inundações**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia - DG/USP. 468 pátinas. São Paulo, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BODOQUENA. **Conheça Bodoquena**: História do Município. Disponível em <<https://www.bodoquena.ms.gov.br/conheca-bodoquena/historia-do-municipio/1>>. Acesso em 12/04/2020.



# AVALIAÇÃO DOS FATORES CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA A PARTIR DE MÉTODO ESTATÍSTICO

625

*José Eduardo Bonini*

*Universidade de São Paulo*

*Av. Prof. Lineu Prestes, 338. São Paulo/SP – CEP 05508-000*

*E-mail: jose.bonini@usp.br*

*Jurandyr Luciano Sanches Ross*

*Universidade de São Paulo*

*Av. Prof. Lineu Prestes, 338. São Paulo/SP – CEP 05508-000*

*E-mail: juraross@usp.br*

*Tiago Damas Martins*

*Universidade Federal de São Paulo*

*Avenida Jacú-Pêssego, 2630. São Paulo/SP – CEP 08260-001*

*E-mail: td.martins@unifesp.br*

*Bianca Carvalho Vieira*

*Universidade de São Paulo*

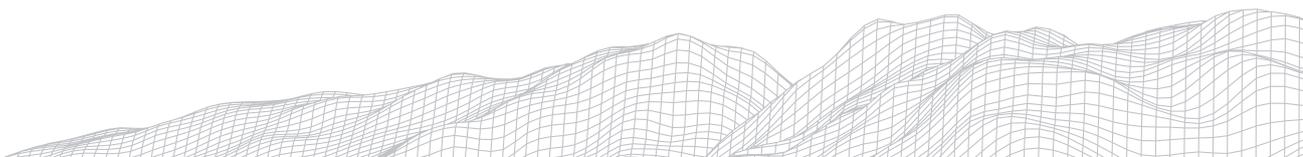
*Av. Prof. Lineu Prestes, 338. São Paulo/SP – CEP 05508-000*

*E-mail: biancacv@usp.br*

### Resumo

Os resultados de modelos estatísticos para avaliação da suscetibilidade a escorregamentos rasos são influenciados pela qualidade e relevância dos dados de entrada utilizados. No entanto, nem sempre é quantificada a relevância das variáveis para a análise. O objetivo deste trabalho foi identificar quais são os principais fatores condicionantes dos escorregamentos rasos no município de São Luiz do Paraitinga (SP) com o método do Valor Informativo. Foi utilizado um inventário de cicatrizes, um mapa geológico (1:100.000) e um conjunto de parâmetros derivados de um Modelo Digital de Elevação (12m). A influência das variáveis sobre o modelo foi avaliada com as Taxas de Sucesso e o mapa final foi validado com a curva de Características de Operação do Receptor (ROC). Os resultados mostraram que o ângulo das vertentes, o uso da terra e o Índice Topográfico de Umidade foram os fatores mais influentes. O mapa final tem qualidade excelente, com valores de área abaixo da curva ROC superiores a 90%.

**Palavras-chave:** Escorregamentos rasos; Valor Informativo; São Luiz do Paraitinga; Planalto de Paraitinga-Paraibuna; Vale do Paraíba



## 1. Introdução

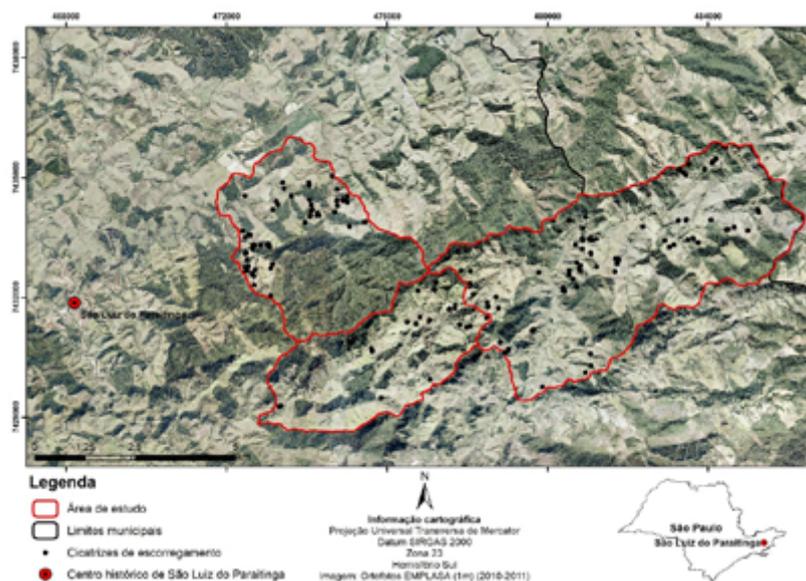
A avaliação da suscetibilidade a escorregamentos rasos pode ser realizada utilizando diferentes métodos. Dentre os métodos quantitativos, considerados mais objetivos, se destacam os modelos estatísticos como o método padrão para as escalas de análise regionais (1:25.000 a 1:250.000) (COROMINAS *et al.*, 2014). Estes métodos estabelecem relações funcionais entre a distribuição espacial das cicatrizes conhecidas e um conjunto de fatores condicionantes (ex.: geologia, solos, ângulo das vertentes, formas do relevo etc.) para caracterizar a suscetibilidade em uma área (GUZZETTI *et al.*, 1999).

A qualidade e a relevância dos dados de entrada utilizados nos modelos estatísticos têm influência determinante sobre a confiabilidade dos mapas finais de suscetibilidade (REICHENBACH *et al.*, 2018). É frequente que trabalhos que se dedicam a avaliar a suscetibilidade a escorregamentos a partir de métodos estatísticos utilizem grandes quantidades variáveis ambientais facilmente obtidas a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE), entretanto, nem sempre são realizados testes para determinação de quais variáveis são mais bem correlacionadas com a distribuição conhecida das cicatrizes (PEREIRA *et al.*, 2012).

O *objetivo* deste trabalho foi identificar quais são os fatores condicionantes de maior destaque na deflagração dos escorregamentos rasos no município de São Luiz do Paraitinga (SP), fazendo uso de método estatístico Valor Informativo.

## 2. Área de estudo

Foram selecionadas três bacias hidrográficas (57 km<sup>2</sup>) no município de São Luiz do Paraitinga (SP) (Planalto de Paraitinga-Paraibuna) (Figura 1). A geologia da área de estudo é composta predominantemente por rochas granitoides e rochas do Grupo Açungui (migmatitos homogêneos e heterogêneos com estrutura estromatítica, nebulítica e anatexítica). Em menor proporção ocorrem micaxistos e quartzo micaxistos e rochas brechóides associadas às zonas de cisalhamento (HASUI *et al.*, 1978).



**FIGURA 1:** Localização da área de estudo  
Fonte: Elaborado pelos autores

O município de São Luiz do Paraitinga foi afetado no verão de 2009-2010 por precipitações intensas e prolongadas, com o mês de dezembro de 2009 sendo o mais chuvoso já registrado (625mm). No dia 31/12/2009 o acumulado de precipitação em 96h chegava a 110mm. As chuvas persistiram até o dia 01/01/2010, somando mais 69mm ao acumulado. Centenas de escorregamentos foram deflagrados nas vertentes do município e uma inundação atingiu as áreas rurais e o centro histórico, causando uma morte e prejuízos graves à infraestrutura e patrimônio histórico do município (BROLLO *et al.*, 2010; STABILE; COLÂNGELO, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

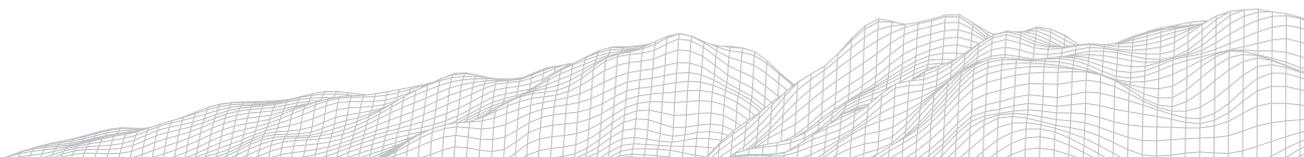
### 3. Materiais e métodos

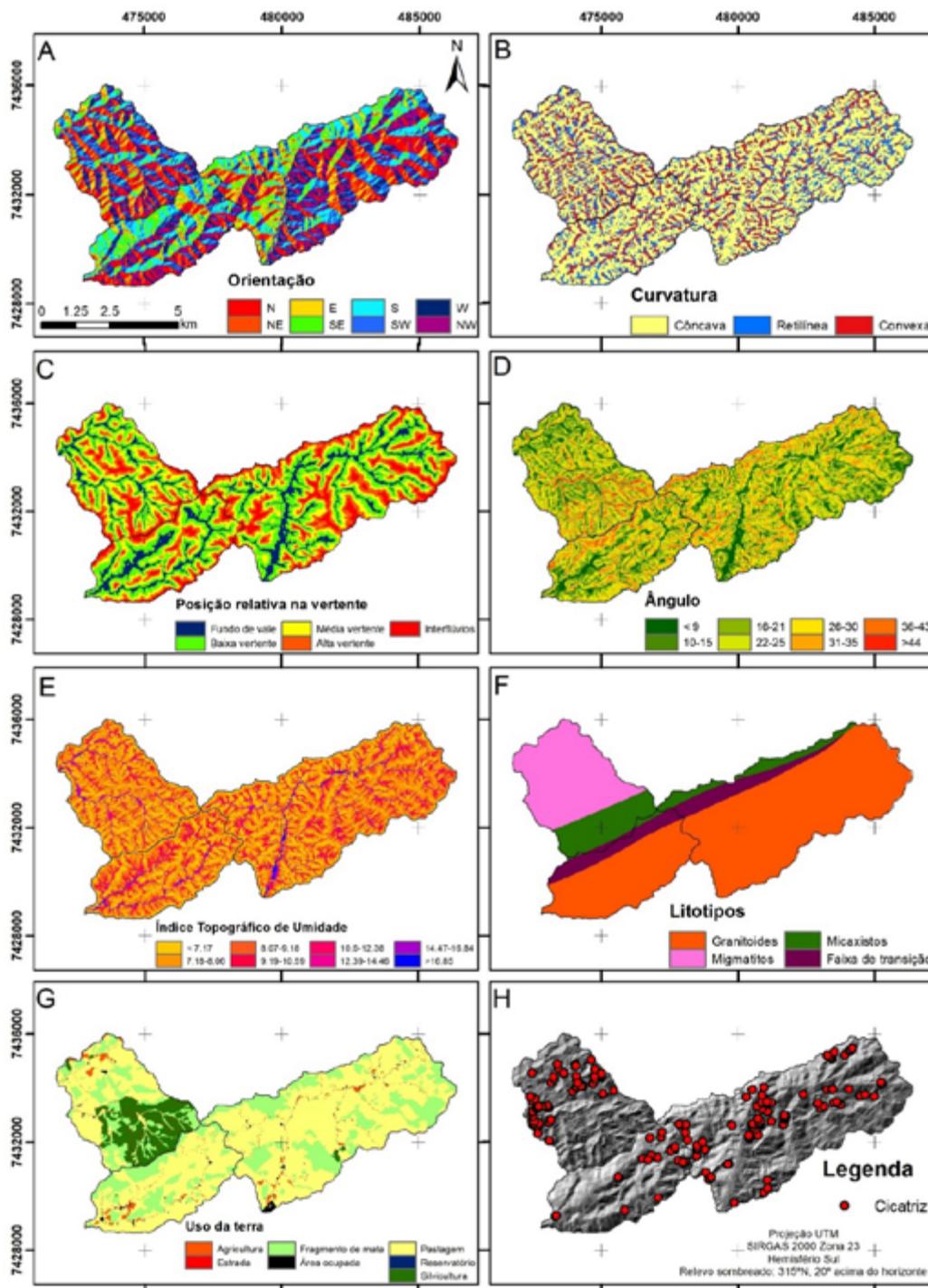
#### 3.1 Dados de entrada para o modelo

O inventário de cicatrizes (1:5.000) foi produzido por Oliveira *et al.* (2018) a partir de interpretação visual de ortofotos (1m de resolução) da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA) dos anos de 2010-2011, imagens disponíveis no *Google Earth* e trabalhos de campo. As feições foram definidas segundo diferenças de cor nas imagens, geometria da cicatriz, posição na vertente e forma do plano de ruptura. Nos municípios de São Luiz do Paraitinga e Lagoinha os autores identificaram 567 cicatrizes (0.65 cicatrizes/km<sup>2</sup>), das quais 186 cicatrizes (3.27 cicatrizes/km<sup>2</sup>) se localizam na área de estudo. Para fins da aplicação do método do trabalho em tela, as feições foram consideradas como pontos, sendo esses definidos no centro do terço superior das cicatrizes.

Foram selecionados sete parâmetros como fatores condicionantes dos escorregamentos (Figura 2): aspecto das vertentes; curvatura geral; posição relativa na vertente; ângulo das vertentes; Índice Topográfico de Umidade; litotipos; e uso da terra.

Os parâmetros morfométricos foram derivados de um Modelo Digital de Elevação (MDE) *TanDEM-X* (12m de resolução) com acurácia vertical e horizontal <10m (KRIEGER *et al.*, 2013). Os litotipos foram obtidos a partir de um mapa geológico (1:100.000) (HASUI *et al.*, 1978). O mapa de uso da terra foi produzido por interpretação visual das ortofotos da EMLASA, sendo identificadas as seguintes classes: agricultura (cultivos de ciclo curto); estradas; fragmentos de mata secundária; áreas construídas; pastagens; reservatórios de água; e silvicultura.





**FIGURA 2:** Dados de entrada para o modelo. (A) orientação das vertentes; (B) curvatura geral; (C) posição relativa na vertente; (D) ângulo das vertentes; (E) Índice Topográfico de Umidade; (F) litotipos; (G) uso da terra; e (H) inventário de cicatrizes.

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.2 Dados de entrada para o modelo

O modelo do Valor Informativo é um método estatístico bivariado que estabelece correlações entre um conjunto de variáveis independentes (categóricas e/ou numéricas) e uma variável dependente (YIN; YAN, 1988). O Valor Infor-

mativo de uma classe  $j$  de um parâmetro  $i$  é definido de acordo com a Equação 1.

$$VI_{ij} = \log \frac{Si/Ni}{S/N}$$

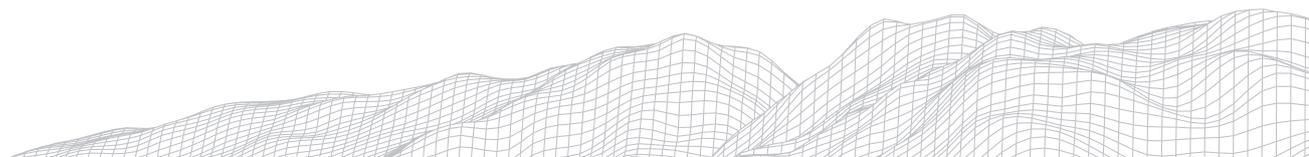
**Equação 1**

em que:  $VI_{ij}$  é o Valor Informativo da classe  $j$  de um parâmetro  $i$ ;  $Si$  é igual ao número de células com cicatrizes na classe  $j$  do parâmetro  $i$ ;  $Ni$  é o número total de células da classe  $j$  do parâmetro  $i$ ;  $S$  é o número total de células com cicatrizes; e  $N$  é o número total de células.

Valores positivos de  $VI_{ij}$  indicam maior probabilidade de que a célula possua cicatrizes de escorregamento. Inversamente, valores negativos de  $VI_{ij}$  indicam baixa probabilidade de que célula possua cicatrizes. Nos casos em que a classe  $j$  não possui cicatrizes de escorregamentos, a Equação 1 não pode ser aplicada. Nestas situações, o  $VI_{ij}$  deve ser definido como um número inteiro inferior ao menor  $VI_{ij}$  computado dentre todas as classes de todos os parâmetros (CIURLEO *et al.*, 2016) in two successive steps, to zone the susceptibility to shallow landslides in fine grained soils by means of statistical methods. The first step of the methodology, aiming at defining, calibrating and validating the statistical analysis, ends with a landslide susceptibility computational map; the second step of the methodology is employed to produce a susceptibility map for zoning purposes. This structured methodology arises from the need to distinguish, at any given scale of analysis, between the spatial discretization needed to perform the statistical computations (terrain computational units).

O inventário de cicatrizes foi aleatoriamente dividido em dois grupos (*treino e teste*). O grupo *treino* foi utilizado no cálculo do Valor Informativo de cada classe  $j$  enquanto o grupo *teste* foi deixado de fora do modelo, sendo utilizado durante a validação.

Após o cálculo do Valor Informativo a influência de cada parâmetro sobre o sucesso do modelo foi avaliada utilizando a área abaixo da curva (AAC) da Taxa de Sucesso (TS) (CHUNG; FABBRI, 1999) and five estimation procedures for the model are presented. The distribution of past landslides was divided into two groups with respect to a fixed time. A training set consisting of the earlier landslides and the geographical information system-based multi-layer spatial data in the study area was used to construct the prediction maps. The predictions were then cross-validated by comparing them with the remaining later landslides. When the database falls short of providing sufficient support for the prediction, the model allows the introduction of the expert's knowledge to modify the observed frequencies of the landslides with respect to the spatial data. The additional information should improve the prediction results. A case study from the Rio Chincina region in Colombia was used to illustrate the methodologies,"author":[{"dropping-particle":"","family":"CHUNG","given":"C.F.,"non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":""}],{"dropping-particle":"","family":"FABBRI","given":"A.G.,"non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":""}],"container-title":"Photogrammetric Engineering & Remote Sensing","id":"ITEM-1","issue":"12","issued":{"date-parts":["1999"]},"page":"1389-1399","title":"Probabilistic Prediction Models for Landslide Hazard Mapping","type":"article-journal","volume":"65"},"uris":["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=ae9bb49f-56ec-4b71-a62f-4ad190af3a13"]}],"-mendeley":{"formattedCitation":"(CHUNG; FABBRI, 1999. A TS é um método de validação independente de classificação que relaciona a área total classificada em ordem decrescente de suscetibilidade com a área instável corretamente classificada. Um valor de AACTS igual a 1.0 corresponde a um modelo perfeito enquanto que valores abaixo de 0.5 mostram que o modelo não é melhor que uma predição aleatória.



O modelo de suscetibilidade foi obtido pela integração de todos os parâmetros que atingiram AACTS superior a 60% (0.60). O mapa final foi classificado em cinco classes de suscetibilidade:  *muito alta; alta; moderada; baixa; e muito baixa.*

### 3.3 Validação

Foram quantificados o desempenho (a capacidade do modelo classificar corretamente as cicatrizes do *grupo treino*) e a capacidade preditiva (a capacidade do modelo de classificar corretamente um grupo independente de cicatrizes) (REICHENBACH *et al.*, 2018). Para isso, foi utilizado como critério a área abaixo da curva de Características de Operação do Receptor (*Receiver Operating Characteristics*) (ROC), um indicador da qualidade geral do modelo que segue as mesmas regras de interpretação que a taxa de sucesso (BRADLEY, 1997; FAWCETT, 2006).

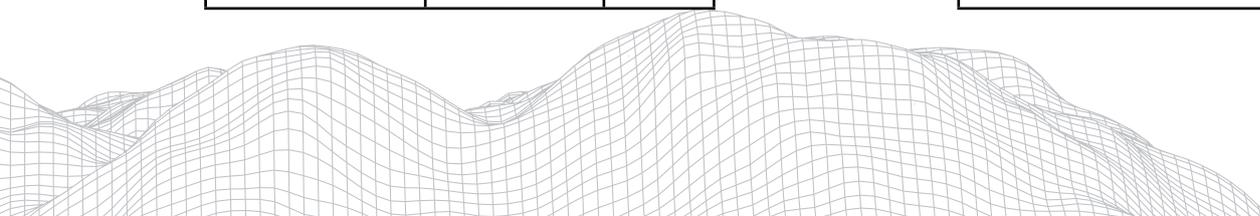
As curvas ROC relacionam a Taxa de Falsos Positivos (área total prevista como instável mas sem cicatrizes) e a Taxa de Positivos Verdadeiros (a área prevista como instável e com presença de cicatrizes) obtidas a partir de todas as matrizes de contingência 2x2 possíveis de serem computadas (FRATTINI *et al.*, 2010). Valores de AACROC abaixo de 0.7 correspondem a um modelo com qualidade baixa e que deve ser melhorado; valores entre 0.7 e 0.8 indicam que o modelo possui qualidade razoável, com margem para melhoria; valores entre 0.8 e 0.9 mostram que a predição tem boa qualidade; e valores de AAC acima de 0.9 correspondem a modelos excelentes (FRESSARD *et al.*, 2014).

## 4. Resultados e discussão

O Valor Informativo (VI) variou entre -2.69 e 1.46 sendo que valores iguais a -3.00 correspondem a classes para as quais o VI não pode ser calculado (Tabela 1). O menor VI foi calculado para a classe de ângulo entre 10° e 15°, sendo que não há cicatrizes em vertentes com ângulo inferior a 9°. Os maiores valores de ponderação foram computados para classes de ângulo entre 36° e 43° (1.46) e 31° a 35° (1.40) não havendo cicatrizes em vertentes com ângulo superior a 44°.

**TABELA 1**  
 Valor Informativo de cada classe dos parâmetros

Parâmetro	Classe	IVij	Parâmetro	Classe	IVij
Orientação	N	0.22	Índice Topográfico de Umidade (TWI)	< 7.17	0.58
	NE	-0.29		7.18 - 8.06	-0.23
	E	-0.21		8.07 - 9.18	-0.08
	SE	-0.26		9.19 - 10.59	-1.02
	S	-1.84		10.60 - 12.38	-0.71
	SW	-0.15		12.39 - 14.46	-0.80
	W	0.12		14.47 - 16.84	-3.00
	NW	0.67		> 16.85	-3.00
Curvatura	Côncavo	0.08	Litotipo	Granitoides	-0.23
	Retilíneo	0.16		Migmatitos	0.83
	Convexo	-0.72		Micaxistos	-1.27
Posição relativa na vertente	Fundo de vale	-1.38	Uso da terra	Faixa de transição	-0.51
	Baixa vertente	0.16		Agricultura	-3.00



	Média vertente	0.42	Estrada	-3.00
	Alta vertente	-0.18	Fragmento de mata secundária	-1.56
	Interflúvios	-0.87	Área ocupada	-3.00
Ângulo	< 9°	-3.00	Pastagem	0.40
	10° - 15°	-2.69	Reservatório	-3.00
	16° - 21°	-1.54	Silvicultura	-3.00
	22° - 25°	-1.34		
	26° - 30°	0.29		
	31° - 35°	1.40		
	36° - 43°	1.46		
	> 44°	-3.00		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Apenas a curvatura geral (AACTS = 54.8%) não atingiu taxa de sucesso superior a 60%, não sendo considerada no modelo de suscetibilidade. O ângulo das vertentes exerceu a maior influência sobre o sucesso do modelo (AACTS = 82.6), seguido do uso da terra (AACTS = 66.3) e do Índice Topográfico de Umidade (TWI) (AACTS = 65.6%). Dentre os seis parâmetros selecionados, a orientação das vertentes (AACTS = 63.8%), os litotipos (AACTS = 62.7%) e a posição relativa na vertente (AACTS = 60.1%) foram os menos influentes.

O modelo de suscetibilidade possui desempenho (AACROC = 93%) e capacidade preditiva (AACROC = 91%) excelentes (Figura 3). No mapa final (Figura 4), as classes de suscetibilidade *muito alta* (9.9% da área) e *alta* (10.0% da área) concentram 72.4% e 14.6% das cicatrizes, respectivamente. Apenas 1.1% das cicatrizes ocorrem na classe de suscetibilidade *muito baixa* (25.7% da área), 3.2% na classe *baixa* (26.3% da área) e 8.6% na classe *moderada* (28.1% da área).

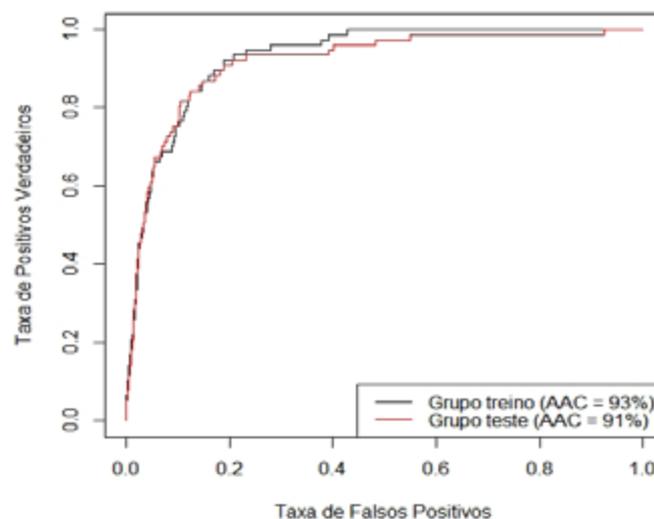
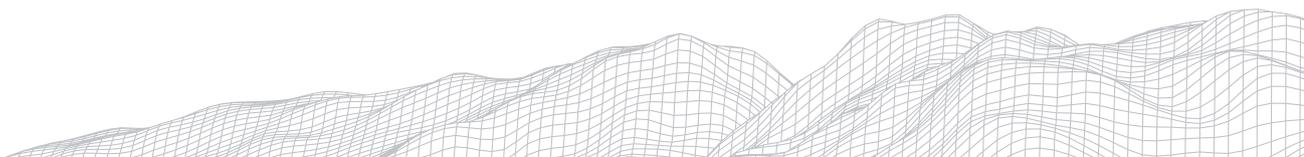
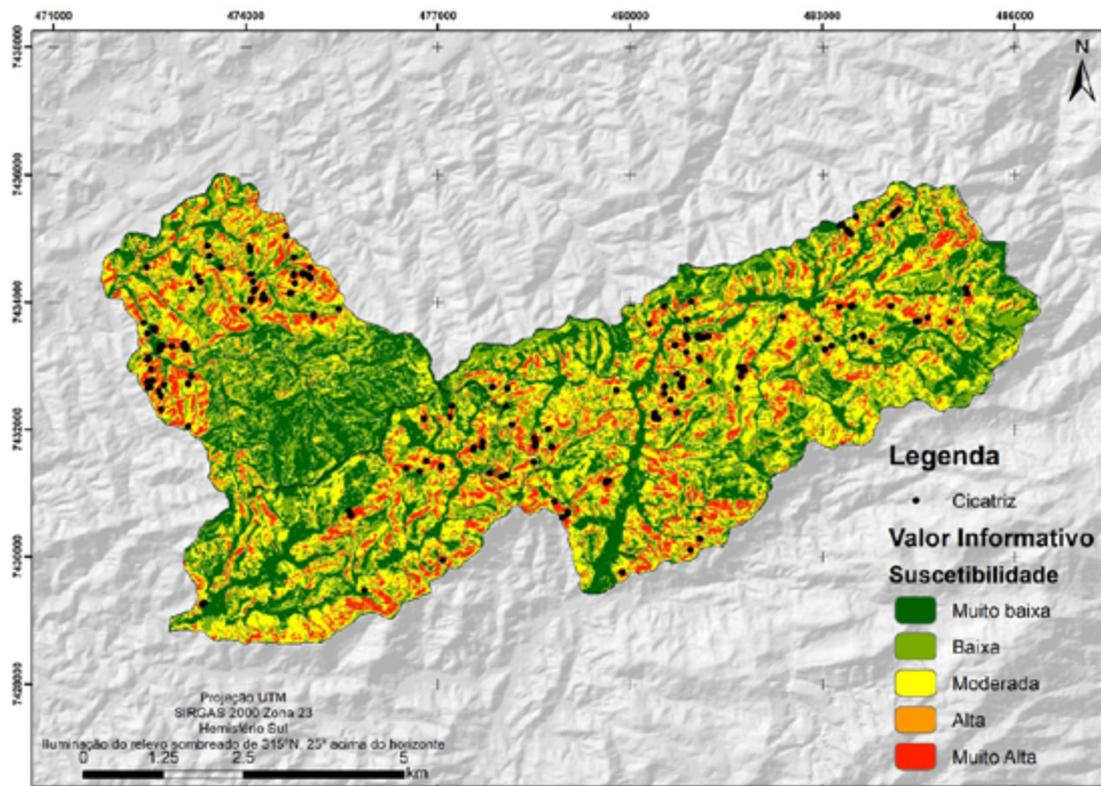


FIGURA 3: Curva ROC para os grupos treino (desempenho) e teste (capacidade preditiva).

Fonte: Elaborado pelos autores.





**FIGURA 4:** Mapa de suscetibilidade a escorregamentos produzido com o modelo do Valor Informativo.  
Fonte: Elaborado pelos autores.

As vertentes mais suscetíveis possuem orientação para N-NW, ângulo entre  $26^\circ$  e  $43^\circ$ , TWI inferior a 7.17, são embasadas por migmatitos e recobertas por pastagens. A maior suscetibilidade das vertentes orientadas a N-NW pode ser relacionada a atitude da foliação metamórfica, predominantemente N-NW na região (OLIVEIRA, 2019). Isso difere do observado no compartimento escarpado da Serra do Mar na região de Caraguatatuba (SP), onde as vertentes com maior suscetibilidade estão orientadas para SO, E e SE (DIAS *et al.*, 2018). Portanto, na área de estudo a influência das diferenças de insolação e umidade em função da orientação da vertente não possuem papel importante no condicionamento dos escorregamentos rasos como possuem em outros compartimentos da Serra do Mar.

Nas vertentes com ângulos superiores a  $43^\circ$  não foram registrados escorregamentos, sendo que estes ângulos costumam estar associados a afloramentos rochosos onde não há material suficiente para mobilização em um escorregamento. Esse comportamento também foi observado na Serra do Mar no município de Antonina (PR) onde as vertentes com ângulo entre  $30^\circ$  e  $40^\circ$  concentram mais de metade das cicatrizes de escorregamento, com tendência de diminuição no número de cicatrizes com aumentos de ângulo a partir deste limite (MARTINS *et al.*, 2017).

As vertentes com TWI até 7.17 correspondem aos setores da média e alta vertente incapazes de escoar a água que se infiltra na vertente durante eventos pluviométricos intensos, favorecendo o desenvolvimento de zonas de saturação e a ocorrência de escorregamentos. Esse mesmo comportamento foi observado por Bragagnolo *et al.* (2020) no Rio de Janeiro, onde vertentes com TWI até 5.0 são mais suscetíveis aos escorregamentos em função da rápida saturação durante eventos pluviométricos intensos.

As pastagens apresentaram maior suscetibilidade que os fragmentos de mata secundária e áreas cultivadas com silvicultura onde a presença da vegetação garante maior coesão ao solo. Isso difere do observado por De Ploey e Cruz (1979) no compartimento escarpado da Serra do Mar em Caraguatatuba (SP) onde, durante eventos pluviométricos intensos, os escorregamentos ocorrem nas vertentes íngremes e densamente vegetadas em função da maior capacidade de infiltração garantida pelo sistema radicular.

## 5. Considerações finais

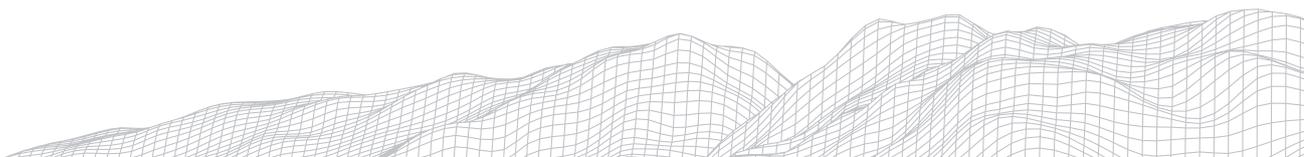
Os principais fatores condicionantes dos escorregamentos rasos em São Luiz do Paraitinga são o ângulo das vertentes, o uso da terra e o Índice Topográfico de Umidade (TWI). Além destes fatores, desempenham papel menos determinante a orientação das vertentes e os litotipos. A curvatura geral não foi considerada um parâmetro adequado para o mapeamento de suscetibilidade nesta escala, com o TWI sendo capaz de melhor representar aspectos da dinâmica hidrológica das vertentes. O mapeamento de suscetibilidade produzido possui desempenho e capacidade preditiva excelentes (AAC > 90%), permitindo identificar as zonas mais suscetíveis a escorregamentos e com maiores restrições ao uso da terra.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa de Mestrado (Processo nº 164975/2018-7). Agradecem também ao PPGF-USP, ao Grupo de Pesquisas de Processos Morfodinâmicos e Ambientais (GPmorfo-USP) e ao Prof. Dr. Carlos H. Grohmann de Carvalho (IEE-USP) pelos dados de elevação utilizados, fornecidos pelo *German Aerospace Centre* (DLR) através de uma proposta do tipo *Announcement of Opportunity and Proposal Call* (proposal DEM\_GEOL0538).

## Referências

- BRADLEY, A. P. The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms. **Pattern recognition**, v. 30, n. 7, p. 1145-1159, 1997.
- BRAGAGNOLO, L.; SILVA, R. V.; GRZYBOWSKI, J. M. V. Artificial neural network ensembles applied to the mapping of landslide susceptibility. **Catena**, v. 184, n. January 2020, p. 104240, 2020.
- BROLLO, M. J.; CARLOS, A.; GUEDES, M. **Desastres Naturais E Riscos Em São Luiz Do Paraitinga (Sp)**. 7o Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. **Anais...**2010
- CHUNG, C. F.; FABRI, A. G. Probabilistic Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 12, p. 1389-1399, 1999.
- CIURLEO, M.; CALVELLO, M.; CASCINI, L. Susceptibility zoning of shallow landslides in fine grained soils by statistical methods. **Catena**, v. 139, p. 250-264, 2016.
- COROMINAS, J. *et al.* Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 73, n. 2, p. 209-263, 2014.
- DE PLOEY, J.; CRUZ, O. Landslides in the Serra do Mar, Brazil. **Catena**, v. 6, p. 111-122, 1979.
- DIAS, H. C. *et al.* Avaliação da Suscetibilidade a Escorregamentos Rasos com Base na Aplicação de Estatística Bivariada: Resultados Preliminares. **Geography Department University of Sao Paulo**, n. September, p. 34-42, 2018.
- FAWCETT, T. An introduction to ROC analysis. **Pattern Recognition Letters**, v. 27, n. 8, p. 861-874, 2006.
- FRATTINI, P.; CROSTA, G.; CARRARA, A. Techniques for evaluating the performance of landslide susceptibility models.



**Engineering Geology**, v. 111, n. 1-4, p. 62-72, 2010.

FRESSARD, M.; THIERY, Y.; MAQUAIRE, O. Which data for quantitative landslide susceptibility mapping at operational scale? Case study of the Pays d'Auge plateau hillslopes (Normandy, France). **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 14, n. 3, p. 569-588, 2014.

GUZZETTI, F. *et al.* Landslide hazard evaluation: A review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. **Geomorphology**, v. 31, n. 1-4, p. 181-216, 1999.

HASUI, Y. *et al.* **Geologia da Região Administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da Região Administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo**. [s.l.] São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT (Monografias IPT, 1), 1978.

KRIEGER, G. *et al.* TanDEM-X: A radar interferometer with two formation-flying satellites. **Acta Astronautica**, v. 89, p. 83-98, ago. 2013.

MARTINS, T. D. *et al.* Análise Dos Parâmetros Morfológicos E Os Escorregamentos Rasos Na Serra Do Mar, Paraná. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 63, p. 223-239, 2017.

OLIVEIRA, M. R. P. DE. **Análise de parâmetros morfológicos e litoestruturais e sua relação com escorregamentos no Planalto Paraitinga - Paraibuna - SP**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 7 nov. 2019.

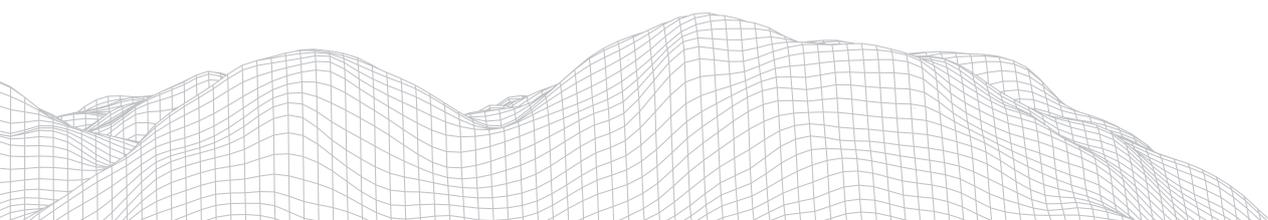
OLIVEIRA, M. R. P. DE; VIEIRA, B. C.; ROSS, J. L. S. Suscetibilidade Morfológica e Geológica aos Escorregamentos no Planalto de Paraitinga-Paraibuna (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, v. Especial, p. 93-106, 2018.

PEREIRA, S.; ZÉZERE, J. L.; BATEIRA, C. V. D. M. Technical Note : Assessing predictive capacity and conditional independence of landslide predisposing factors for shallow landslide susceptibility models. **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 12, p. 979-988, 2012.

REICHENBACH, P. *et al.* A review of statistically-based landslide susceptibility models. **Earth-Science Reviews**, v. 180, p. 60-91, 1 maio 2018.

STABILE, R. A.; COLÂNGELO, A. C. Estudo pluviométrico dos escorregamentos deflagrados no verão de 2009/2010 no planalto do Paraitinga (SP). In: **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. [s.l.] INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP, 2017. p. 3878-3889.

YIN, K. L.; YAN, T. Z. **Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks**. (L. Bonnard, Ed.) Fifth International Symposium on Landslides. **Anais...**Lausanne: Balkema, Rotterdam, 1988



# CARACTERIZAÇÃO DAS FEIÇÕES ANTROPOGÊNICAS NA REGIÃO NORDESTE DO DISTRITO SEDE DE OURO PRETO – MG

636

*Matheus Pacheco de Moura Pereira*

*Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto*

*Rua Pandiá Calógeras, 898, Morro do Cruzeiro*

*Ouro Preto, MG. CEP: 35400-000*

*E-mail: matheusgestorh@gmail.com*

*Nayara Jamine Silva*

*Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto*

*Rua Pandiá Calógeras, 898, Morro do Cruzeiro*

*Ouro Preto, MG. CEP: 35400-000*

*E-mail: nayarajamine@hotmail.com*

*Cecília Félix Andrade Silva*

*Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto*

*Rua Pandiá Calógeras, 898, Morro do Cruzeiro*

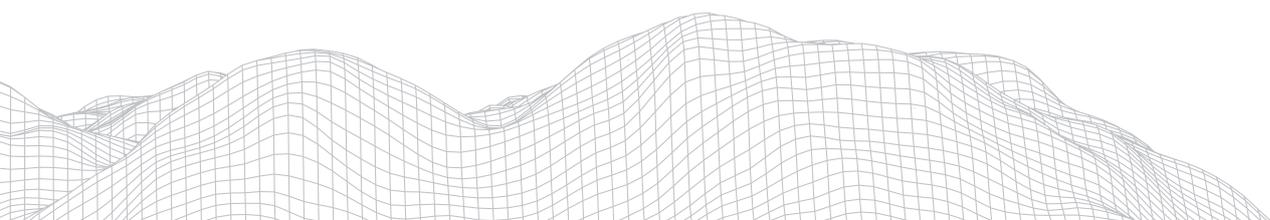
*Ouro Preto, MG. CEP: 35400-000*

*E-mail: cecilia.andrade@ifmg.edu.br*

### Resumo

O papel do ser humano como agente geomorfológico, tem ganhado relevância nos estudos a respeito dos fatores de formação do relevo. A atividade de mineração aurífera, centralidade desse trabalho, embora tenham tido seu auge há mais de dois séculos, deixaram feições na área de estudo que trazem consequências na contemporaneidade. A ocupação humana do setor nordeste da cidade de Ouro Preto oportunizou que as feições antropogênicas provenientes da mineração de ouro fossem incorporadas pelas comunidades, que fazem usos diversos dessas feições, realizando uma sobreposição de usos que é discutida e analisada nessa pesquisa. Para tal, buscou-se o resgate do processo histórico de ocupação e da atividade de mineração de ouro na área de estudo, revisão bibliográfica, pesquisa de campo e o uso de metodologia quali-quantitativa para amparar essa escrita. Essa pesquisa concluiu que, conforme esperado, a reutilização das feições antópicas provenientes da mineração de ouro agregam riscos de diversas naturezas a um sítio que, já possui fragilidades para a ocupação humana em razão das condições litoestruturais. Por fim, esse trabalho indicou, mediante os resultados da matriz FOFA, algumas ações a serem implementadas para minimizar esses prejuízos e riscos, envolvendo, principalmente, a educação das comunidades que habitam essas encostas, através da sensibilização sobre os riscos inerentes ao uso das feições provenientes da mineração de ouro, bem como da própria ocupação da área de estudo.

**Palavras-chave:** Antropogeomorfologia; Mineração aurífera; Expansão urbana.



## 1. Introdução

O relevo, objeto de estudos da geomorfologia, é o resultado de diferentes processos que sob ele atuam. Estes processos, antes manifestados, geralmente, em escala de tempo geológico, passam a ocorrer sob forte influência do homem, provocando, assim, mudanças rápidas na dinâmica natural.

A ação humana é objeto de estudo da geomorfologia, que considera o ser humano como um agente geomorfológico, cuja atuação equivale a um processo exógeno de transformação do relevo, em conjunto com processos endógenos e com os outros processos exógenos que alteram o solo e o relevo de um local. Essa ação humana, resultando em processos geomorfológicos de origem antrópica, tem sido denominada de “antropogeomorfologia” (PEREZ; QUARESMA, 2011).

De acordo com Nir (1982 *apud* PEREIRA, 2013) “a Antropogeomorfologia é um ramo da Geografia Física que aborda as ações antrópicas ao longo do tempo sobre o relevo terrestre e têm sido incorporadas às pesquisas Geomorfológicas”. Ainda sobre essa atuação humana sob o meio físico, Perez e Quaresma (2011), afirmam que:

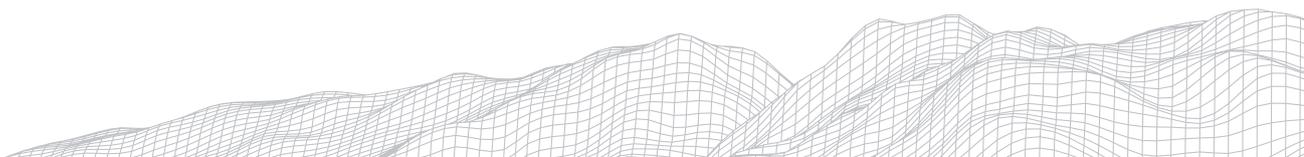
*(...) o sistema antrópico, por meio do uso e ocupação das terras, ao acelerar processos morfológicos, permite a ocorrência rápida de fenômenos que se manifestariam em longo período de tempo, caso fossem resultantes exclusivamente de processos naturais. (PEREZ E QUARESMA, 2011, p. 89).*

A atividade mineradora comporta-se como uma ação de importante impacto geomorfológico, principalmente no estado de Minas Gerais, especialmente durante o século XVIII, auge do período de busca por ouro na região.

O estado das Minas Gerais possui predicados geológicos para a extração mineral, o que acarreta problemas ambientais e também interfere sobre a evolução antropogênica do relevo. Dentre os territórios mineiros que tiveram forte presença da exploração aurífera, pode-se destacar a cidade de Ouro Preto.

Segundo Coeli et. al. (2010), Ouro Preto foi fundada em 1698, em função da descoberta de depósitos de ouro aluvionar, ocasionando em rápido crescimento e se tornando o segundo maior centro populacional da América Latina no século XVIII. A vocação desse município e do entorno para atividades relacionadas à mineração, realizadas através de diferentes técnicas, desde o início do século XVIII, deixaram vestígios que permanecem até os dias atuais. Esse município foi fundado por meio da fusão de diversos arraiais, sendo que essa apropriação só foi possível devido ao relevo e hidrografia da região. Segundo Castro (2006), “os arraiais, ou seja, os núcleos de povoamento foram se desenvolvendo com a exploração de novas lavras de mineração e eram constituídas por habitações precárias e rústicas.”

A mineração do ouro de aluvião, empreendida pela elite da época, era mais fácil de ser realizada, pois, a “princípio, as jazidas de ouro foram encontradas em depósitos aluvionares em que não havia necessidade especial de processos para se recuperá-lo” (NASCIMENTO, 2016, p.22). Dessa forma, ainda segundo esse autor, “a lavra era realizada pelo processo de catação, pois, o ouro estava livre, separado da canga, em pó ou em pepitas e era acumulado naturalmente”. Por não necessitar de aparelhagem específica, a mineração nos primeiros tempos se deu e se esgotou rapidamente, pois, ocorria de forma rudimentar, com a utilização de pequenas vasilhas para retirar areia dos canais onde havia uma separação do ouro, por diferença de densidade.



Devido ao alto índice de exploração mineral, Vila Rica de Ouro Preto (nome da localidade na época), teve um aumento significativo na densidade populacional, quando foram criados novos arruamentos e ocorreu a expansão dos núcleos urbanos. Além disso, devido à intensificação da exploração, montanhas começaram a ser o alvo da interferência no meio físico, em busca da retirada de ouro das rochas. Para tal, “foram utilizados métodos de exploração que deprimavam o meio físico, visando explorar ao máximo o potencial das encostas, com o uso de métodos mais predatórios de extração aurífera” (CASTRO, 2006).

Estas explorações acabaram por transformar a paisagem, deixando registros da atividade humana sobre o meio natural, uma vez que morros inteiros foram descaracterizados. Nascimento (2016, p.24), assim descreve esse processo:

*Para se lavrar o ouro nas serras, escolhia-se os contatos entre os filitos e os itabiritos, onde se formaram os veios hidrotermais e onde o ouro foi precipitado durante os eventos metamórficos. A prospecção era feita de forma intuitiva, já que o conhecimento geológico da região não era de domínio dos mineiros. A lavra começava com aberturas de canais perpendiculares às serras até atingir uma camada ou veios, escorando as rochas friáveis com estacas e mourões, que serviam para aliviar as tensões do material rochoso e serviam para direcionar o escoamento de águas. Ao se atingir essas camadas, eram realizadas aberturas de pequenos buracos (cavernas) em que era necessário que os mineiros passassem agachados para fazer a extração do ouro. Nos veios auríferos era necessária a abertura de minas para exploração subterrânea, enquanto nas vertentes empregava-se o desmonte manual ou hidráulico, gerando uma lama que era acumulada em reservatórios (mundéos) para depois ser trabalhada. Quando as rochas eram mais resistentes, era possível a abertura de grandes túneis e galerias que iam até o filão aurífero. Este processo requeria o serviço de diversos escravos que transportavam o ouro retirado em carumbés nas cabeças ou por carrinhos.*

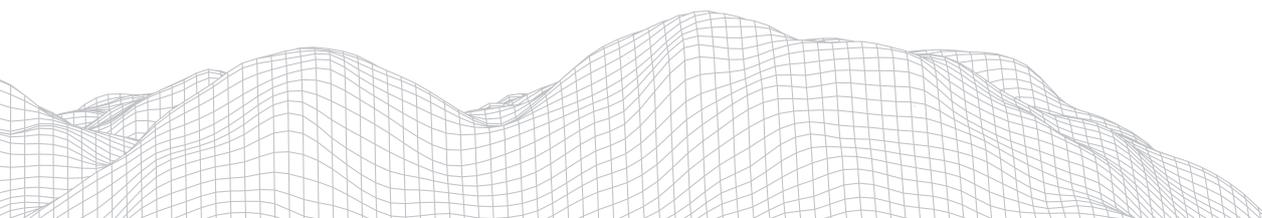
Já no século XIX, com a abertura de companhias mineradoras com capital inglês e francês, a exploração do ouro passou a ser mecanizada e com o emprego de técnicas mais sofisticadas, principalmente em trabalhos subterrâneos. Assim, as áreas onde se desenvolveram as atividades de mineração no século XVIII e parte do século XIX, que utilizavam métodos tradicionais de extração, foram abandonadas e esquecidas. Isso colaborou com o esvaziamento destas cidades, em decorrência tanto da exaustão das jazidas como da mudança da capital de Minas Gerais para Belo Horizonte, em 1897 (SOUZA, 2009).

Segundo Oliveira (2010), o núcleo urbano passou por um considerável crescimento, graças ao impulso da indústria de base local. Na passagem das décadas de 1950 e 1960 foi implantada BR-262, que se tornou o principal eixo de mobilidade da área urbana e contribuiu para o desvio do tráfego do eixo histórico de Ouro Preto. Nesses anos, houve a consolidação e o adensamento de alguns bairros e o surgimento de outros.

Esse trabalho busca analisar as feições antropogênicas resultantes da atividade econômica da mineração aurífera do séculos XVII e XVIII nas encostas da região nordeste de Ouro Preto - MG somadas e agravadas em razão da ocupação sem planejamento e estrutura adequada dessas encostas, bem como pela quase inexistência de estudos sistematizados relacionados ao relevo antropogênico.

## 2. Área de Estudo

A cidade de Ouro Preto localiza-se na região central do Estado de Minas Gerais, sendo a trigésima terceira microrregião do estado, estando a 90 km da capital, Belo Horizonte e a 800 km Brasília. A cidade está situada na extremidade sudeste de região conhecida como Quadrilátero Ferrífero, na zona mínero-metalmúrgica do Estado de Minas Gerais. O desenvolvimento da ocupação na Serra de Ouro Preto se deu principalmente pelas encostas. Portanto, todas as localidades citadas neste trabalho possuem a característica de estarem nessas áreas.



Do ponto de vista geológico, segundo Nascimento (2016), o município de Ouro Preto “encontra-se em uma região denominada Quadrilátero Ferrífero (QF), chamada assim em decorrência da grande presença de rochas ferríferas em seu território”. Caracteriza-se por ser a região montanhosa na extremidade sul do cráton do São Francisco.

O Quadrilátero Ferrífero, ainda segundo Nascimento (2016), divide-se em quatro sub-grupos, considerando suas características litoestratigráficas, a saber: os complexos metamórficos que formam embasamento cristalino arqueano (Belo Horizonte, Caeté, Bomfim, Santa Bárbara e Baçã); o Supergrupo Rio das Velhas (SGRV); o Supergrupo Minas (SGM); as intrusivas do Supergrupo Minas e o Grupo Itacolomi.

A região nordeste de Ouro Preto, foco desse trabalho, situa-se essencialmente no Supergrupo Minas, que se constituiu, geologicamente, a partir de movimentos de deposição de sedimentos sobre o cráton São Francisco.

A estrutura regional do Quadrilátero Ferrífero, estudada neste trabalho é o Anticlinal de Mariana, sendo que anticlinal refere-se a um tipo de dobra das rochas “convexa para cima de maneira divergente partir de um eixo (Figura 7).” (POPP, 1998, p.208).

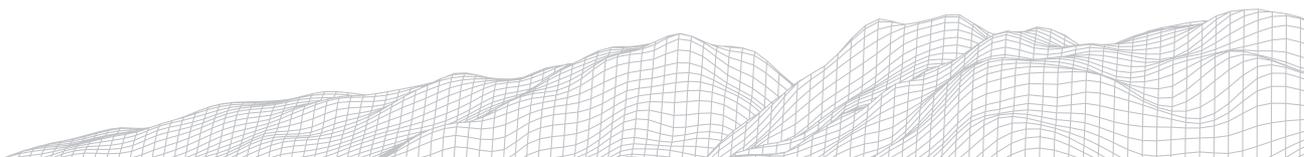
Segundo Nascimento (2016, 2019) o Anticlinal de Mariana é uma estrutura regional que se encontra na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, enquanto a Serra de Ouro Preto se localiza no flanco sul do anticlinal, a serra de Antônio Pereira, no flanco nordeste e a Passagem de Mariana, na zona de charneira desse anticlinal. Além disso, segundo Azevedo (2017, p.28), “na área de estudo, (...) destacam-se os depósitos de ferro (de extrema importância na receita do município), as mineralizações de ouro (valor histórico) e topázio imperial (raridade mundial)”.

A constituição geológica da área de estudos encontra-se a formação de cangas, ou seja, “concentração superficial de limonita, hematita ou alumínio que migram de rochas inferiores” (POPP, 1998, p.365). A canga forma uma carapaça inerte ao intemperismo químico e resistente ao intemperismo mecânico (Oliveira, 2011). A área de estudos apresenta também seixos e matacões angulosos de canga e formação ferríferas. Sua espessura aparente é de 40 metros.

As variações de altitude estão entre 890 m para os vales e 1510m para a crista da Serra de Ouro Preto. “Os relevos altos são marcados pela ocorrência dos Grupos Caraça (quartzitos e filitos) e Itabira (itabiritos e mármores), sendo que os quartzitos e itabiritos, estes recobertos por cangas, devido à sua maior resistência ao intemperismo e erosão, permaneceram como cristas das serras” (Azevedo, 2017).

“A Serra de Ouro Preto constitui o divisor de águas das bacias hidrográficas do Rio Doce e do Rio São Francisco (cujo principal afluente é o Rio das Velhas), ambas com nascentes no Quadrilátero Ferrífero”. (CARVALHO FILHO, 2008). A cidade está inserida principalmente na bacia hidrográfica afluente do Rio Doce, sendo drenada pelo Ribeirão do Carmo.

Em se tratando da vegetação, pode se dizer que existe a predominância de transição entre subtipos da Mata Atlântica e do Cerrado. Ouro Preto abriga Campos Rupestres, matas de Araucária, florestas de candeias e possui grandes áreas remanescentes da Mata Atlântica. “Parte dessa diversidade ocorre devido à presença dos campos ferruginosos, e há espécies vegetais restritas à região, constituindo um ambiente único no estado” (Gomes, 2018).



A cidade de Ouro Preto, segundo Oliveira (2010),” apresenta características de clima tropical de montanha, onde a altitude condiciona temperaturas mais amenas do que em outras localidades de mesma latitude”. Apresenta baixa amplitude térmica ao longo do ano e elevada umidade atmosférica. Suas chuvas são mal distribuídas ao longo do ano, sendo dez vezes maior no verão do que no inverno. Totalizam em média 1610 mm anuais e se concentram nos meses de março e outubro.

A partir dos estudos de Alkmim e Marshak (1998), podemos dizer que “a cidade de Ouro Preto está inserida sobre terrenos antigos e geologicamente complexos, com litologias variadas aflorando lado a lado, tornando possível uma heterogeneidade da paisagem, com diferentes aspectos topográficos, de clima, altitude, faunístico e florístico.”

### 3. Metodologia

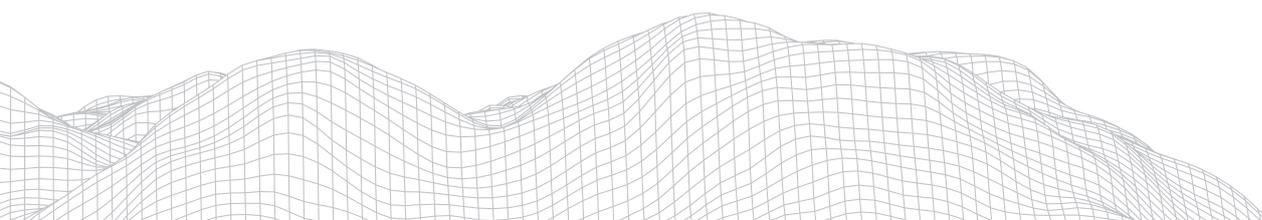
A elaboração do presente trabalho está vinculada a uma análise geomorfológica que coloca em pauta a influência do homem sobre a morfologia do relevo. Para dar conta dos objetivos aqui estabelecidos, utilizou-se de pesquisa de caráter quali-quantitativo, definido por Marcone *et al* (2002) como uma “investigação que considera a variável de estudo da forma como se apresenta, seu significado e o contexto onde ela se insere, originando a formação de questões ou um problema, essas finalidades: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com o ambiente, fato ou fenômeno e clarificar ou modificar conceitos”.

A primeira fase do trabalho resgatou o histórico de uso e ocupação de Ouro Preto, especialmente da porção nordeste do município, de modo a destacar aspectos históricos de uso e ocupação do solo nesse local, considerando as implicações feitas pelas diferentes fases da atividade de mineração e de expansão urbana na área. Para tal, utilizou-se de autores como Pereira (2013), Castro (2006), Oliveira (2004) e Vasconcelos (1977).

Para caracterizar a área de estudos, esse trabalho se apoiou em uma variedade de estudiosos, destacando Oliveira (2004), contextualizando histórica e socialmente o município de Ouro Preto; e autores como Gomes (2018), Andrade (2012), Azevedo (2017), Castro (2006) e Carvalho Filho (2008) para promover a contextualização ambiental da área, tratando da constituição geológica, do relevo, dos solos, da rede de drenagem, da vegetação e do clima da região.

Foram levantados dados sobre a evolução do uso das encostas na área de estudo, ocupação territorial e às atividades mineradoras. Além disso, foi compilado dados da Defesa Civil do município e através dela, conseguiu-se autorizações para adentrar propriedades particulares, acesso a relatórios e laudos evidenciando incidentes relacionados à temática deste trabalho na região pesquisada e auxílio nas expedições a campo. Realizou-se a confecção e a análise de mapas e croquis que compõem essa pesquisa, com a finalidade de esclarecer os conceitos relevantes sobre a temática trabalhada.

Os trabalhos de campo foram essenciais para o desenvolvimento da pesquisa e foram realizados no primeiro semestre de 2019, para maior apreensão e comprovação dos aspectos da transformação ocasionada na paisagem, descrições, interpretação do uso e ocupação. Nessa etapa o objetivo foi validar as informações interpretadas nos registros fotográficos, arquivos relacionados à cidade de Ouro Preto-MG e pesquisas realizadas sobre a área de estudo.



Foram realizados três trabalhos de campo, com o intuito de visualizar esclarecer os aspectos levantados na revisão bibliográfica e no levantamento de dados, com o objetivo de identificar antigas minas, cavidades, sarilhos e ruínas, para auxiliar na compreensão de fenômenos antropogeomorfológicos que ocorrem na área de estudos. Esses trabalhos de campo ocorreram nos dias 09/05, 24/05 e 27/05/2019 e propiciaram a verificação in loco das consequências da utilização, por parte dos moradores, das interferências feitas no meio físico pela mineração aurífera no passado. Permitiu, também, a coleta das informações necessárias para a aplicação do método quali-quantitativo conhecido como FOFA. Por fim, o campo possibilitou visualizar o posicionamento da vertente, verificando os indícios históricos e sua relação com a exploração mineral.

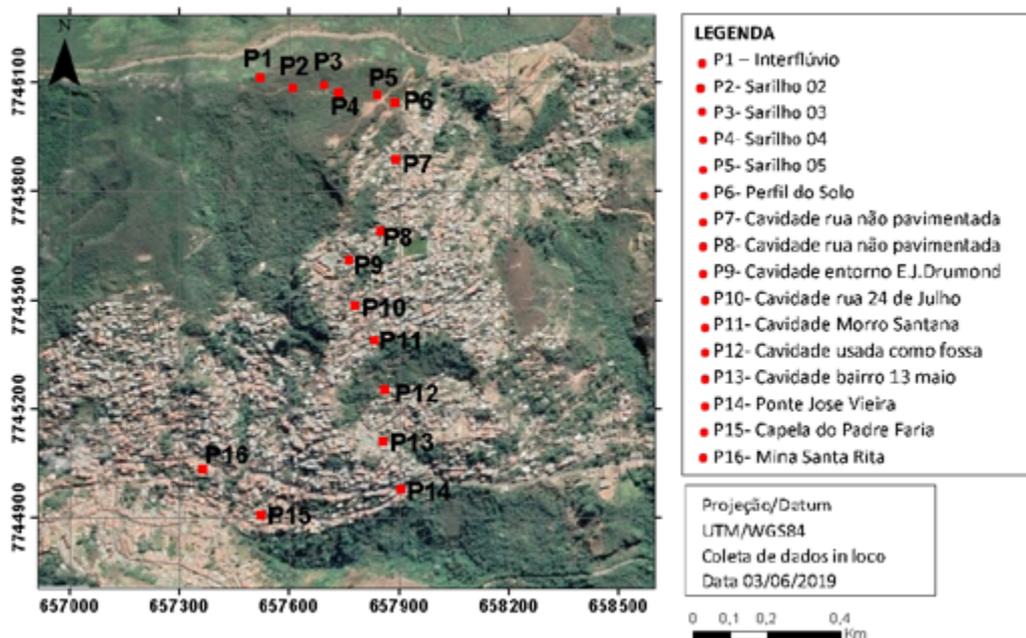
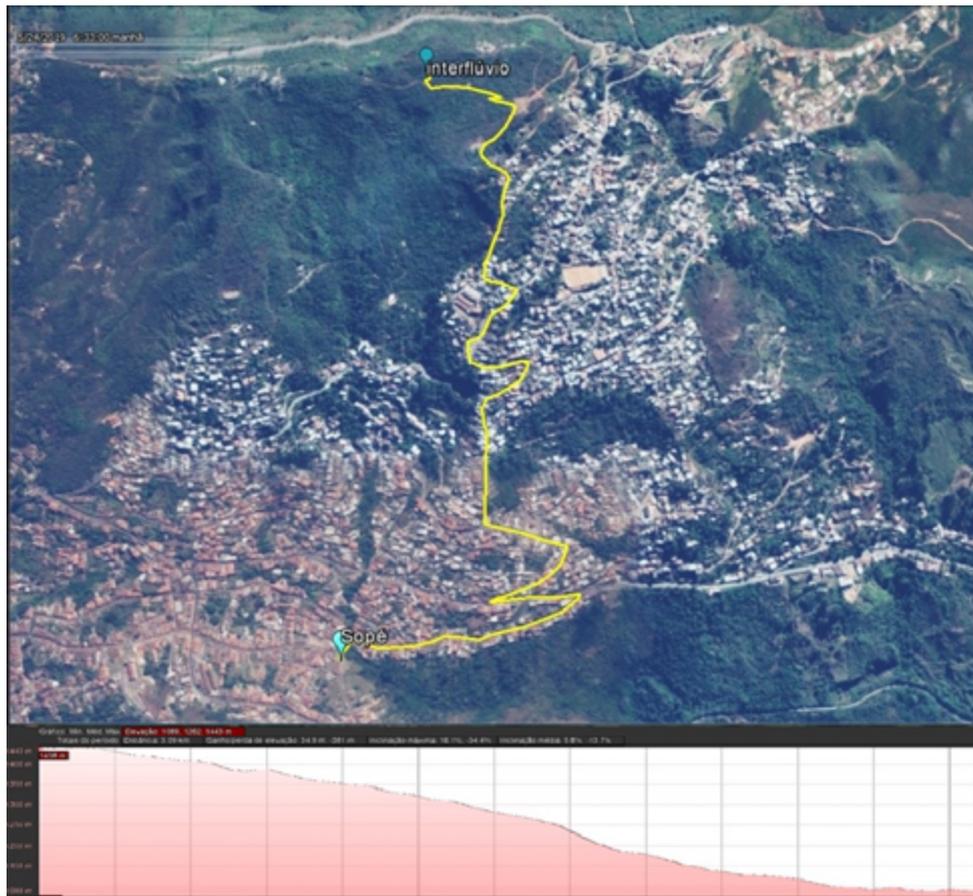


FIGURA 1: Área de Estudo e pontos de observação.



**FIGURA 2: Área de Estudo** – Interflúvio ao sopé – e elevação.  
Fonte: Pacheco,2019.

Nas saídas de campo, realizaram-se entrevistas abertas, onde o pesquisador introduz o assunto e permite que o entrevistado discorra sobre o tema, como em uma conversa informal, não direcionada através de perguntas previamente estabelecidas. Segundo Minayo (1993)

*(...)a entrevista aberta é utilizada quando o pesquisador deseja obter o maior número possível de informações sobre determinado tema, segundo a visão do entrevistado, e também para obter um maior detalhamento do assunto em questão. Ela é utilizada geralmente na descrição de casos individuais, na compreensão de especificidades culturais para determinados grupos e para comparabilidade de diversos casos (p.34).*

Essas entrevistas abertas com os moradores foram conduzidas de modo a conhecer aspectos do relacionamento da comunidade local com o meio físico, com o poder público e com as interferências deixadas na área pela atividade mineradora. Além disso, fez-se o registro das contribuições dos professores e do coordenador da defesa civil que acompanharam o trabalho de campo, a respeito das características geológicas, litológicas e geomorfológicas da área, bem como das ações humanas sobre as antigas áreas de mineração.

Para o tratamento de dados, aplicou-se o método SNOW (ou FOFA em tradução para o português). Segundo Daychouw (2007), trata-se de um método para “fazer análise de cenários ou ambientes”. A nomenclatura é um anagrama das palavras e que configuram como quadrantes, sendo elas: “Força, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças”. A correlação entre esses quatro quadrantes de análise provem uma matriz que contribui para o reconhecimento dos riscos e das potencialidades da área de estudos, no que diz respeito ao uso e a ocupação do solo considerando as atividades mineradoras no passado.

Trata-se de um método que analisa as forças internas em relação às oportunidades externas, bem como as fraquezas internas em relação às ameaças externas à organização, ou seja, analisa as condições de partida frente às tendências e cenários futuros. Segundo Galvão e Melo (2018), a matriz FOFA/SWOT

(...) se apresenta basicamente como uma análise de cenário e se divide em ambiente interno (Forças e Fraquezas) e ambiente externo (Oportunidades e Ameaças). As forças e fraquezas são determinadas pela posição atual e se relacionam, quase sempre, a fatores internos. Já as oportunidades e ameaças são antecipações do futuro e estão relacionadas a fatores externos.

Para contribuir com o objetivo dessa pesquisa, ou seja, para possibilitar a caracterização e análise das feições antropogênicas provenientes da exploração aurífera e os riscos de reutilização pela comunidade que habita a área de estudos, estabeleceu-se quatro parâmetros para análise. Esses parâmetros englobam aspectos sobre a vegetação presente na área, infraestrutura urbana, materiais e a forma de construção das moradias pela população e aspectos sociais, como escolaridade e relação com o meio físico.

#### 4. Resultados e Discussões

Nas encostas de Ouro Preto aconteceram dois momentos de maior ocupação humana e, por consequência, processos de gênese de feições antropogênicas. No passado essa ação humana foi resultado da atividade mineradora, com a exploração do ouro ainda no Brasil Colônia. Atualmente é a ocupação urbana sem planejamento, típica dos adensamentos urbanos das décadas finais do século passado, que modifica o meio físico da área de estudo. Nessa região de Ouro Preto existem testemunhos da atividade mineradora há muito extintos, que convivem, são utilizados e ganham novas funções pela comunidade.

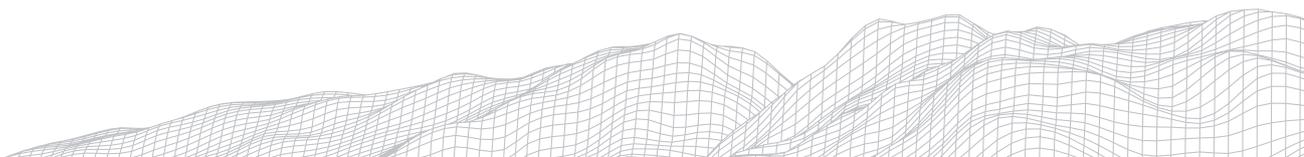
As feições provenientes da exploração do ouro conseguiram manter-se preservadas na região estudada em razão do grande período onde essas encostas ficaram, praticamente, desabitadas devido a exaustão das jazidas, combinada com a transferência da capital para Belo Horizonte em 1897.

Após quase dois séculos, as encostas onde ocorria a atividade de exploração aurífera “voltaram a receber significativo contingente de pessoas, moradias e equipamentos urbanos para dar suporte a essa população” (CALIL, 2018).

Essas encostas, reocupadas desde meados do século passado, caracterizam-se por não serem de interesse do mercado imobiliário, por se tratarem de áreas de grande declividade, susceptíveis a deslizamentos e, muitas vezes, por serem áreas de proteção ambiental.

Segundo Calil (2018), uma das feições presentes na área de estudo são os “desvios e as modificações que se fez nos cursos de água”. Após de exaurir o ouro por exploração de aluvião, passou-se a buscar o recurso nas montanhas, através da chamada exploração aurífera “a céu aberto”.

Esse tipo de método causa, segundo essa autora, “maior degradação do meio físico do que a forma anterior, na medida em que, para tal, é necessário que os cursos d’água sejam reconduzidos através de aquedutos nos flancos dos morros para transportar o material descartado do processo de mineração”. Esses materiais eram depositados em *mundéus*. Assim, essa foi a primeira forma de intervenção antrópica profunda, descaracterizando o meio físico natural ocasionando a emergência de processos erosivos acelerados, aterramento de drenos naturais, acúmulo de pilhas de rejeitos à meia encosta, instabilidade de taludes e rochas de maiores dimensões, que representam, ainda hoje, “grande perigo para as populações que residem nessas encostas” (CASTRO, 2014).



Segundo Calil (2018), esses assentamentos são marcados “pelo tecido urbano irregular, edificado pelos próprios moradores, o que inviabiliza a delimitação de ruas e avenidas, fazendo com que o acesso às moradias, construídas pelas próprias famílias que ali ocupam, se deem através de ruelas, becos ou escadarias”. As edificações, em sua maioria precária, são construídas pelos próprios moradores, muitas vezes em regime de mutirão. Muitas destas encontram-se implantadas em áreas de risco geológico.

Assim, segundo a mesma autora, ocuparam esses lugares famílias de baixo poder aquisitivo, que construíram edificações sem qualquer orientação técnica, fato agravado por serem, as encostas, áreas de risco de deslizamentos. No caso da área de estudos, essa falta de orientação leva a má utilização e a não preservação das feições provenientes da atividade de mineração.

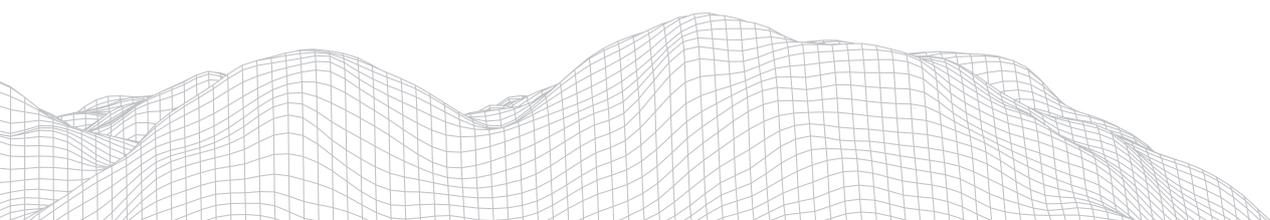


**FIGURA 3:** Comparação da ocupação na área de estudo 2004 - 2019  
**Fonte:** Benedito Oliveira - Projeto de Parques Arqueológicos de Ouro Preto, 2004 (imagem à esquerda);  
Autor, 2019 (imagem à direita)

É importante relacionar os tipos feições provenientes do passado de mineração aurífera com a posição onde se localiza na encosta, na medida em que a gênese dessas feições está associada a alguma etapa ou método de exploração adotada na época.

No morro São João encontramos sarilhos, cavidades e no Morro Santana, antigas minas. Na baixa vertente, nos Morros Treze de Maio e Morro da Cruz encontraram-se pavimentações e construções colapsadas por movimentos de subducção do terreno e deslizamentos de massa. Cada ponto de observação no trabalho de campo está associado a essas feições antropogênicas e a formas de reutilização dessas feições pela população ali residente, além de outros problemas socioambientais associados as características geológicas, de solo, e de ocupação urbana.

Um dos resquícios reutilizados são os *Sarrilhos*. Segundo Calil (2018), sarilho trata-se de um poço vertical construído para ligar o interior das minas subterrâneas à superfície, permitindo a entrada de ar e iluminação para os trabalhadores das minas, bem como a retirada dos fragmentos provenientes da mineração. Ocorre, necessariamente, em terrenos acima do nível onde eram escavadas as minas, ocupando, na área de estudos, as partes de maior altitude da encosta. Atualmente, alguns desses sarilhos são utilizados, segundo relatos de moradores como depósitos de entulho doméstico (lixo).



Foram encontradas também antigas minas escavadas para a extração do ouro. A presença delas abaixo da superfície, na área estudada, geram situações de risco, como por exemplo, a reutilização dessas cavidades como fossa séptica, descarte de esgoto doméstico ou para o descarte de quaisquer outros dejetos sem qualquer proteção ou tratamento do dejetos. Esse uso indevido pode levar contaminação das águas e do solo. Os moradores também estabelecem moradias sobre essas minas. Em razão do desmoronamento dessas minas subterrâneas, ocorrem afundamentos da superfície, arruinando essas edificações, pavimentos e infraestrutura.

Também em outros dois pontos, é possível perceber a presença de feições provenientes da exploração de ouro em veios de quartzo nas rochas, tipo de depósito de ouro conhecido como “filão” (MACHADO, 2009). Sobre a relação entre os veios de quartzo e a exploração aurífera, Oliveira (2010) esclarece que:

*(...) nas encostas eram exploradas as rochas friáveis ou decompostas, geralmente xistos argilosos vermelhos e coratados por ricos veios de quartzo que afloravam a meia encosta nas montanhas. Nas minas, as jazidas localizadas no interior das montanhas demandaram o desenvolvimento de métodos de lavras para a extração em galerias subterrâneas. Procuravam as camadas de Itabirito cortadas por veios de quartzo, que geralmente afloravam nas bases das montanhas e seguiam a direção do veio em direção ao seu interior (p.73).*

Outra feição que se apresenta na meia vertente e no sopé da área de estudo, no Morro Santana principalmente, chama-se *mundéu*. Trata-se de barragens de pedra circulares escavadas para conter os materiais provenientes da mineração.

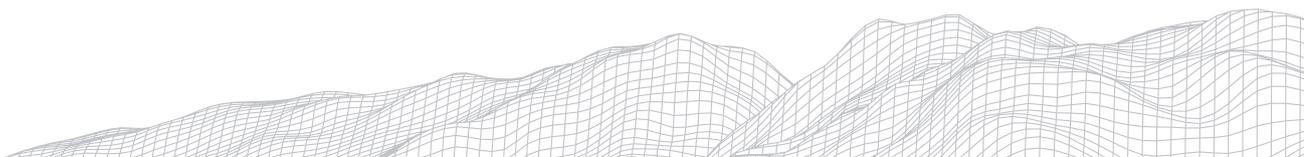
Os resíduos e rochas retirados das minas constituíram os mundéus e atualmente, casas estão sendo feitas sobre essa feição. Essas habitações estão sobre uma área onde o processo de percolação, erosão e conseqüente abertura de cavidade foram aceleradas pela ação humana.

Dessa forma, a presença desses mundéus faz com que os efeitos do escoamento superficial ganhem mais essa peculiaridade local, na medida em que, nessas feições, a água não está escoando por rocha dura ou asfalto, mas por área há muito escavada e com depósitos devido à exploração aurífera. Além disso, o uso dessa feição para a construção de habitações desconfigura o patrimônio histórico da região.

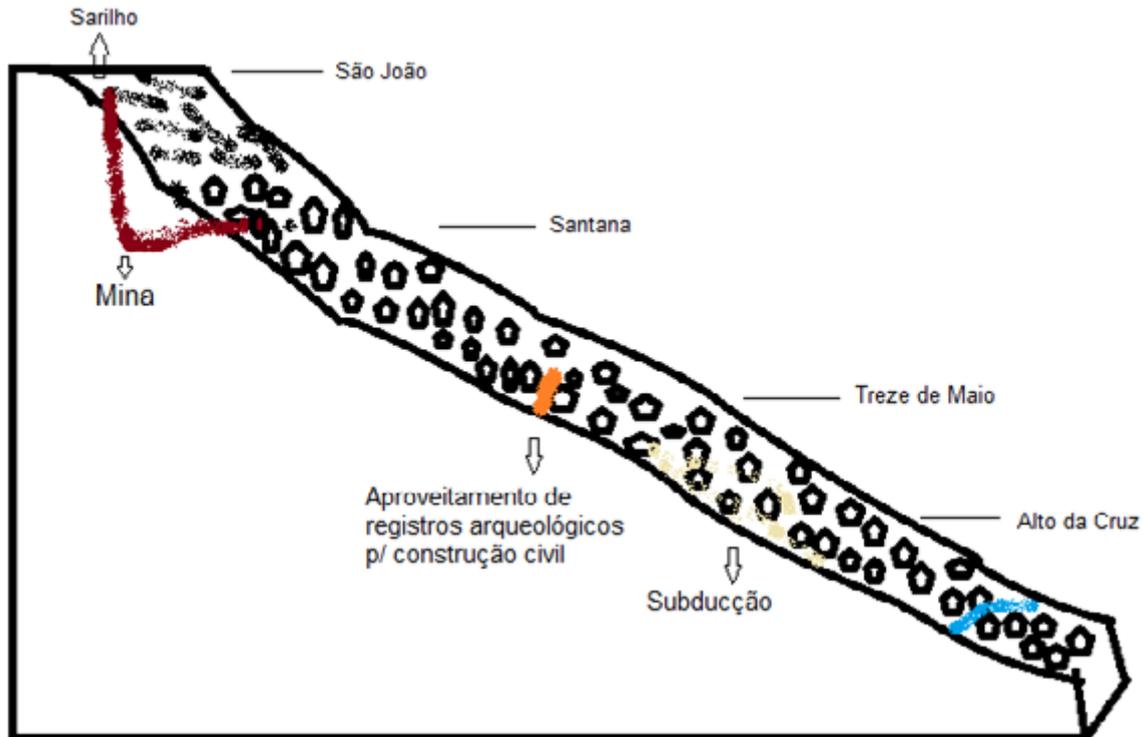
Nos Morros Três de Maio e Alto da Cruz ocorre o colapso de construções e rachaduras em moradias, que não estão associadas à presença de minas abaixo da superfície. Os moradores da região atribuem esses danos à composição arenosa do substrato, na medida em que a comunidade fez as construções confiando na solidez e estabilidade da canga.

Dessa forma, tem-se como possível causa dos desmoronamentos e das rachaduras, o colapso do substrato arenoso, abaixo da couraça. Isso acontece quando o de fluxo de água subsuperficial transporta a areia e faz com que a canga e a superfície subsidiem pelo peso das construções

Considerando que o substrato seja arenoso somado com o passar dos anos e, intensificado pelos diferentes usos que a comunidade faz do solo, ocorrem infiltrações que terminam por carrear esses sedimentos, causando o colapso mecânico na couraça. Esses eventos desestabilizam os outros horizontes de solo, ocasionando a subsidência da superfície. Por subsidência, se entende ser “abaixamentos de partes de área do escudo ou continente ou abaciamento intracratônico ou, ainda, de blocos falhados” (POPP, 1998, p.369).



Quaisquer ações que propiciem que esse substrato arenoso seja carreado, pode ocasionar o desmoronamento de construções, bem como os movimentos de massa em razão da declividade e erosão do solo. Até aqui, esses riscos podem ser resumidos pela figura abaixo:



**FIGURA 4:** Esquema relacionando as feições antropogênicas e a localização na encosta.

**Fonte:** Autores, 2019.

A área de estudos apresenta elevada declividade, fator que ampliam os riscos de escorregamentos de terra no futuro. Na tentativa de coibir, os moradores constroem barreiras, escavam os taludes e fazem uso de plantios na tentativa de diminuir os riscos. No entanto, sem orientação adequada, muitas vezes essas medidas são ineficientes ou podem agravar os riscos de deslizamentos.

Uma prática comum entre os moradores é o plantio de bananeiras para reduzir os escorregamentos. No entanto, segundo Alheiros (2003),

*(...) as bananeiras, tão comuns nas paisagens dos morros, embora pertençam a família das herbáceas, tem um efeito muito negativo quando instaladas em encostas. (...) Suas raízes não cumprem o papel de estruturação dos solos desempenhando por outros vegetais, sendo comumente responsáveis pelo arrastamento desses solos durante os deslizamentos. (p. 170).*

Além da declividade, outro fator a ser considerado ao tratar-se de riscos em encostas é o escoamento superficial. Sobre a drenagem da água pluvial, Calil (2018) alerta que “é insuficiente e que, durante as épocas de chuvas, o escoamento superficial se dá seguindo a topografia e o traçado urbano local, sendo as próprias vias, ruas e becos, os cursos de água”. Esclarece ainda que “o poder público canalizou, no passado, as águas pluviais de algumas encostas, mas as áreas que foram agregadas pelo crescimento populacional não contam com essa infraestrutura”.

Também a impermeabilização do solo faz com que a velocidade desse escoamento, a competência erosiva e de transporte dessa água, seja maior, agravando o risco de colapso das encostas.

Por fim, empregou-se o método quali-quantitativo conhecido como SWOT ou FOFA para melhor compreender as problemáticas envolvendo as características locais. A aplicação desse método gerou uma matriz que evidencia as potencialidades para uso e ocupação da área de estudos, bem como pontua alternativas para mitigar danos e prevenir maiores riscos na região.

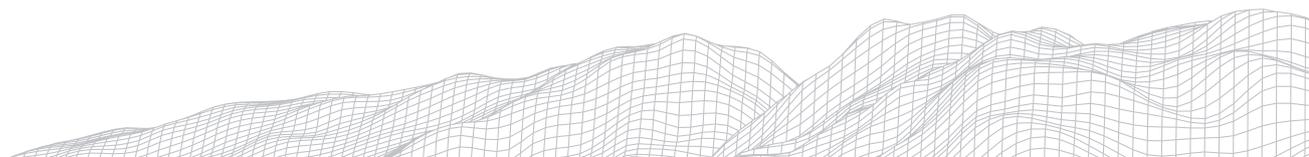
### QUADRO 1

Matriz Fofa Da Região Nordeste De Ouro Preto - Mg

<p style="text-align: center;"><b>FORÇAS</b></p> <p>Apoio da Defesa Civil do Município.                  Diversidade de vegetação.                  Potencial turísticos;                  Bom relacionamento entre os moradores;                  Construções datadas no século XVIII;                  Diversidade cultural.</p>	<p style="text-align: center;"><b>FRAQUEZAS</b></p> <p>1- Vulnerabilidade ambiental do local;                  2- Ausência de planejamento urbano;                  3- Ausência de estudos sistematizados para áreas de riscos eminentes no bairro;                  4- Ausência de infraestrutura adequada às condições da área, como: esgoto a céu aberto, locais servindo como depósito de lixo;                  5- Escassez de recursos relacionados a construção civil;                  6- Condições do Relevo;                  7- Falta de segurança pública.</p>
<p style="text-align: center;"><b>OPORTUNIDADES</b></p> <p>Potencial turístico das minas e áreas verdes;                  Atenção do governo municipal;                  Plano Diretor                  Regularização das moradias;                  Projeto de sensibilização há áreas de risco;                  Viabilização de ações de educação ambiental e patrimonial.                  Visitação frequente - dirigida e seletiva.                  Fácil acesso.</p>	<p style="text-align: center;"><b>AMEAÇAS</b></p> <p>Deslizamento de massa;                  Expansão urbana desenfreada;                  Degradação dos atrativos turísticos;                  Extinção das áreas verdes;                  Ausência de planejamento urbano.                  Ausência de regularização fundiária;                  Ausência de infraestrutura e sinalização eficiente.                  Pressão sobre a fauna e flora.</p>

**Fonte:** Próprio autor, 2019.

O item FRAQUEZA tem relação com baixo poder aquisitivo de grande parte dos moradores da área de estudos. Essa falta de renda determina que as habitações sejam feitas, muitas vezes, com materiais improvisados e inadequados, sem o acompanhamento de profissionais habilitados para dar conta das especificidades do terreno. A própria ocupação dessas encostas decorre, muitas vezes, da falta de alternativas de moradia em áreas de menor risco e de melhor prestação de serviços públicos.



Constitui também uma fraqueza a vulnerabilidade ambiental do local: grande declividade e desmatamento, agravados pelas modificações feitas em razão da mineração. Essa área deveria ter a ocupação atrelada a planejamento urbano, estudos sistematizados sobre as áreas de risco do lugar e orientação profissional a respeito dos procedimentos para essas edificações.

A matriz FOFA deu visibilidade as AMEAÇAS presentes na área de estudo. Assim, a ocupação de áreas que deveriam ser encaradas como proibitivas por serem áreas de proteção ambiental e/ou áreas de risco, impede a preservação de atrativos turísticos, como os testemunhos da mineração e das formas oriundas do auge da extração de ouro, em Ouro Preto. Da mesma forma, a fauna, a flora e o modelado do relevo, típico da região, são degradados para a ampliação, sem planejamento, da malha urbana.

O relevo acidentado, a diversidade da vegetação e as fontes de água mostram-se como elementos de vigor para essa região de Ouro Preto e portanto, como FORÇAS. O potencial turístico, decorrente da beleza natural e da história e cultura, especialmente explorando a mineração no passado, podem ser apontados.

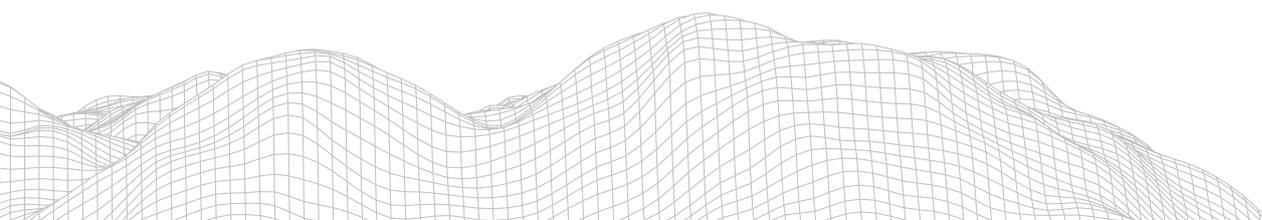
As OPORTUNIDADES estão vinculadas com o potencial turístico das feições, deixadas, como testemunhas, da exploração de ouro, bem como de equipamentos e monumentos históricos preservados. Esse potencial turístico, com visitas frequentes, guiadas e seletivas, poderia ser uma oportunidade de renda para as populações locais, o que poderia viabilizar economicamente a retirada dessas moradias para locais de menor risco.

## 5. Considerações Finais

Procurou-se, nesse trabalho, analisar a interferência antrópica no relevo na área submetida à exploração aurífera e a expansão urbana da cidade de Ouro Preto. Considerando os pressupostos da antropogeomorfologia verificou-se que as feições geomorfológicas de origem antrópica, remanescentes da mineração de ouro nos séculos XVIII e XIX estão sendo reutilizadas. A interação dessas feições antropogeomorfológicas pretéritas com as novas oferecem ricos ao patrimônio histórico, ao ambiente físico e a vida desses moradores.

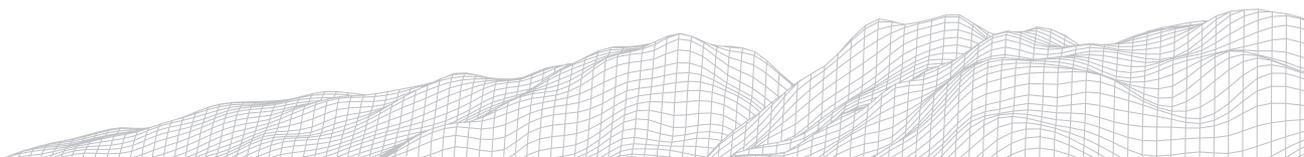
Esses riscos – apontados pela matriz FOFA – antrópicos ou não, evidenciam a falta de planejamento urbano, falta de condições financeiras e conscientização da população do entorno. Manifestam-se, na forma de: solapamentos de construções, processos de subsidência da superfície, deterioração da infraestrutura local, declividade das encostas, favorecendo como a erosão e o intemperismo, infiltração das águas pluviais, a poluição do solo, das águas subterrâneas e superficiais.

A pesquisa concluiu que, conforme esperado, essa reutilização agregam riscos de diversas naturezas a um sítio que, já possui, fragilidades para a ocupação humana em razão da sua geologia e declividade, dentre outros fatores, necessitando de diversas ações que podem ser extraídas mediante os resultados da matriz FOFA. Sua relevância se dá na medida em que esclarece e evidencia as fragilidades da ocupação urbana e do reuso dos resquícios da mineração. Contribui para embasar ações que visam minimizar quaisquer riscos, instrumentalizar o poder público, e ressaltar importância desse patrimônio. Acredita-se ser importante a realização de outras pesquisas envolvendo essa temática em Ouro Preto e região, mapeando, descrevendo as feições antropogênicas da mineração de ouro em outras áreas e demonstrando a interação homem-ambiente.



## Referências

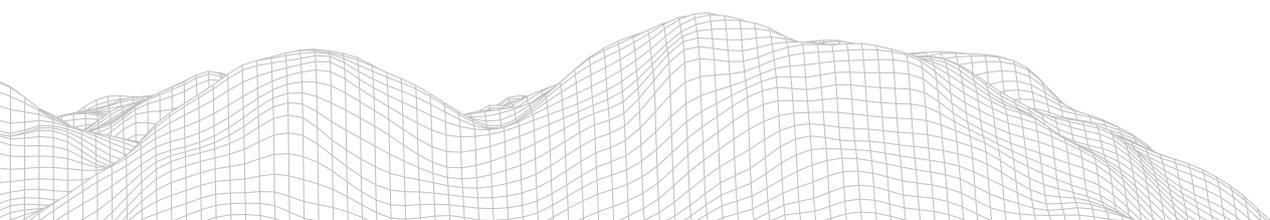
- ALHEIROS, M. *et al.* **Manual de ocupação dos morros da região metropolitana do Recife**. Recife: Programa Viva o Morro, p. 147, 2003. ALTIERI, M. A.
- ALKMIM, F. F. & MARSHAK, S. 1998. **Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero**. *Precambrian Research*, n.90, p.29-58.
- AZEVEDO, Bárbara Zambelli. **O papel da geologia no desenvolvimento do Município de Ouro Preto-MG**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Faculdade de Geologia. UFOP, 2017.
- AZEVEDO, M, COSTA, H. **Métodos para Avaliação de Postura Estratégica**. *Caderno de Pesquisas em Administração*. São Paulo, 18p. abril 2001.
- CALIL, M. **EXPANSÃO URBANA EM OURO PRETO-MG: O RISCO DE OCUPAR ENCOSTAS MINERADAS**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2018.
- CASTRO, J. **Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. 2006.
- CASTRO J.M.G. **Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto**. (Dissertação de Mestrado). Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, 2006,114p.
- COELI *et al.* **A ação do homem como agente geológico-geomorfológico: estudo de caso do município de Ouro Preto-MG**. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia (anais). Recife-PE: 2010. Disponível: < <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/3/3.pdf>>. Acesso em 15 jun. 2019.
- DAYCHOUW, Merhi. **40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento**. Brasport, 2007.
- CARVALHO FILHO, A. **Solos e ambientes do Quadrilátero Ferrífero (MG) e aptidão silvicultural dos Tabuleiros Costeiros**. (Tese de Doutorado). Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2008. 245p.
- GOMES, G. **Classificação de maciço rochoso em zonas de risco potencial na região de Ouro Preto, Minas Gerais**. 2018.
- MACHADO, M. **Construindo a Imagem Geológica do Quadrilátero Ferrífero: Conceitos e Representações**. (Tese de Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- MARCONI, M. *et al.* **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002
- MARSHAK S. & ALKIMIN, F. F. **Proterozoic extension/contraction tectonics of the southern São Francisco Craton and adjacent regions Minas Gerais, Brazil**. A kinematic model relating Quadrilátero Ferrífero, São Francisco Basin and Cordilheira do Espinhaço, *Tectonics*, 8(3): 555-571. 1998.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento científico: pesquisa qualitativa em saúde**. 2a edição. São Paulo/Rio de Janeiro: Hucitec-Abrasco, 1993.
- NASCIMENTO, S. **Geodiversidade e geomorfologia antropogênica na região das minas de ouro no anticlinal de Mariana, MG**. 2016.
- NIR, D. Man, A geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology. Jerusalém: Ketem Pub. House, 1983. 165p.
- OLIVEIRA, B; LOPES, M. B. **Projeto do Parque Arqueológico do Morro da Queimada**. Ouro Preto, 2004.
- OLIVEIRA L. D. 2010. **Ocupação urbana de Ouro Preto de 1950 a 2004 e atuais tendências**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia, 2010.



PEREZ-FILHO, A.; QUARESMA, C. C. **Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos.** In: Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 12, n. 3, 2011, p. 83-90.

PEREIRA, U.C. **Paisagem alterada: o homem como agente geomorfológico-mudança no relevo através da mineração em Minaçu-GO.** Espaço em Revista, v. 15, 2013, p. 40-55.

POPP, José Henrique. **Geologia Geral.** 6.ed. - [Reimp.] - Rio de Janeiro: LTC, 1998.



# CARACTERIZAÇÃO DAS FEIÇÕES TECNOGÊNICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÔRREGO SÃO PEDRO EM JUIZ DE FORA (MG)

652

*Carolina Campos Eduardo*

*Universidade Federal do Rio de Janeiro*

*Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - Cidade Universitária - Ilha do*

*Fundão, Rio de Janeiro - RJ, 21941-916*

*E-mail: carolcampos13@gmail.com*

*Telma Mendes da Silva*

*Universidade Federal do Rio de Janeiro*

*Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - Cidade Universitária - Ilha do*

*Fundão, Rio de Janeiro - RJ, 21941-916*

*E-mail: telmendes@globo.com*

*Miguel Fernandes Felipe*

*Universidade Federal de Juiz de Fora*

*Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, Juiz de Fora - MG,*

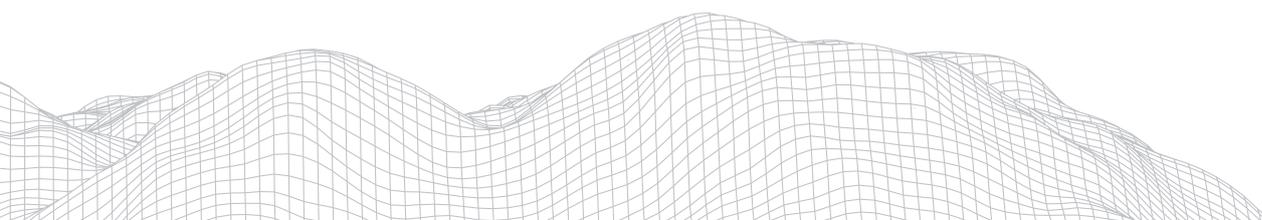
*36036-900*

*E-mail: miguel.felippe@ich.uff.br*

### **Resumo**

Nos estudos sobre as feições antropogênicas, a sociedade está inserida enquanto agente de transformação direta e indireta da paisagem, efetivando distintos modos de organização e apropriação espacial. O processo de expansão urbana notado na Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro (Juiz de Fora/MG) motivou a realização do mapeamento das feições geomorfológicas sobre a interferência de formas de relevo construídas e/ou induzidas pela ação humana. Nessa perspectiva, este estudo considera a gênese, a identificação e a classificação dos principais terrenos e depósitos tecnogênicos, através da cartografia evolutiva, na comparação analítica entre a morfologia original e aquela produzida pelos fatores antropogênicos. Dentre outros elementos, a metodologia aplicada demonstrou o crescimento das feições tecnogênicas de agradação, degradação, misto e modificado nas proximidades da represa São Pedro, por loteamentos de padrão de renda elevada, pela instalação de uma via de ligação e o retrabalhamento de depósitos em situações erosivas.

**Palavras-chave:** antropoceno, mapeamento, Juiz de Fora.



## 1. Introdução

Os estudos sobre as alterações da paisagem provocadas pelas ações humanas, representadas pela cartografia geomorfológica em mapas de escalas regionais, possuem informações rarefeitas sobre as atividades antrópicas na escala local. Assim, a identificação das transformações ocorridas como retificações ou canalização de cursos hídricos, cortes em encostas, aterramentos, movimentação de terras para a formação de terraços agrícolas, extração de saibro, exploração de minerais não metálicos (pedreiras) a céu aberto, soterramento de nascentes para a construção de empreendimentos ou loteamentos, dentre outras atividades de ação direta ou indireta exercidas pela sociedade, necessitam de metodologias apropriadas para a identificação dessas feições antropogênicas introduzidas no relevo (SZABÓ, 2010).

Os fenômenos antropogênicos gerados pela apropriação do espaço têm sido desenvolvidos pela inserção do ser humano enquanto agente geológico-geomorfológico. As obras de Marsh (1864) e Shaler (1905) tratam das mudanças ambientais provocadas pelo desmatamento como efeitos sintomáticos da atuação antrópica, embora não estabeleçam relações diretas com os aspectos geomorfológicos (BUTLER, 2018). Posteriormente, outros autores iniciaram o alinhamento dos estudos do elemento antropogênico com a geomorfologia, estabelecendo análises sistemáticas e classificações dos impactos diretos e indiretos nas feições de relevo (LUZ, 2015).

Nesse viés classificatório das consequências da ação humana Brown (1971) aponta três níveis de transformações: a) direta: referentes às ações modificadoras intencionais na forma da superfície; b) incidental, com efeitos diretos: correspondentes aos efeitos secundários da ação transformadora em primeiro plano e c) indireta: são efeitos de processos geomorfológicos provenientes de ações de remoção da cobertura vegetal e movimentos de massa associados.

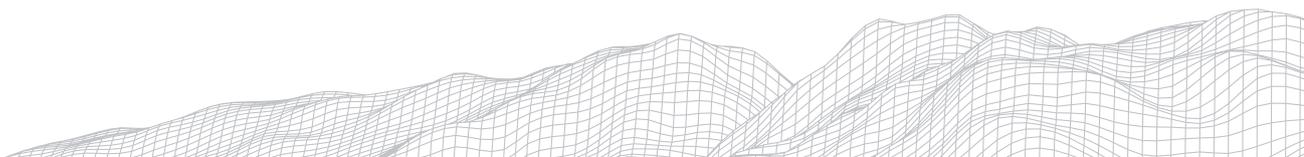
Uma pesquisa com maior ênfase em geomorfologia antrópica é a obra de Nir (1983), que destaca os seres humanos como agentes geomorfológicos, cujas ações podem ser de ordem biológica e geomorfológica, considerando que as práticas agrícolas, a coleta, a caça e a criação de animais promovem um novo ambiente, com condições distintas nos aspectos climáticos e topográficos.

Nessa perspectiva, Nir (1983, p.8) enfatiza sobre a atuação da sociedade destacando que “a atividade de um único homem não pode alterar muito na paisagem, no entanto, o homem não age como indivíduo, mas como parte de uma sociedade. Portanto, a geomorfologia antrópica depende muito dos aspectos sociais, isto é, demográficos, econômicos e icnográficos da humanidade”.

Assim, Nir (1983) propõe fases de análise na compreensão das feições de relevo alterado, nomeadas de: a) estágio pré-urbano: uso da terra essencialmente rural, com poucas interferências antrópicas; b) fase urbano médio: construção ativa, com intensificação de obras e c) estágio urbano tardio: consolidação das obras de infraestrutura, impermeabilização dos solos e retificações de cursos hídricos concluídas.

Ainda sobre estas fases analíticas, Rodrigues (2005) apresenta a primeira fase (pré-urbano) como de pré-perturbação, a segunda fase (urbano médio) como de perturbação ativa e o último período (urbano tardio) como pós-perturbação. Outros estudos brasileiros têm ampliado a aplicação dessa metodologia nas pesquisas como Paschoal (2014), Paschoal et al. (2015) e Eduardo et al. (2019).

Na pesquisa da geomorfologia antropogênica brasileira sobressai o trabalho desenvolvido por Peloggia et al. (2014). Este trabalho baseou-se em estudos



de britânicos e soviéticos sobre a discussão da metodologia e das técnicas da categorização das feições antropogênicas. Tais autores propuseram a inserção de novos terrenos formados, denominados de *terrenos tecnogênicos* e classificados como de agradação ou degradação, modificado e misto.

Os terrenos tecnogênicos de agradação e/ou degradação são aqueles relacionados ao substrato geológico gerado direta ou indiretamente, pelas ações de acúmulo ou remoção de material. Os terrenos modificados correspondem aos horizontes alterados *in situ* pela contaminação de solos por pesticidas e práticas agrícolas de compactação dos solos. Por sua vez, os terrenos tecnogênicos mistos são os resultantes da superposição das atividades antrópicas por meio dos aterros construídos sobre os depósitos de assoreamento induzidos ou sobre horizontes de solo tecnogênico modificado pelos efluentes (PELOGGIA et al., 2014; PELOGGIA, 2015; EDUARDO et al., 2019).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo a apresentação das feições antropogênicas na bacia hidrográfica do Córrego São Pedro, procurando correlacionar formas, processos, materiais identificados e classificados pela proposta metodológica de Peloggia et al. (2014), visando à compreensão das formas de relevo operantes na dinâmica superficial da paisagem.

## 2. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Córrego São Pedro está localizada no município de Juiz de Fora, em Minas Gerais, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, em um quadrante localizado entre as coordenadas de 21°45'0" e 21°48'0" latitude Sul e 43°27'0" e 43°21'0" longitude Oeste, no Sistema de Referência para a América (SIRGAS) (Figura 1).

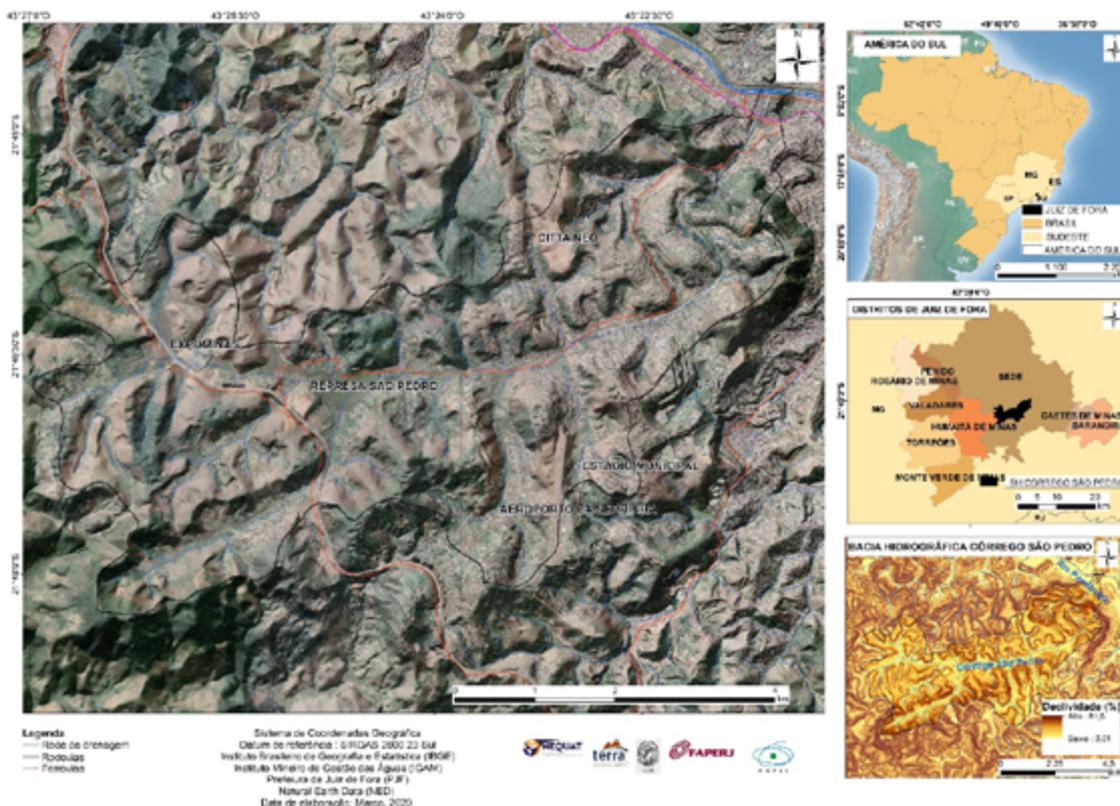


FIGURA 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro.

A área de estudo, localmente denominada de “Cidade Alta”, teve seu processo de ocupação marcada pela construção da Estrada União & Indústria, por volta de 1858. Foi edificada a Colônia D. Pedro II destinada aos imigrantes alemães, que trabalharam na execução da via de acesso entre Juiz de Fora a cidade de Petrópolis.

A bacia do Córrego São Pedro apresenta uma organização espacial heterogênea, com vários eixos de vias de acessos municipais e de rodovias federais. Segundo o Plano Diretor Participativo (PJF, 2020) essa porção territorial possui vetor de crescimento e expansão urbana cotidianamente incrementado e parcelado para as ocupações de conjuntos habitacionais populares, voltados para o programa federal “Minha Casa Minha Vida” (Città Neo, Marilândia, Caiçaras) e de luxo (Novo Horizonte, Bosque do Imperador, Aeroporto), dentre outros.

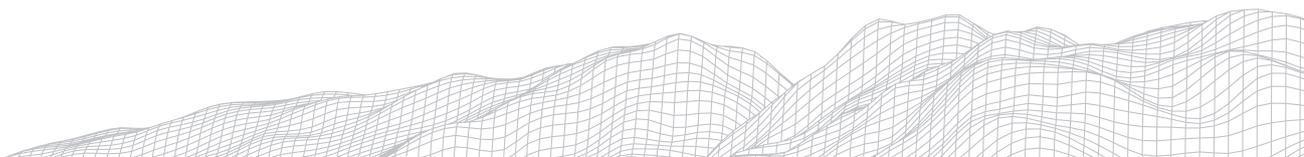
O fato da implantação da rodovia BR-440, interligando a BR-040 e a BR-267, é uma das interferências antropogênicas relevantes, conformando-se em um projeto de engenharia instalado nas margens do Córrego São Pedro, nas proximidades da Represa de São Pedro e, em seu projeto de execução, prevê a fragmentação de várias áreas florestais (ROCHA et al., 2010; ROCHA et al., 2019). A bacia em questão abriga ainda o Morro do Imperador, o manancial da represa de São Pedro, o Aeroporto da Serrinha, o Museu Mariano Procópio, dentre outros empreendimentos relevantes.

Referente aos aspectos climáticos, a área possuiu duas estações bem definidas sendo uma de outubro a abril, com temperaturas e índices pluviométricos mais elevados, e outra de maio a setembro, com temperaturas amenas e menores precipitações pluviométricas. Fatores como o relevo mamelonar, desníveis topográficos superiores a 200 metros e intensa urbanização produziram microclimas distintos no perímetro urbano municipal. De acordo com Torres (2006), dentre outras localidades, os diferentes patamares em relação à várzea do rio Paraibuna e os vales do Córrego São Pedro, com maiores altitudes e distantes da concentração urbana central, caracterizam-se por um clima mesotérmico com verões mais brandos.

A Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 1992), que caracteriza a área, apresenta-se alterada pelas diversas culturas econômicas desenvolvidas em matas fragmentadas. As unidades pedológicas formadas sob essa vegetação secundária são marcadas, essencialmente, de Latossolos vermelho-amarelo distrófico (LVAd59), segundo o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais, na escala de 1:600.000 (FEAM, 2010). Entretanto, são identificados argissolos, devido à translocação de argila no perfil de vertentes de média declividade e cambissolos, associados ao rejuvenescimento por decapeamento dos horizontes superficiais de erosão laminar. Por conseguinte, os fundos de vales são caracterizados por terrenos aluviais, neossolos flúvicos e gleissolos.

Nos contextos geológicos (DUARTE et al., 2003) e geomorfológicos, são compreendidas as feições de relevo de Dissecação Homogênea (D) em morros e morrotes, inseridas no setor norte da região composto pela Megassequência Andrelândia, com litótipos de biotita gnaiss intercalados com ortogranulito enderbítico a charnockítico do Complexo Juiz de Fora. Compreendem no Modelado de Agradação (A) na feição de planície fluvial, unidades Mesozóicas-Cenozóicas, indicativas de depósitos quaternários na forma de alvéolos sedimentares embutidos nos fundos dos vales fluviais, com ocorrência também de rampas de colúvio adjacentes aos segmentos de encostas.

Na direção NE-SW a unidade de Megassequência Andrelândia compõe os conjuntos de relevo de morros profundamente dissecados com encostas suavizadas. As feições de Dissecação Homogênea em Controle Estrutural (DE) em



formas de cristas reafeiçoadas também são compreendidas pelos litótipos de sillimanita- granada-biotita gnaiss, com intercalações de quartzito impuro (q), rocha calcissilicática e anfíbolito da Megassequência Andrelândia (DUARTE et al., 2003).

### 3. Materiais e métodos

O presente estudo se ampara na compreensão do conceito de paisagem concebido pelas relações estabelecidas entre a ação humana e o espaço, as quais são estruturadas a partir das condições históricas em uma perspectiva, que considera a paisagem não apenas pelos aspectos físicos, mas por uma composição resultante de uma dinâmica superficial de ordem social, econômica e de relações de poder. Nessa compreensão, a paisagem é considerada pela abordagem da Complexidade, evidenciando os fenômenos que a compõem, construídos pela desordem, incerteza e redução de interpretações reducionistas do conhecimento real (MORIN, 2015).

Em relação aos procedimentos técnicos adotados, o trabalho se desenvolveu com a elaboração de um banco de dados pelo *software ArcGIS*, com a criação de feições em *shapefiles* em pontos, linhas e polígonos. Na base cartográfica elaborada estão inseridas as imagens aéreas do ano de 1983, na escala de 1:10.000, e as imagens de satélite *WorldView-2* de 2010 e 2011, com resolução espacial de 0,60 cm.

Foram empregadas técnicas de fotointerpretação para identificação das feições antropogênicas, como as mudanças de cores, texturas e uso da terra. Desse modo, por meio da “Cartografia Geomorfologia Retrospectiva”, abordou-se a pesquisa sistemática da morfologia na área de estudo, pelo uso de imagens em cenários distintos, possibilitando a compreensão das alterações na paisagem. E, em complemento as informações interpretativas, foram utilizadas imagens aéreas disponíveis pelo *software ArcGIS*, do ano de 2018.

Após a identificação e mapeamento das feições de terrenos tecnogênicos, foi realizada a classificação seguindo a metodologia de Peggia et al. (2014). Nessa proposta as classes de feições tecnogênicas são apresentadas pelos tipos genéticos de *agração*, *degradação*, *modificados* e *mistos*, conforme mostra o quadro 1.

#### QUADRO 1

Classificação genéticas dos terrenos tecnogênicos

TERRENO TECNOGÊNICO	CLASSIFICAÇÃO GENÉTICA	EXEMPLOS TÍPICOS
AGRAÇÃO	Depósito Tecnogênico construído de 1ª geração	Aterros, bota-foras, barragens de terra, depósitos de lixo e aterros sanitários
	Depósito Tecnogênico induzido de 1ª geração	Depósitos sedimentares relacionados às redes de drenagem atuais
	Depósito Tecnogênico de 2ª geração	Depósitos formados por retrabalhamento de depósitos previamente existentes
DEGRADAÇÃO	Cicatrizes Tecnogênicas Induzidas (Terreno Erodido, Terreno Escorregado, Terreno Afundado)	Sulcos, ravinas, voçorocas, escorregamentos em geral, dolinas, poços sumidouros, depressões
	Cicatrizes Tecnogênicas Construídas (Terreno Escavado)	Cortes de terraplanagem, cavas de Mineração

<b>MODIFICADO</b>	Horizontes Alterados (Solo Quimicamente Alterado e Solo Mecanicamente Alterado)	Solo contaminado com efluentes ou pesticidas; Solo compactado, subsolagem de solo Agrícola
<b>MISTO</b>	Unidades Compostas (Camadas Sobrepostas)	Aterro (depósito construído) sobre depósito de assoreamento (induzido) ou sobre horizontes de solo tecnogênico
	Unidades Complexas (Camadas Complexas)	Aterro alterado por efluentes (depósitos construídos e modificados), camadas arqueológicas

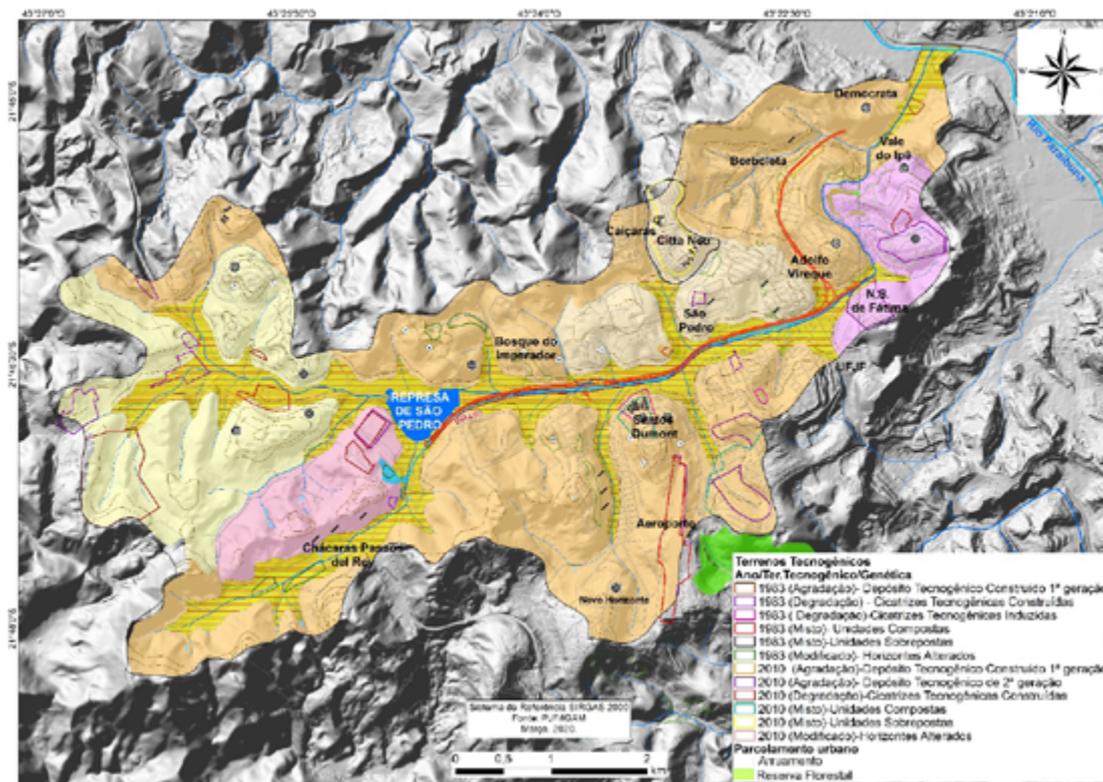
Fonte: OLIVEIRA, 2017.

Esse método vem sendo aplicado nos estudos de feições antropogênicas, na pesquisa brasileira. Trabalhos como o de Peixoto et al. (2011), Oliveira (2017) e Eduardo et al. (2019), dentre outros; apresentam aplicações da metodologia e ampliam o debate sobre o Antropoceno e Tecnógeno.

#### 4. Resultados e discussões

Através da imagem da figura 2 observa-se que a aplicação da metodologia foi capaz de identificar e classificar os principais tipos genéticos das feições geradas pela sociedade, em seus processos de apropriação do relevo.

658



Feições de Relevo		Dados Litológicos	
Moldados de Agradação (A)	Apf	Unidades Mesozóicas-terciárias	Depósitos associados às planícies e terraços fluviais
Dissecção Homogênea (H)	De Dm Dmr	Megasequência Andriânica	Basalto gnáiss, quartzito, calcossilicatos, ardósias e gneíto.
Apf	Planície fluvial apresenta largura variável, caráter descontínuo e contribuição de materiais oriundos dos transbordamentos dos canais e do domínio das vertentes, comportando matizes de granulometria arenosa a argilosa, conforme a fonte. Acompanha canais fluviais de variadas extensões em ângulo rítmico assimétrico.		
De	Cotas baixas com topos arredondados, vertentes convexas e retíneas, cobertura de gramíneas, com encosto laminar.		
Dm	Morros com encostas suavizadas. Morfologias mamelonares com topos aplanados e vertentes convexas.		
Dmr	Morros morfologias mamelonares com topos aplanados e vertentes convexas a retíneas.		
Dmr	Morros mamelonares com topos aplanados, majoritariamente em vertentes retíneas antrópicas.		
Hierarquia Fluvial	<p>----- 1 ----- 2 mm 0</p> <p>----- 2 ----- 4 mm 0 0 mm 0</p>		
Feições derivativas	Solco Ravina Córrego		
Vertentes	Côncava Planície Cunha de nível		
Morfologia fluvial	Canal fluvial Lago		
Planície urbanizada	Terranos tecnogênicos	Agradação Degradação Modificado Misto	Construídas Induzidas Compostas Complexas

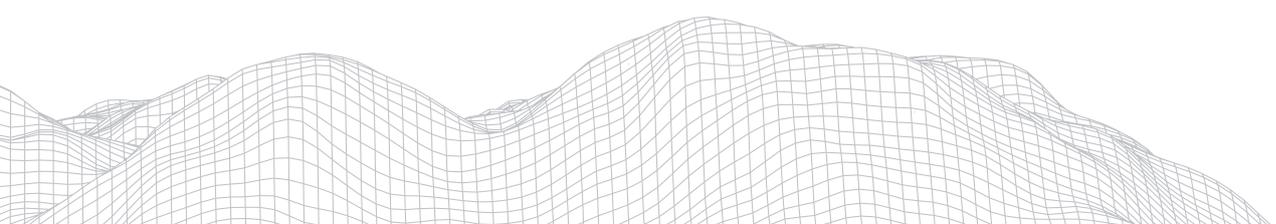
**FIGURA 2:** Mapa Geomorfológico tecnogênico da Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro e sua respectiva legenda.

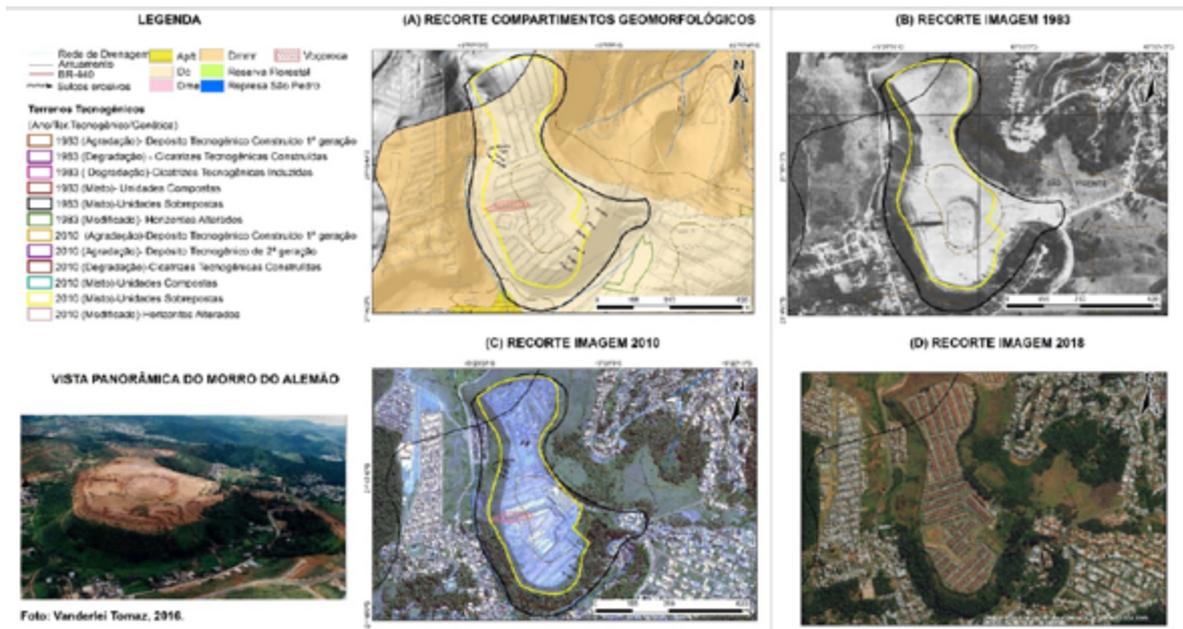
O mapa representado pela figura 2, mostra o crescimento dos terrenos tecnogênicos em *Agradação* manifestados em *Depósitos Tecnogênicos Construído de 1ª geração*, do ano de 1983 para o ano de 2010, bem como o reconhecimento de *Depósitos Tecnogênicos de 2ª geração*.

Dentre os terrenos identificados, a localidade conhecida como Morro do Alemão, nas proximidades do bairro Borboleta, passou por distintos processos antrópicos. Aplicando a classificação de Peggia et al. (2014), essa área foi considerada como terreno tecnogênico *misto*, geneticamente relacionada a *Unidades Compostas*, por *depósitos construídos* sobre depósito de assoreamento induzido.

De acordo com Geraldo (2011) em 2007 a área pública foi cedida para a Construtora Multitek Engenharia para a realização de obras de recuperação ambiental. Foram executados cortes de terraplanagem, aterros e construção de sistema de coleta da drenagem pluvial, como obras que atenderiam ao projeto de empreendimento residencial Città Neo, para famílias com renda familiar entre 3 a 5 salários.

Na figura 3A estão representados os compartimentos geomorfológicos e as formas antropogênicas identificadas nos anos de 1983 (cor preta) e 2010 (cor amarela). São indicados alguns sulcos erosivos e uma expressiva voçoroca existente. Na mesma figura, a imagem aérea de 1983 é vista em B, mostrando os cortes já realizados nesse período.

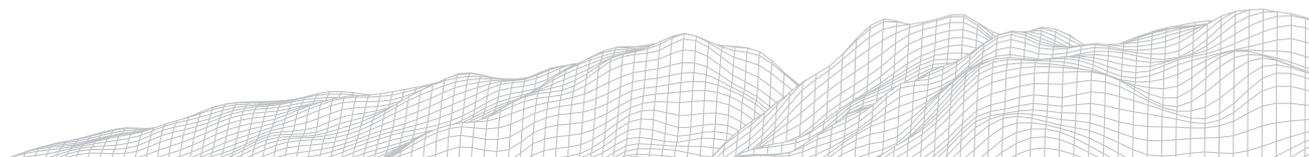


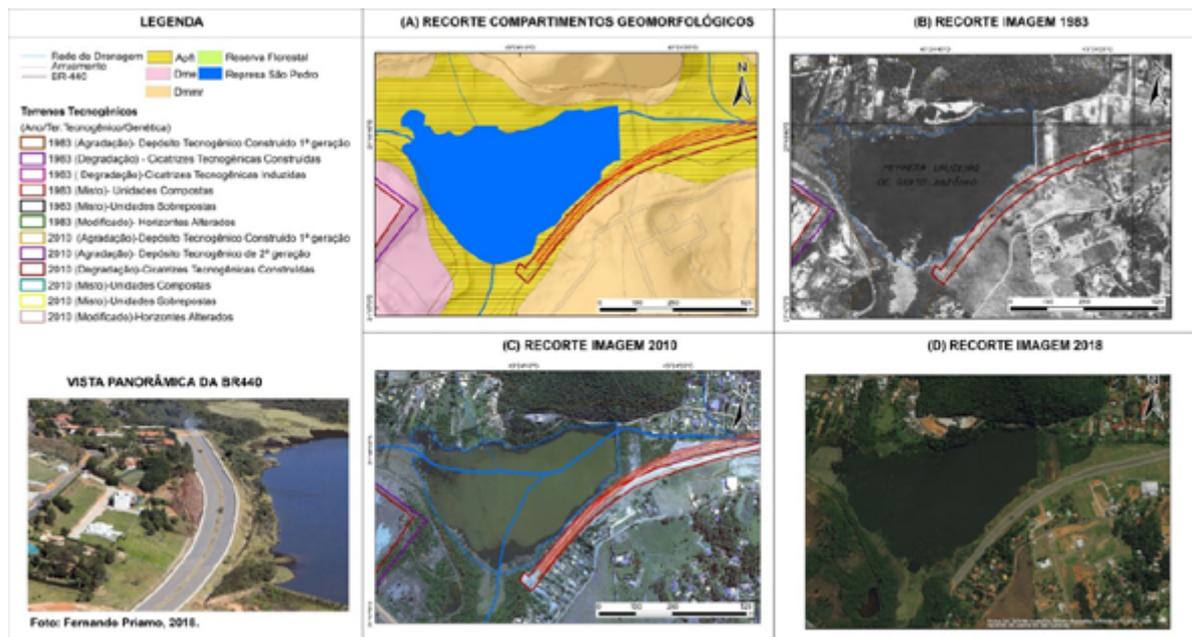


**FIGURA 3:** Recorte da bacia córrego São Pedro correspondente ao Morro do Alemão. **A)** Relevô Colinoso sobre influência antrópica de sulcos erosivos datados do ano de 1983, com feição antropogênica de 2010 (amarelo) e de 1983 (preta). **B)** Recorte do Morro do Alemão em 1983. **C)** Recorte da feição no ano de 2010, indicando o estágio de perturbação ativa. **D)** Imagem de 2018 indicando a consolidação da fase pós-perturbação, referente a instalação do Citta Neo.

Na figura 3C, o papel de transformação promovido pelas ações antropogênicas é evidenciado nitidamente pela imagem aérea de 2010, a qual evidencia a instalação de vias de acesso, parcelamento de lotes urbanos e a resolução dos processos denudacionais ocorridos até então. Esses recortes (Figuras 3B e 3C) caracterizam a fase de perturbação ativa, cujo período de construção é intensificado por escavações, cortes, remoção de solos superficiais, pavimentações e sistema de drenagem fluvial. Já na imagem de 2018 (Figura 3D) fornecida pelo ArcGIS, exibe o processo de ocupação em fase de pós-implementação do conjunto habitacional, em uma fase de perturbação tardia ou de urbano desenvolvido.

As obras de implementação da rodovia BR-440 geram modificações substanciais na paisagem da bacia hidrográfica do Córrego São Pedro, e a interpretação da figura 4 busca apresentar essas transformações.





**FIGURA 4:** Recorte da bacia córrego São Pedro correspondente a Represa São Pedro. **A)** Relevo de planície fluvial antropogênica com o manancial da represa em azul e o projeto da rodovia BR-440, **B)** Recorte da Represa São Pedro em 1983. **C)** Recorte da feição no ano de 2010, indicando o estágio de perturbação ativa, com a construção da obra da rodovia. **D)** Imagem de 2018 indicando a consolidação da fase pós-perturbação, referente a instalação do trecho parcial da BR-440 e loteamentos nas proximidades.

Na figura 4A está representado o manancial da Represa de São Pedro (em azul) e em vermelho o trecho referente da obra da rodovia BR-440. O córrego São Pedro percorre na planície fluvial antropogênica, uma vez que esta feição sofreu diversos processos de cortes e urbanização da malha urbana. Na figura 4B é possível ver residências espaçadas nas adjacências da represa e sem alterações antrópicas provenientes da futura rodovia. Em 2010 (Figura 4C) a expansão da malha urbana às margens da represa e as obras da BR-440 são implantadas, configurando a fase de construção ativa. Enquanto, na figura 4D está apresentada a fase final de execução da obra da rodovia BR-440 e a canalização do Córrego São Pedro.

O mapeamento geomorfológico e tecnogênico aponta para os terrenos e depósitos incorporados pela implantação da BR-440 a classificação em *Cicatrices Tecnogênicas Construídas*, formadas pelas obras de escavações e terraplanagens.

### 5. Considerações Finais

O conhecimento das fases de pré-perturbação, perturbação ativa e perturbação tardia em suas transformações antropogênicas, foram melhores interpretadas a partir da organização espacial dos fenômenos geográficos, à medida que puderam ser identificadas, mapeadas e classificadas pela metodologia de terrenos tecnogênicos.

O papel do ser humano em modelar as feições de relevo expressa-se veementemente na área de estudo, mostrando o quanto suas decisões políticas podem ofertar novas formas de uso para áreas com problemas ambientais, como o caso do Morro do Alemão. E, por outro lado traz novos impactos negativos com a construção da rodovia BR-440, configurando uma paisagem antropogênica, cuja ação mais aparente é a canalização subterrânea do principal afluente da

bacia hidrográfica.

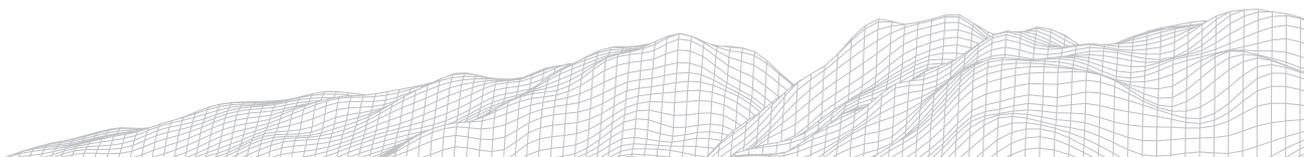
Em relação ao método aplicado de classificação dos terrenos tecnogênicos, a execução permeou na dificuldade de reconhecer a classificação genética para áreas com alto grau de transformação pela expansão urbana causada, exigindo maior compreensão dos processos geomorfológicos ocorridos por parte do executor, assim como representação cartográfica dos mesmos para o leitor. Sendo assim, é de extrema importância o incentivo as práticas científicas que tratem do reconhecimento antropogênico em paisagens brasileiras, que refletem a dinâmica superficial em clima tropical e, com o desenvolvimento em expansão.

### Agradecimentos

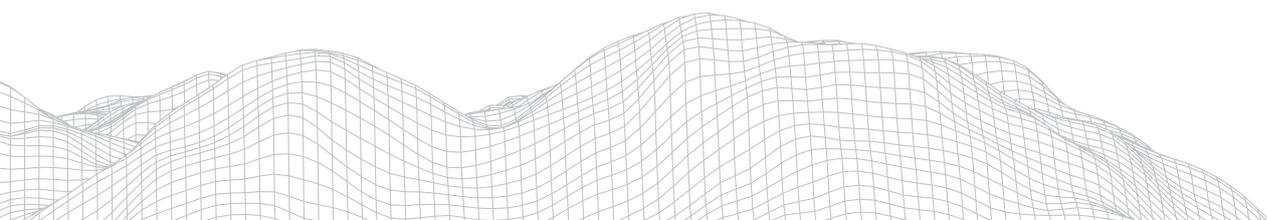
A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa integral no período de Doutorado, a Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) como Aluna Nota 10 e ao Engenheiro Fabricio de Oliveira Loures, da Prefeitura de Juiz de Fora.

### Referências

- BUTLER, D.R. Man as a Geological Agent: An Account of His Actions on Inanimate Nature, by Robert Lionel Sherlock, 1922. In: **Progress in Physical Geography**, v. 42, n.4, p. 530-534, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/326419542>. Acesso em: 28 out. 2019.
- BROWN, E. **O homem modela a Terra**. In: Boletim Geográfico, v. 30, n. 222, p. 1-18, 1971.
- CRUTZEN, P.J.; STOERMER, E.F. The "Anthropocene". In: International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) **Global Newsletter**, n. 41, p.17-18, 2000.
- CRUTZEN, P.J. Geology of makind. **Nature**, v. 415, p.23-23, 2002.
- DUARTE, B.P. *et al.* Geologia das folhas Juiz de Fora e Chiador. In: PEDROSA-SOARES, A.C. *et al.* (Org.) Projeto Sul de Minas. Belo Horizonte: Comig/Seme, v. 1, p. 153-258, 2003.
- EDUARDO, C.C.; SILVA, T.M.; FELIPPE, M.F. Transformações geomorfológicas na Bacia Ribeirão dos Burros (Juiz de Fora/MG). **Revista da ANPEGE**, v.15, n. 26, p. 89-113, 2019.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. FEAM. **Mapas de Solos do Estado de Minas Gerais**. Banco de Solos de Minas Gerais, 2010.
- GERALDO, W.M.J. **Novas Dinâmicas socioespaciais na "Cidade Alta" de Juiz de Fora-MG**. 2011, 126 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia), Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas, Curso de Geografia, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. (Série manuais técnicos em Geociências).
- LUZ, R. A. **Mudanças geomorfológicas na planície fluvial do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização**. 2015, 245 f. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.
- MARSH, G. P. **Man and nature: physical geography as modified by human action**. New York: Charles Scribner, 1864. 580 p.
- MENDES, L.C.; FELIPPE, M.F. A geomorfologia do Tecnógeno e suas relações com o rompimento da barragem Fundão (Mariana, Minas Gerais). **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 6, n. 4, p. 352-362, 2016.



- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina, 2015. 120 p.
- NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to Anthropic Geomorphology**. Boston, Jerusalem: D. Reidel Publishing Co., Keter Publishing, 1983. 165p.
- OLIVEIRA, S.A. **Vulnerabilidade Ambiental na "Cidade do Aço": a Geotecnogênese na construção de paisagens de perigo no setor leste de Volta Redonda (RJ)**. 2017, 215 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2017.
- PASCHOAL, L.J. **Estudo dos efeitos da criação de morfologias antropogênicas em área de mineração**. 2014, 177p. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2014.
- PASCHOAL, L.J.; SIMON, A.L.H.; CUNHA, C.M.L. Geomorfologia Antropogênica e sua inserção em pesquisas brasileiras. **Geographia Meridionalis**, v. 1, n. 1. p. 95-126, 2015.
- PASCHOAL, L.G.; RAMOS, A.M.; CUNHA, L.J.S.; CUNHA, C.M.L. Estudos geomorfológicos em área de mineração em Portugal: cartografia geomorfológica para análise do impacto antrópico sobre o relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.17, n. 1, p. 61-78, 2016.
- PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Plano Diretor Participativo 2018**. Disponível em: <http://www.planodiretorparticipativo.pjf.mg.gov.br/>. Acesso em: março, 2020.
- PEIXOTO, M.N.O.; MELLO, E.V.; SILVA, S.M.; MOURA, J.R.S.; LOPES, C.Q.G.; SILVA, S.T.; PINTO Jr., C.D. Feições tecnogênicas em Volta Redonda (RJ). In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA - III Encontro do Quaternário Sulamericano XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives, 2011, Búzios. **Anais do XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA - III Encontro do Quaternário Sulamericano XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives**. Niterói (RJ): UFF. v. 1. p. 25-31. 2011.
- PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, A.A.O.; SILVA, E.C.N.; NUNES, J.O.R. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014.
- PELOGGIA, A.U.G. O significado arqueológico dos depósitos tecnogênico-aluviais da bacia do rio Uma (Taubaté, SP). **Revista Arqueologia Pública**, Campinas, v.9, n.11, p. 207-219, 2015.
- ROCHA, C.H.B.; PAIVA, L. Das enchentes agravadas devido à canalização do Córrego do São Pedro, do Nível da Água e da BR440. **Núcleo de Análise Geo-Ambiental-NaGEA, Universidade Federal de Juiz de Fora**, Juiz de Fora, MG, 2010.
- ROCHA, C.H.B. *et al.* CAPACIDADE DE SUPORTE E RESILIÊNCIA DE UM MANANCIAL PERIURBANO EM JUIZ DE FORA (MG), BRASIL. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 9, n. 1, p. 92-109, 2019.
- RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo da metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, v. 17, p. 101-111, 2005.
- SHALER, N.S. **Man and the Earth**. New York: Duffield & Co, 1905. 240 p.
- SHERLOCK, R.L. **Man as a geological agent: an account of his action on inanimate nature**. London: High Holborn, 1922. 404 p.
- SZABÓ, J. **Anthropogenic geomorphology: subject and system**. In: SZABÓ, J.; LÓRANT, D.; LÓCZY, D. **Anthropogenic geomorphology: a guide to man made landforms**. London: Springer, 2010, 260 p.
- TORRES, F.T.P. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG). **Revista Caminhos de Geografia**, v.7, n.18, p. 162-171, 2006.



# CARACTERIZAÇÃO DE PERFIS LONGITUDINAIS DOS RIOS DA SERRA DO MAR PAULISTA PARA OBTENÇÃO DE KNICKPOINTS E KNICKZONAS SUGESTIVAS DE CONTROLE LITOESTRUTURAL E REARRANJOS DE DRENAGEM

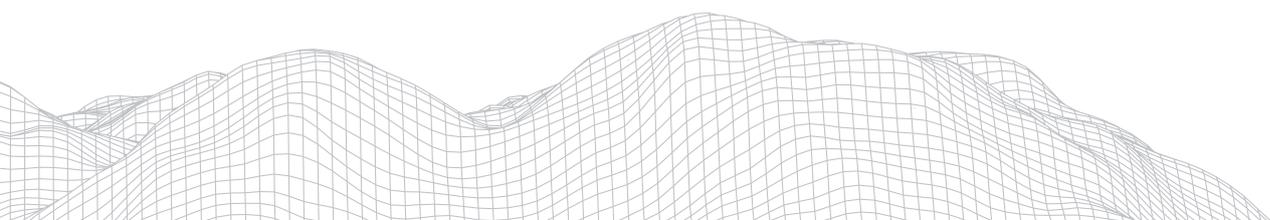
664

*Sara Brunella Ribeiro*  
Instituto Federal de São Paulo - IFSP  
Orlando Fratucelli nº102 - São Paulo - 08230-520  
sarabrunellao@gmail.com

### Resumo

A pesquisa tem como finalidade estudar os rios que nascem na Serra do Mar, no trecho entre os municípios de Santos e Ubatuba, a fim de mapear knickpoints e knickzonas que tragam evidências de ocorrência de controles lito-estruturais e de rearranjos de drenagem através do estudo de seus perfis longitudinais. Para que isso seja possível, o estudo busca comparar dezenas de rios que fluem tanto em direção ao litoral como para o interior com os dados geomorfológicos que nos permitam mapear e identificar as áreas mais propícias para ocorrer rearranjos de drenagem. Além das rupturas nos perfis, também serão analisadas as demais evidências de rearranjos de drenagem, como as: inflexões abruptas, colos e rios retilíneos alinhados, rios subdimensionados ou superdimensionados em relação aos vales e padrões de drenagem do tipo *barbed*. O levantamento dos dados geomorfológicos será realizado com os dados SRTM de Modelos Digitais de Elevação (MDE), e tem como motivação o mapeamento de áreas com maior probabilidade de ocorrer rearranjos de drenagem para servir de apoio e subsidiar futuros trabalhos que estudem mais detalhadamente as capturas fluviais na região da Serra do Mar Paulista.

**Palavras-chaves:** Serra do Mar, rearranjos de drenagem, knickpoints e índices geomorfológicos.



## 1. Introdução

A presente pesquisa busca através da análise dos dados morfométricos extraídos dos perfis longitudinais, do estudo dos dados geomorfológicos das cartas de SRTM dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) e da análise das cartas topográficas com escalas de 1:50.000 extraídas do Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro - BDGEx, encontrar evidências de rearranjos de drenagem nos principais rios selecionados para o estudo na Serra do Mar entre os municípios de Ubatuba (SP) e Santos (SP). A análise será feita a partir de artigos e obras bibliográficas que abordam o tema das redes de drenagem, assim como obras que tratam sobre a origem da Serra do Mar, seu desenvolvimento e aspectos litológicos.

Essa pesquisa é fundamental pois corrobora com os estudos sobre a Serra do Mar no sudeste brasileiro, onde apesar dos muitos trabalhos realizados há ainda um déficit nos conhecimentos acerca de sua origem e evolução que precisam de trabalhos com diferentes metodologias para aprimorar o entendimento da geografia física sobre a região. Assim como se faz necessária pois aborda os rearranjos de drenagem em uma escala pouco vista, já que a maioria dos trabalhos sobre rearranjos são feitos com redes de drenagem isoladas, no entanto essa pesquisa busca olhar para uma grande parcela da Serra do Mar e diagnosticar os possíveis rearranjos de drenagem e assim subsidiar futuros trabalhos que busquem uma análise mais minuciosa e restrita, porém, tendo como base de que os mesmos processos podem estar ocorrendo em rios ao entorno da região.

Com isso, a pesquisa busca diagnosticar os rearranjos de drenagem na região da Serra do Mar e assim construir um mapa final que apresente os resultados nas buscas das evidências.

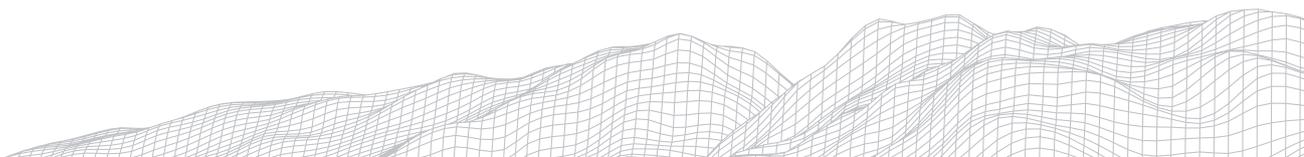
## 2. Panorama Geológico da Serra do Mar

Antes de prosseguirmos e apresentarmos a metodologia, é importante discutir os aspectos físicos da região estudada, assim podemos compreender os processos das redes de drenagem com base na morfologia e litologia da região.

A Serra do Mar se constitui, segundo Almeida & Carneiro (1998), como um conjunto de escarpas festonadas com cerca de 1.000 Km de extensão que se estende entre o estado do Rio de Janeiro até Santa Catarina, na borda leste do continente americano. No Paraná as altitudes dos cumes das montanhas que compõem a serra podem chegar até os 1.800 metros de altitude, enquanto em São Paulo a borda é frequentemente nivelada entre os 800 e 1.200 m.

Sua origem, segundo os mesmos autores, está ligada a uma série de eventos de movimentos verticais tectônicos ocorridos no Cenozóico que aproveitaram as linhas de falhas que recortam o sudeste brasileiro. Essas linhas de falhas têm origem no final do Proterozóico quando o arrefecimento do calor e a mudança no regime de esforços causou uma compressão que originou as falhas transcorrentes do sudeste brasileiro. Os pesquisadores supracitados atestam que a Serra do Mar se originou na Falha de Santos, com o abatimento do bloco oriental ao mesmo tempo que ocorria o soerguimento do bloco ocidental e que teria iniciado um recuo erosivo.

Segundo Zalán e Oliveira (2005) ocorreram dois pulsos de soerguimento principais, o primeiro foi caracterizado por ser de natureza epirogênica e alçou a crosta continental de maneira maciça e uniforme entre 2000 e 3000 metros de altitude e foi acompanhada por uma série de intrusões e diques alcalinos de 82-52 M.a. (*apud* Lutetiano, 48,6-40,4 M.a.). Ao final do Cretáceo, graças à superfície de aplainamento Japi que nivelou os cumes na altitude dos 2000 metros um mega planalto amplo e coeso existia no sudeste brasileiro, a Serra do Mar Cretácea.



O segundo pulso foi de colapso pela situação gravitacionalmente instável que o imenso planalto maciço de 3000 m (2000 m de altitude + 1000 metros no mínimo do talude da bacia) com escarpa voltada para o mar causou a medida que a subsidência da bacia progredia. O clímax do colapso, segundo os mesmos autores, se deu no Mesoeoceno quando a Placa Sul Americana sofreu uma rotação para se ajustar ao nascente atrito com a Placa do Caribe, quando essa cessou o cavalgamento sobre a Placa Norte-Americana encerrando a orogenia cubana e instalando a orogenia Caribenha.

Sobre o desenvolvimento da Serra do Mar, o enfoque principal está no recuo que a serra sofreu durante o Cenozóico com a ação erosiva dos rios, do mar e dos movimentos de massa das vertentes com um recuo de aproximadamente 30 a 40 km para o interior, por isso, o estudo dos sistemas de drenagem são tão importantes nessa região, pois explicam como se deu o processo de desenvolvimento e recuo da escarpa. (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998)

Podemos observar o papel fundamental da ação erosiva dos rios no recuo das escarpas passivas através do estudo sobre o recuo do planalto dos Apalaches do Sul na escarpa Blue Ridge na América do Norte, onde os autores Prince *et al* (2010) vão descrever o papel que as capturas de drenagem desempenharam no recuo aumentando o potencial erosivo dos rios. Ainda segundo os mesmos autores as falhas e linhas de fraquezas são aproveitadas pelas redes de drenagem à medida que se desenvolvem e moldam o relevo, assim como o alto gradiente hipsométrico da escarpa que aumenta o potencial erosivo dos rios.

Esse mesmo processo descrito por Prince *et al* (2010) ocorre na Serra do Mar, onde segundo Almeida & Carneiro (1998) as redes de drenagem aproveitam das linhas de falhas e fraturas para traçar suas redes de drenagem, ao mesmo tempo em que as rochas mais resistentes sustentam as montanhas mais altas.

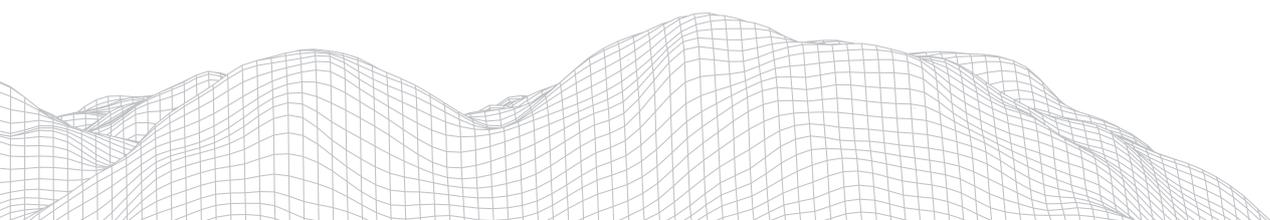
*Rochas resistentes sustentam planaltos e escarpas, enquanto falhas, zonas de cisalhamento, fraturas e grandes domínios de rochas supracrustais condicionam lineamentos maiores e segmentos locais da rede de drenagem. (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998, p. 137).*

Para finalizar o panorama geral sobre a Serra do Mar é importante falar sobre sua litologia, pois ela é, juntamente com a inclinação do relevo, a responsável por definir os padrões e tipos de drenagem. Segundo Almeida & Carneiro (1998) a Serra do Mar é composta por diferentes tipos de rochas com origem entre o Pré-Cambriano e o Eopaleozóico com as diversas associações migmatíticas e metamórficas e inúmeros complexos ígneos, que explicariam suas escarpas festonadas e com diferenças altimétricas.

### 3. Metodologia

Para a obtenção dos resultados esperados, a presente pesquisa utilizou os índices morfométricos: RDE - Relação Declividade-Extensão e o Índice de Conca-vidade, a partir dos perfis longitudinais dos rios.

Segundo Antón (2014) às redes de drenagem são muito sensíveis às quedas do nível de base e as mudanças hidrológicas que podem ser causadas por atividades tectônicas ou variabilidade climática. Por isso são essenciais no estudo dos rearranjos de drenagem, pois segundo o autor, apesar da tectônica induzir uma resposta mais imediata dos canais fluviais, em áreas de tectônica quiescente o desenvolvimento das redes de drenagem podem ser influenciado por rearranjos de drenagens assim como pelas variações climáticas relacionadas aos regimes de inundações, fornecimento de sedimentos e mudanças de nível de base que resultam em padrões espaciais e temporários pela incisão fluvial.



Portanto, para entender se determinada região está sofrendo movimentações tectônicas ou perturbações de outras ordens, os estudos dos perfis longitudinais são fundamentais, pois através de sua análise, assim como da extração de índices morfométricos, é possível fazer uma investigação se as redes de drenagens estão se ajustando às novas condições morfológicas do relevo ou estão originando algum tipo de mudança em seus canais fluviais, como é o caso dos rearranjos de drenagens.

Os perfis longitudinais foram elaborados a partir das Cartas Topográficas com escala de 1:50.000 retiradas do Banco de Dados Geográfico do Exército Brasileiro - BDGEx, onde os rios foram vetorizados e hierarquizados através do software livre Quantum GIS de edição e análise de dados geográficos na versão 3.4 Madeira. Após a vetorização de todos os rios das bacias hidrográficas que contemplam a área de estudos, foram selecionados os rios de quarta e quinta ordem que estão distribuídos ao longo da Serra do Mar, tanto em direção ao litoral quanto para o interior, escolhendo através do critério proposto por Horton (1945) os rios principais das bacias hidrográficas.

Foram selecionados ao todo 23 rios, sendo 15 rios exorreicos (correm em direção ao litoral) e 8 rios endorreicos (correm em direção ao interior) e assim elaborados os perfis longitudinais e extraídos os índices morfométricos.

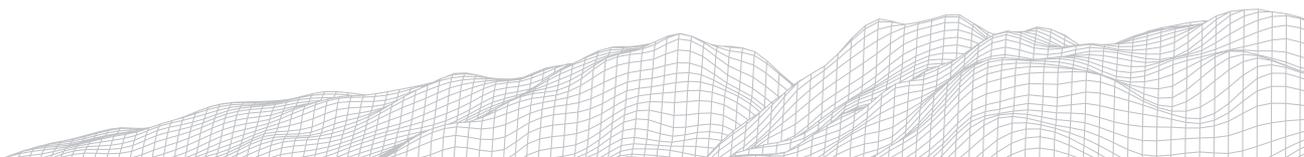
O primeiro índice é o SL (stream-length) traduzido para Relação Declividade- Extensão (RDE), esse método foi proposto por Hack (1973) para analisar a influência dos fatores ambientais como o clima, a tectônica ou a história geológica nos perfis longitudinais e averiguar se estão ou não em equilíbrio. Assumindo que os rios em equilíbrio apresentam um perfil longitudinal semi-logarítmico, é comparado se o perfil se aproxima do modelo em equilíbrio, quando a descarga de água é suficiente para o transporte dos sedimentos sem causar agradação do leito do rio (LEOPOLD e BULL, 1979 *apud* ETCHEBEHERE *et al*, 2004). O método é definido pelo produto da declividade pela extensão a partir do divisor como um indicador da energia geral disponível para a erosão fluvial (ETCHEBEHERE *et al*, 2004; ANTÓN *et al*, 2014).

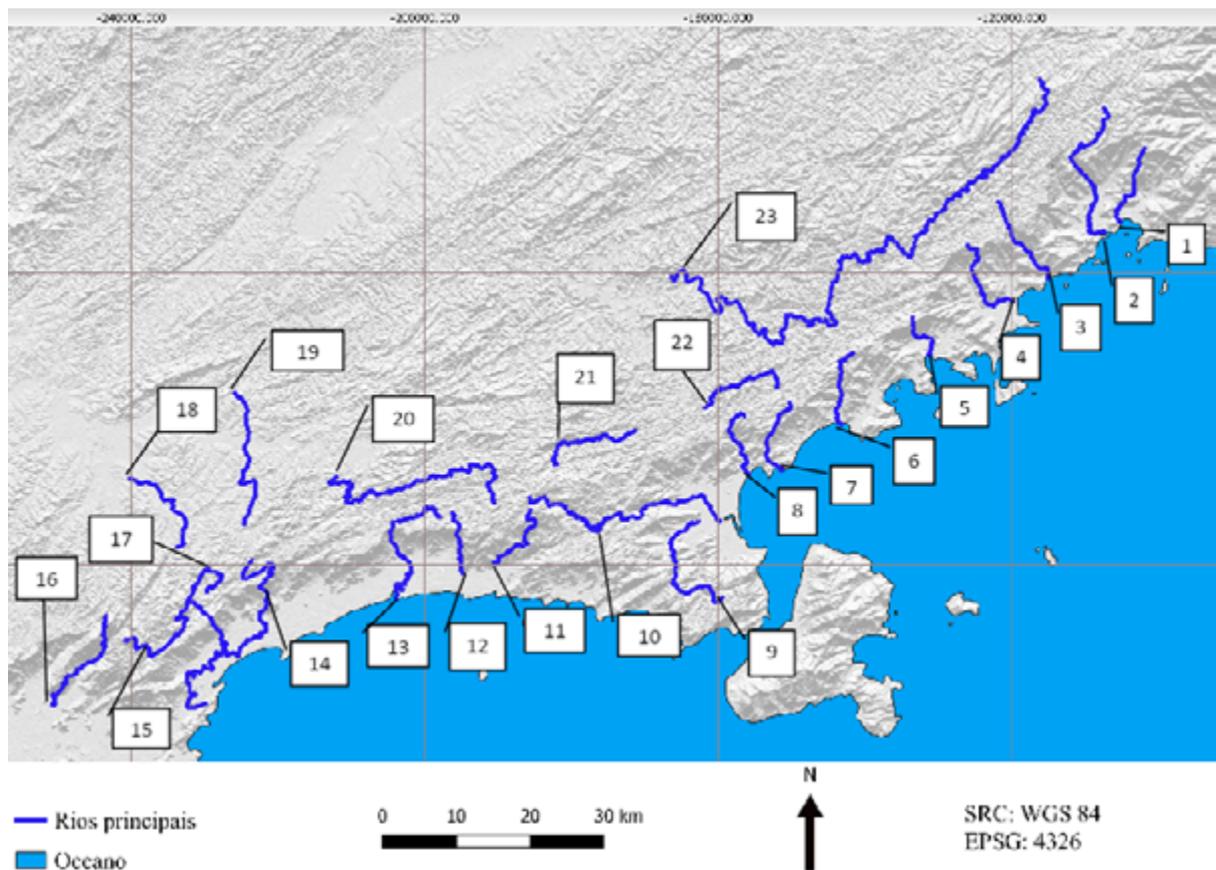
O RDE também pode ser usado para toda a extensão do rio, nesse caso segundo Etchebehere *et al* (2014) deve-se considerar a amplitude altimétrica total do rio e o logaritmo natural da extensão total do mesmo. Nesta pesquisa os dois métodos serão utilizados (RDE trecho e o RDE total).

O segundo índice é o Índice de Concavidade (IC), proposto por Snow e Slingerland (1987). É definido pela razão entre área contida sob o perfil longitudinal e o ponto que liga os eixos verticais e horizontais e o triângulo retângulo formado pela linha que liga a nascente à foz do perfil. Se o resultado do índice aplicado no perfil for próximo de 0,0 a forma do perfil se aproxima a uma linha reta; valores positivos refletem em formas côncavas, sendo mais côncava quanto mais próxima de +1; enquanto valores negativos dizem respeito a formas de perfis convexos, sendo mais convexos quanto se aproximarem de -1.

#### 4. Resultados

Nesta parte do projeto traremos os resultados obtidos através da análise dos perfis longitudinais e das aplicações dos índices morfométricos. Na figura 1 podemos observar a localização e a numeração dos rios selecionados para a pesquisa, o que nos auxiliará na identificação dos mesmos na tabela final (tabela 1) onde traremos algumas outras informações.



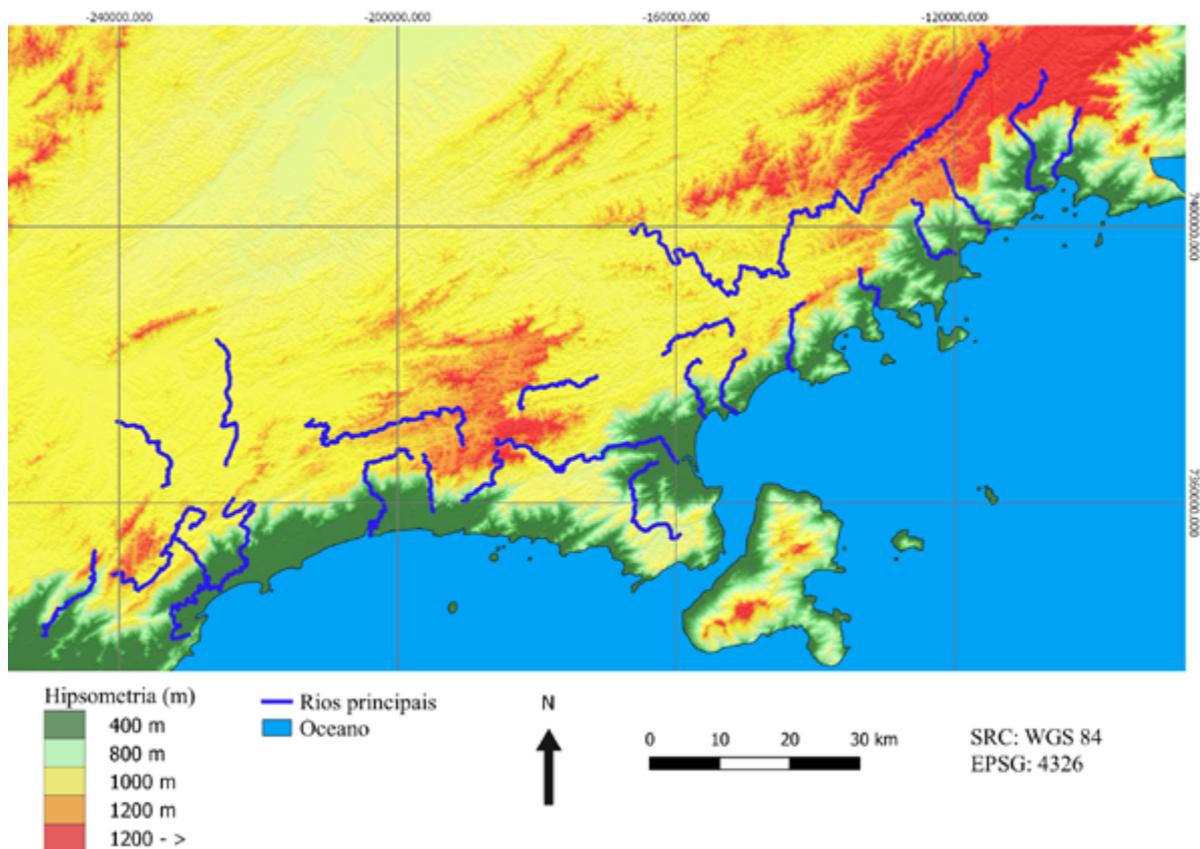


**FIGURA 1:** Mapa de identificação dos rios selecionados. Coordenadas WGS 84  
Elaborado no Qgis por Sara Brunella, 2020

Começamos nossa análise pela carta hipsométrica (figura 2) que nos mostra as altitudes da região estudada com os rios principais em destaque, através desse mapa podemos observar desde a altitude 0 no nível do oceano até os pontos mais altos que chegam aos 1.800 m.

As nascentes de maiores altitudes estão na região nordeste da Serra do Mar nos municípios de Cunha e Ubatuba onde se encontram a nascente do rio Puruba (2), que nasce na altitude dos 1.400 m, é também onde nasce o maior rio estudado nessa pesquisa, o rio Paraibuna (23) que tem mais de 121 Km de extensão, e o rio Iriri (1) que nasce nos 1.340 m.

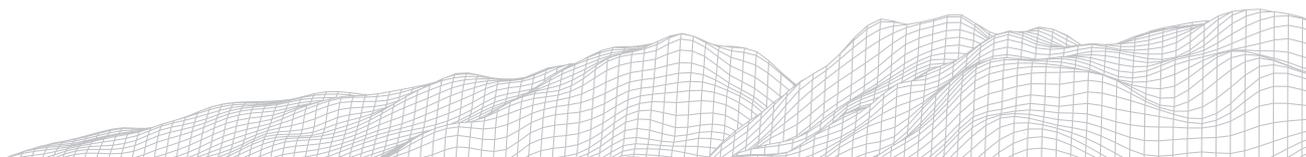
Seguindo na direção sudeste temos uma longa região de altitudes mais baixas que variam entre 800m e 1.000m até chegar na parte centro- oeste onde as altitudes voltam a subir até 1.140 m, como é o caso das regiões de nascentes dos rios Claro (20) e Cubatão (11), e na nascente do rio Camburu (10) com 1.200 m, nos municípios de Salesópolis e Pico do Papagaio. Depois segue para outra baixa região até o limite sudoeste da Serra onde as altitudes sobem e onde se encontra a nascente dos rios Jurubatuba (16) com 1.080 m e Itatinga (15) com 1.140 m.

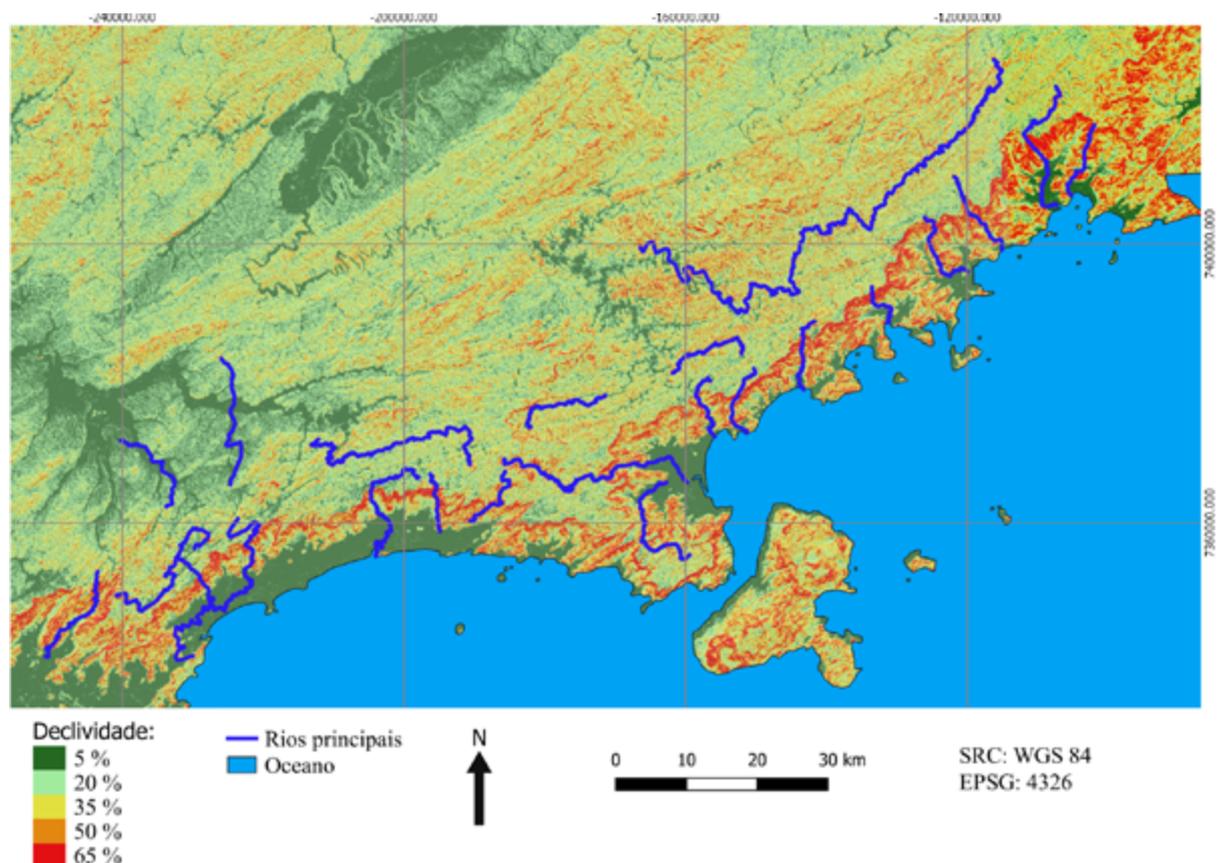


**FIGURA 2:** Carta Hipsométrica da Serra do Mar. Coordenadas WGS 84  
Elaborado no Qgis por Sara Brunella, 2020

Em seguida, avaliamos os dados da carta clinográfica (figura 3) que traz as declividades da região, onde é possível observar que as maiores declividades estão na escarpa da Serra do Mar, justamente onde os níveis de altitude caem bastante e com alta declividade até chegar no nível do mar, por se tratar de uma escarpa com face para o litoral.

Apesar de se concentrarem na região da escarpa, é possível observar que no planalto há também alguns trechos íngremes do relevo que se repercutem nos rios que apresentam variação de declividade, como é o caso do rio Paraibuna (23), que apesar de não apresentar grandes valores de declividades como há na escarpa, chama nossa atenção não apenas para essa análise mas também para os índices de RDE que serão apresentados no desenvolvimento dos resultados, assim como os rios: Claro (20), Bonito (23) e Ribeirão dos Prazeres (21). Por outro lado os rios Biritiba-Mirim (19) e Jundiá (18) apesar de localizados no planalto, não apresentam valores de declividade por estarem em vales com baixas diferenças altimétricas.





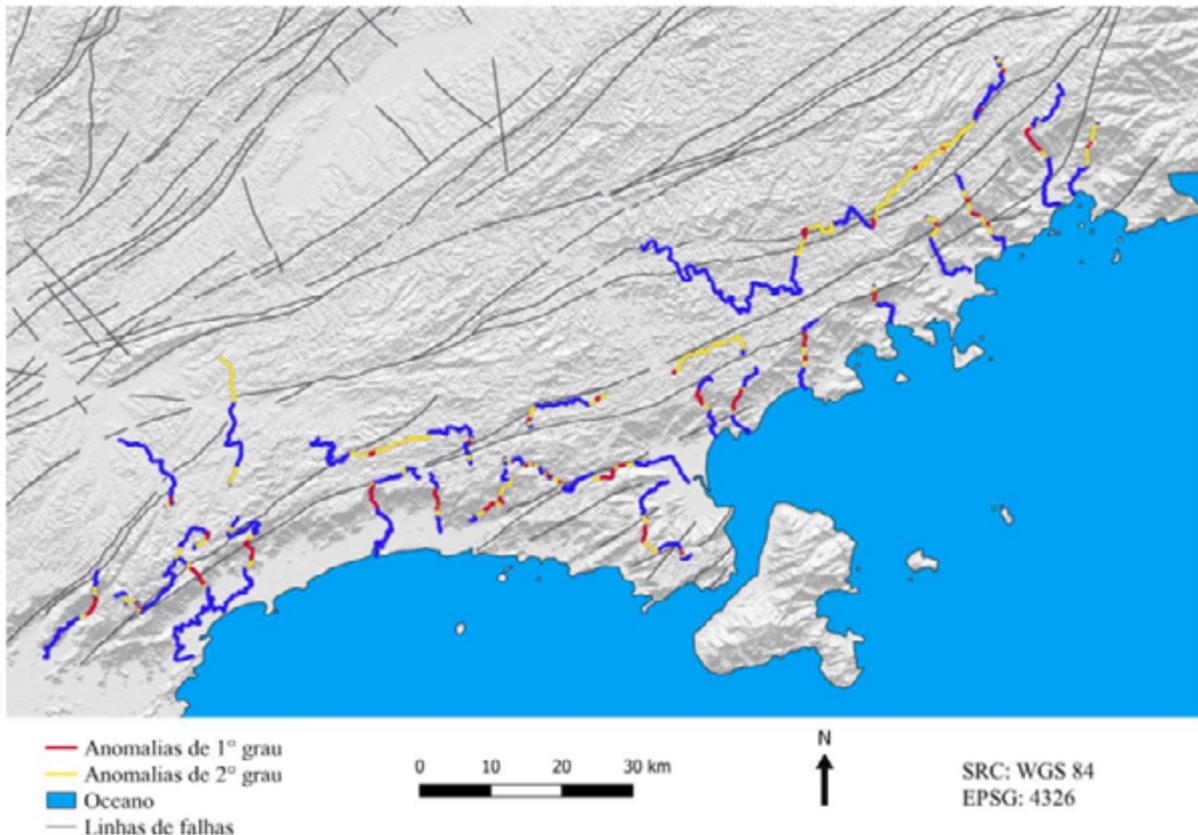
**FIGURA 3:** Carta Clinográfica da Serra do Mar. Coordenadas WGS 84  
Elaborado no Qgis por Sara Brunella, 2020

Feita as análises mais gerais sobre os aspectos da região, os índices a seguir expressam resultados específicos sobre as redes de drenagem escolhidas para o estudo e buscam demonstrar as evidências de rearranjos de drenagem.

Começaremos pelos padrões de drenagens, segundo Bishop (1995) apesar de comumente associado a processos de rearranjos de drenagem, o padrão *barbed* pode ocorrer através de outros processos, como por exemplo a adequação às litologias da região. Não foram encontrados padrão de drenagem *barbed* nos rios selecionados. O padrão mais encontrado foi o dendrítico, principalmente na escarpa da Serra, pois apesar de não ser associado a altas declividades, o grande volume de chuvas criou inúmeros tributários que resultaram no padrão.

No total foram encontrados 17 rios com padrão dendrítico, 3 com padrão treliça que são originados por estarem em rochas com diferentes resistências à erosão, 2 com padrão paralelo que ocorre em áreas de rochas uniformizadas em que o tempo ainda não permitiu que os rios se ajustem à estrutura e 1 padrão retangular onde o processo de ajuste à estrutura criou tributárias que se juntam em ângulos retos.

A partir da elaboração dos perfis longitudinais foi possível ter uma visão melhor acerca das rupturas nas drenagens e as formas dos perfis, essas análises foram examinadas através dos índices morfométricos de RDE e do índice de Concavidade, a seguir os mapas elaborados e os resultados das análises.



**FIGURA 4:** Mapa das anomalias de primeira e segunda ordem dos rios principais. Coordenadas WGS 84  
Elaborado no Qgis por Sara Brunella, 2020

A primeira análise trata do índice de SL ou RDE - Relação Declividade-Extensão, que busca identificar as rupturas nos canais fluviais, os knickpoints, assumindo-se que um rio em equilíbrio é um rio capaz de transportar seus sedimentos sem causar aggradação ou entalhe de seu leito (LEOPOLD e BULL, 1979 *apud* ETCHEBEHERE, 2004) e que apresentam uma forma côncava, onde curvas com menores concavidades demonstram desequilíbrio onde o rio pode ter sofrido algum tipo de perturbação (McKEOWN *et al*, 1988 *apud*, ETCHEBEHERE, 2004) como rearranjo de drenagem onde o rio capturado pode perder altitude repentinamente causando o aparecimento de knickpoints (BISHOP, 1995 *apud* SANTOS, 2017).

O índice RDE como apresentado no mapa de anomalias (figura 4) é elaborado através da razão entre RDE trecho/RDE total, os resultados são separados entre anomalias de primeira ordem, que são as mais importantes e apresentam valores acima de 10 e as anomalias de segunda ordem com valores entre 2 e 10.

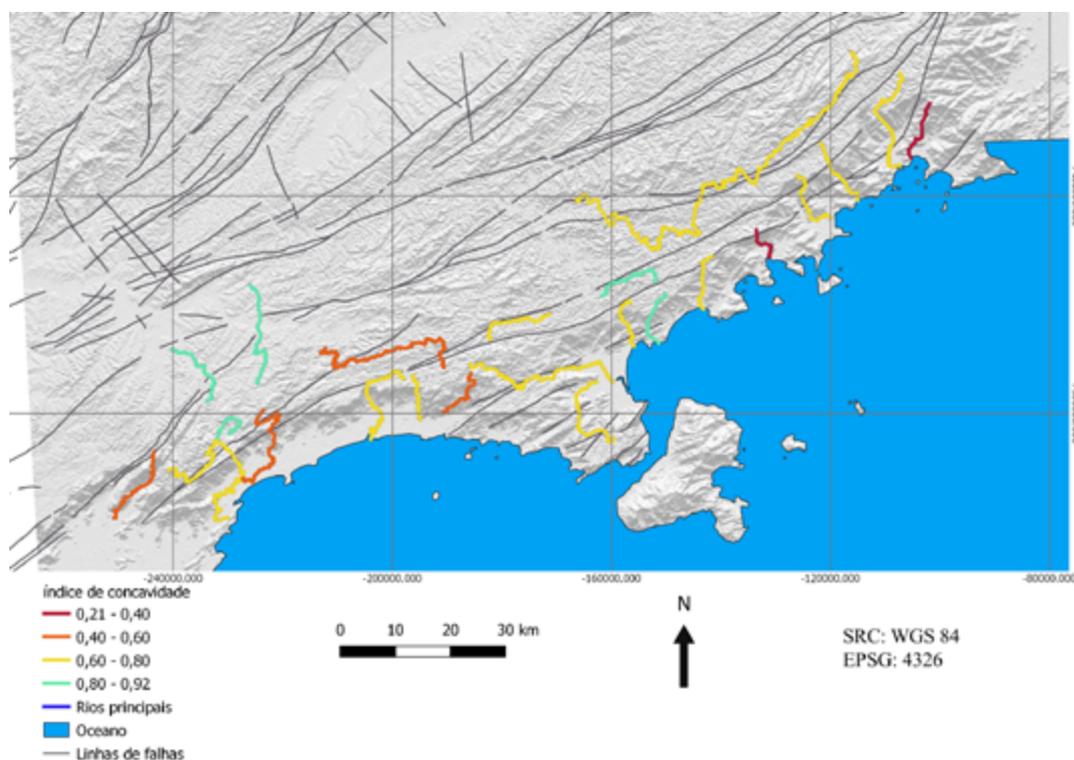
Com os resultados plotados no mapa, podemos identificar em quais partes os rios apresentam valores elevados de RDE. O resultado das anomalias de primeira e segunda ordem nos rios que fluem diretamente para o litoral foram altos na região da escarpa da Serra do Mar como já era esperado, devido às altas declividades em direção ao litoral. Com isso todos os rios que cortam a escarpa apresentaram valores elevados de RDE e mostram anomalias bem possivelmente ligadas à tectônica da região que sofreu com episódios de soerguimento durante o Cenozóico, que segundo Almeida & Carneiro (1998) reativaram as linhas de falhas que cortam o sudeste brasileiro.

As linhas de fraqueza também aparecem no mapa de anomalias para mostrar como as redes de drenagem dos rios que cortam a escarpa apresentam valores altos de RDE justamente onde atravessam as falhas, demonstrando que há uma perturbação no perfil longitudinal dos rios que causam anomalias, como é o caso do rio Paraíba (23), rio Bonito (22), Ribeirão dos Prazeres (21) e rio Jurubatuba (16). As falhas que aparecem na região estudada fazem parte da Zona de Cisalhamento do Bairro Alto com regimes transcorrentes, Zona de Cisalhamento Cubatão em sua maioria também transcorrente e a Falha de Caraguatatuba com regime não determinado, todas com origem na Mantiqueira.

Mas o que nos chama atenção são os valores altos de RDE nos rios que não atravessam a escarpa, eles apresentam longas distâncias de knickpoints que atestam que estão sofrendo alguma perturbação em seu perfil que não são as movimentações tectônicas de origem da Serra do Mar, podendo ser os rearranjos de drenagem a explicação para essas anomalias. Como é o caso dos rios: Paraíba (23), Bonito (22), Ribeirão dos Prazeres (21), rio Claro (20), Biritiba-Mirim (19) e Jundiá (18).

O último índice analisado foi o Índice de Concavidade (IC) (figura 5) que mostra através da razão entre a área contida entre a linha do perfil e a linha que liga os pontos finais do perfil e a área do triângulo retângulo formada pela área que liga os pontos iniciais e finais do perfil, os valores da concavidade dos perfis demonstrando quais se distanciam da forma côncava que é vista com a forma de um perfil em equilíbrio, sendo assim quanto mais perto da forma côncava mais próximo de 1,0 e quanto mais perto da forma convexa mais próximo de -1,0 será o valor do índice para o perfil.

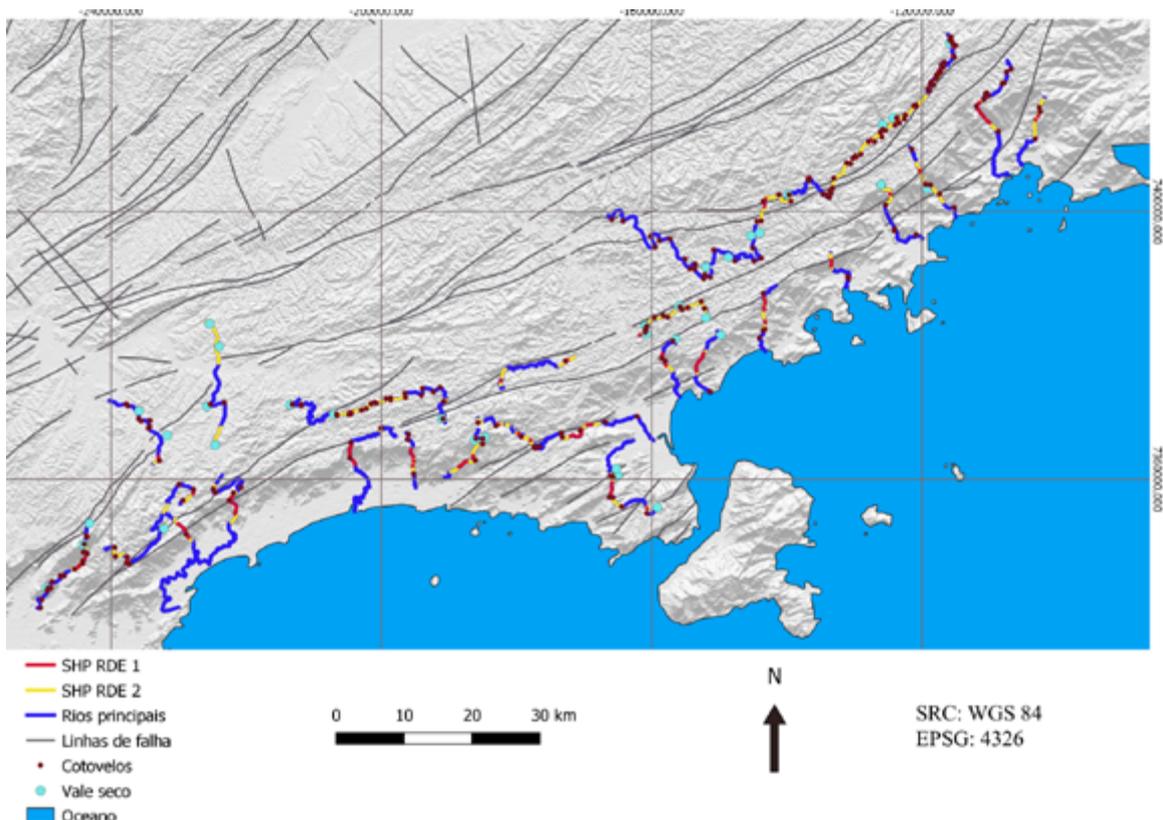
Todos os 23 rios estudados deram valores positivos de IC, ou seja, apresentam formas côncavas ou quase retas como é o caso de alguns rios.



**FIGURA 5:** Mapa dos índices de concavidade dos rios principais. Coordenadas WGS 84  
Elaborado no Qgis por Sara Brunella, 2020

Os rios Iriri (01) e Comprido (05) foram os que apresentaram valores de IC mais próximos a 0 com valores de 0,33 e 0,21 respectivamente, ou seja, os que mais se distanciaram da forma côncava que um rio em equilíbrio apresenta. O restante dos rios apresentaram valores entre 0,40 a 0,92 o que corrobora com os perfis longitudinais elaborados.

Para concluir com os resultados dos índices morfométricos e com a análise das cartas hipsométrica e clinográfica, foi elaborado um mapa com as evidências de rearranjos de drenagem que são possíveis de se averiguar com os resultados dos índices, como é o caso dos Knickpoints e com a inspeção visual dos mapas elaborados para encontrar: cotovelos, colos, os padrões de drenagem do tipo barbed e os rios subdimensionados ou superdimensionados em relação ao vale.



**FIGURA 6:** Mapa das evidências de rearranjos de drenagem. Coordenadas WGS 84  
Elaborado no Qgis por Sara Brunella, 2020

No mapa das evidências de rearranjos (figura 6) estão os indícios de rearranjos de drenagem discutidos durante a pesquisa com base nos resultados dos índices morfométricos e da inspeção visual dos mapas e cartas presentes na pesquisa.

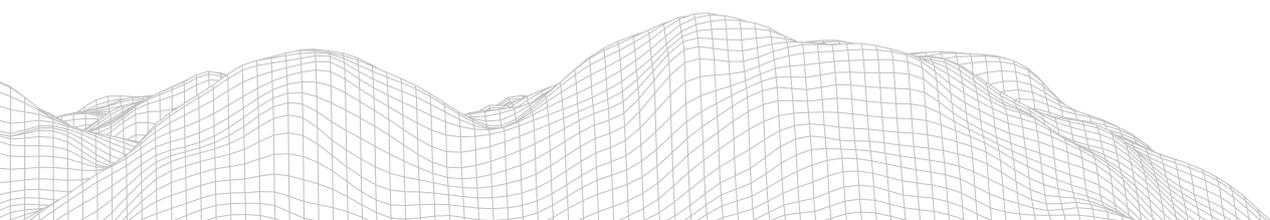
Os valores de RDE denotam anomalias nos perfis, ou seja, a presença de knickpoints que sugerem desequilíbrio e podem evidenciar capturas de drenagem, pois no momento da captura o rio capturado perde altitude uma vez que o rio pirata se encontra em uma altitude menor, o processo de captura que Bishop (1995) classificou como *bottom-up*, apesar da presença de knickpoints não ser comumente associada a rearranjos sendo mais comum em processos de movimentação tectônica, mudanças climáticas ou eustasia (MAHER *et al apud* SANTOS, 2017, p.29) os knickpoints podem aparecer em processos de capturas. Na presente pesquisa os knickpoints em sua maioria aparecem nos rios que fluem para o litoral atravessando a escarpa, porém rios que se localizam em regiões com

menor altitude e variação de declividade também apresentaram valores altos de RDE, o que pode denotar rearranjos de drenagem que trouxeram desequilíbrio para o curso do rio, como é o caso do rio Paraibuna (23), que apresenta pequenos trechos de anomalias de primeira e segunda ordem no decorrer de quase todo o seu curso. Ou os rios Claro (20) e Bonito (22) que apresentam longos trechos de anomalias de segunda ordem e os rios Biritiba-Mirim (19) e Ribeirão dos Prazeres (21) com anomalias de segunda ordem no início e no fim dos seus cursos.

Foi observada a presença de inúmeros cotovelos de capturas, que apesar de também serem causados por processos de adequações às estruturas litológicas (SMALL, 1972) é o índice mais apresentado para diagnosticar rearranjos de drenagem. Eles aparecem no ponto em que ocorreu a captura como uma inflexão abrupta no percurso do rio.

Na região estudada foram encontrados ao todo 214 cotovelos, espalhados por todos os rios (tabela 1), porém, com maior ocorrência em alguns rios específicos, em geral nos rios que atravessam a escarpa com a nascente paralela os cotovelos aparecem seguidos de altos índices de RDE que explicam a inflexão abrupta e a presença de knickpoint na região onde o rio atravessa a escarpa em direção ao litoral. Nos rios que correm para o interior do continente os cotovelos em sua maioria aparecem também acompanhados de anomalias de primeira e segunda ordem. Com maior frequência nos rios Paraibuna (23), Bonito (22) e Claro (20) onde as anomalias aparecem na maior parte do percurso, o alto índice de anomalias no percurso dos rios e a grande quantidade de cotovelos são fortes indícios de rearranjos.

Os rios Biritiba-Mirim (19) e Jundiá (18) juntamente com o Paraibuna (23) chamam a atenção também para a presença de outra evidência de rearranjo de drenagem, os vales secos, que são formados quando há partes dos vales dos rios capturados em que não há cursos d'água, pois as linhas de drenagem passam a correr para o rio captor. Nos rios principais da pesquisa 8 dos 15 rios que correm para o interior apresentaram vales secos, dos quais 6 desses aparecem nas cabeceiras dos rios e em sua maioria aparecem junto com cotovelos. Dos rios que correm para o interior os vales secos apareceram também em sua maioria nas nascentes dos rios, mas também em seu percurso como é o caso dos rios Paraibuna (23), Bonito (22), Claro (20), Biritiba-Mirim (19) e Jundiá (18) nas regiões de inflexões abruptas ou em áreas com anomalias de segunda ordem como é o caso do rio Biritiba-Mirim (19).



**TABELA 1:**  
Resumo dos índices morfométricos e características dos rios

N°	Rios	Extensão total (m)	IC	RDE trecho/total	N° cotovelos	Padrão de drenagem
1	Rio do Iriri	14.333,32	0,33	139,4	3	Dentrítico
2	Rio Puruba	30.346,15	0,74	135,8	11	Treliça
3	Rio Itamumbuca	15.368,27	0,72	110,24	5	Treliça
4	Rio Grande de Ubatuba	16.096,50	0,74	99,17	4	Treliça
5	Rio Comprido	9.498,50	0,21	94,45	2	Dentrítico
6	Rio Mococa	13.895,67	0,65	111,9	4	Dentrítico
7	Rio Guaxinduba	12.304,61	0,89	95,82	1	Dentrítico
8	Rio Santo Antônio	13.546,91	0,64	86,56	3	Dentrítico
9	Rio Claro de Caragua	32.381,76	0,74	59,77	6	Dentrítico
10	Rio Camburu	51.637,41	0,61	110,71	11	Dentrítico
11	Rio do Cubatão	20.723,51	0,58	115,11	4	Dentrítico
12	Ribeirão Pouso Alto	13.326,84	0,61	109,79	3	Paralelo
13	Rio Guaratuba	30.363,60	0,74	89,24	3	Paralelo
14	Rio Itapanhaú	54.660,66	0,48	86,26	5	Dentrítico
15	Rio Itatinga	52.208,43	0,7	92,25	7	Retângular
16	Rio Jurubatuba	21.216,06	0,53	108,52	16	Dentrítico
17	Ribeirão Grande	12.030,76	0,92	19,16	3	Dentrítico
18	Rio Jundiá	17.696,18	0,88	16,43	8	Dentrítico
19	Biritiba-Mirim	26.075,20	0,89	13,77	2	Dentrítico
20	Rio Claro	48.713,09	0,55	31,54	24	Dentrítico
21	Ribeirão dos Prazeres	18.442,49	0,8	44,91	1	Dentrítico
22	Rio Bonito	17.069,60	0,9	20,53	12	Dentrítico
23	Rio Paraibuna	121.017	0,68	54,68	76	Dentrítico

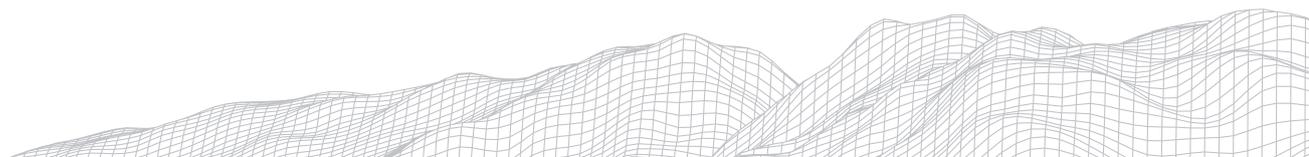
Elaborado no Excel por Sara Brunella, 2020

### Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente ao Instituto Federal de São Paulo e ao programa de Iniciação Científica pelo projeto que me abriu tantas portas e me permitiu crescer em muitos aspectos dentro e fora da academia. Agradeço também imensamente ao professor Dr. André Santos pela confiança que depositou em mim, pelos inúmeros ensinamentos e por todo apoio. Aos meus colegas Felipe Rodrigues e Gustavo Cruz por todo auxílio e apoio nessa caminhada. Por fim, e não menos importante, quero agradecer minha família, por ser sempre meu abrigo seguro, por me ajudar a ser quem eu sou hoje e continuar forte mesmo quando minhas forças acabam.

### Conclusão

A partir das análises morfométricas e das cartas de SRTM, fortes evidências de ocorrência de rearranjos de drenagem na região da Serra do Mar foram identificadas. Verificamos a presença de knickpoints de primeira e segunda ordem em todos os rios principais estudados, assim como a presença de cotovelos como marcadores de inflexões abruptas nos cursos dos rios e de vales secos em trechos de cabeceiras e no percurso das drenagens de alguns rios, como apresentado no mapa de evidências de rearranjos de drenagem (figura 6).

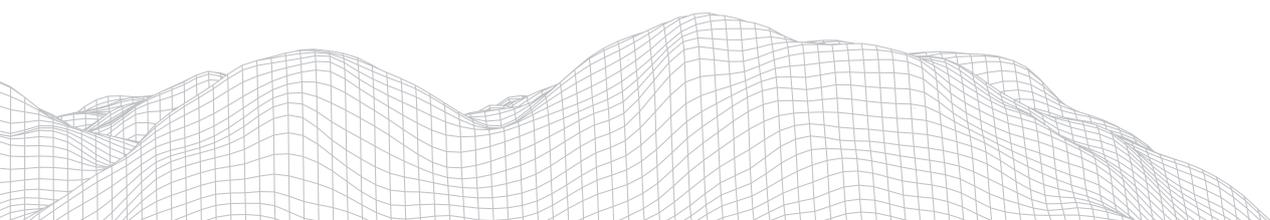


Esses resultados corroboram com outros estudos que abordam a retração de escarpas quiescentes a partir de episódios de rearranjos de drenagem que aumentam o potencial erosivo dos rios e conseqüentemente sua retração, como visto na discussão do estudo de retração da escarpa Blue Ridge na América do Norte, por Prince *et al* (2010). Podemos comparar a Serra do Mar com esses episódios de maior retração causados pelos rearranjos pois assim como a escarpa Blue Ridge a Serra do Mar também se consiste como uma serra passiva e que está sofrendo em recuo significativo, como atestam os estudos feitos por Almeida & Carneiro (1998).

Sabemos é claro, que as análises morfométricas aqui desenvolvidas não são suficientes para atestar os rearranjos de drenagem, os estudos nessa região devem continuar com análises mais profundas como as análises sedimentológicas das terraços fluviais e sedimentos dos rios e possivelmente uma visita ao local dos rios, que não foi possível nesta pesquisa.

### Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v.28 p. 135-150, 1998
- ANTÓN, L.; DE VICENTE, G.; MUÑOZ-MARTÍN, A.; STOKES, M. Using river long profiles and geomorphic indices to evaluate the geomorphological signature of continental scale drainage capture, Duero basin (NW Iberia). **Geomorphology**, v. 206, p. 250-261, 2014
- BISHOP, P. , Drainage rearrangement by river capture beheading and diversion. **Progress in Physical Geography**, v.19 p. 445-473, 1995
- DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). **Banco de Dados Geográficos do Exército**. Versão 3.0. 2013. Disponível em: <<https://bdgex.eb.mil.br/mediador/index.php?modulo=login>>. Acesso em: 05 /maio/2020.
- ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R.; PERINOTTO, J.A.J.; FULFARO, V.J. Aplicação do Índice Relação Declividade-Extensão-RDE na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. **Revista do Instituto de Geociências - USP - Série Científica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p.43-56, 2004
- PRINCE, P. S.; SPOTILA, J. A.; HENIKA, W. S. New Physical evidence of the role of stream capture in active retreat of the Blue Ridge Escarpment, southern Appalachians: **Geomorphology**, v.123, p. 305-319, 2010
- SANTOS, A. H. B. Rearranjos de drenagem na bacia do Rio Capivari e morfogênese da Serra do Mar em São Paulo (SP): Uma contribuição ao estudo de capturas fluviais em meio tropical úmido. **Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo**. p. 1-15, 2017
- SMALL, R. J. The study of Landforms: a **Textbook of Geomorphology**. Cambridge: Cambridge, University Press, 1972
- SNOW, R.; SLINGERLAND, R. Mathematical Modeling of Graded River Profiles. **Journal of Geology**, v.95, p.15-33, 1987
- TWIDALE, C. R. River patterns and their meaning. **Earth-Science Reviews**, v.67, p.159-218, 2004
- ZALÁN, P. V, OLIVEIRA, J. A. B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v.13, n.2, p. 269-300, 2005



# CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA SUB BACIA DO RIACHO SÃO JOSÉ, CAXIAS-MARANHÃO

678

*Alessandra de Abreu Andrade*

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA  
Rua Segisnando Moura, 325, Bairro: Ponte. CEP 65609-360,  
Caxias-MA

e-mail: knight.allessandrah@gmail.com

*Ilderlan Sousa Silva*

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA  
Rua da Sabedoria, 25, Bairro: Mutirão. CEP 65620-000, Coelho  
Neto-MA

e-mail: ilderlansousa26@gmail.com

*Roneide dos Santos Sousa*

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA  
Quadra 273, casa 01, Bairro: Itararé, CEP 64078314, Teresina-PI

e-mail: roneidesousa@gmail.com

*Leilson Alves dos Santos*

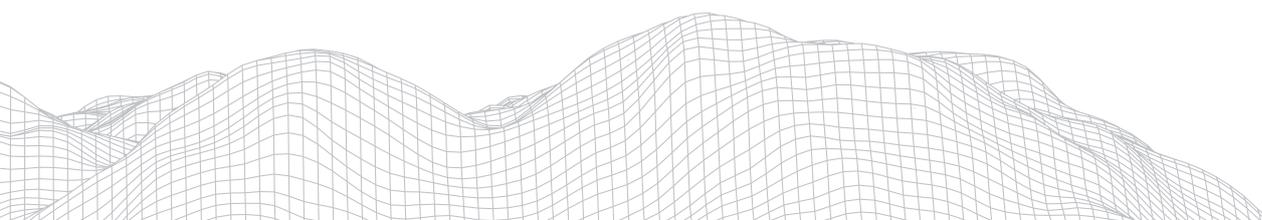
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA  
Rua Antônio Paulino de Castro, 105 Apart 401 Bairro Liberdade,  
CEP 31.270-540, Belo Horizonte-MG

e-mail: leylson.santos@gmail.com

### Resumo

As bacias hidrográficas são consideradas unidades geográficas importantes para o planejamento ambiental, por apresentar de forma integrada a atuação dos elementos endógenos e exógenos, responsáveis por modelar a superfície da Terra, além de conter as diversas formas de uso pela sociedade. A pesquisa, buscou caracterizar as unidades geomorfológicas da sub-bacia hidrográfica do Riacho São José, localizado à margem direita do Rio Itapecuru no município de Caxias-MA, de modo a identificar os principais processos de degradação ambiental, associados ao uso e ocupação da terra. A metodologia teve natureza qualitativa, estruturando-se tanto em pesquisas bibliográficas, mapeamento através das ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e pesquisa de campo. Como resultado identificou-se quatro unidades geomorfológicas: morros residuais, colinas rampeadas, superfícies aplainadas e planície fluvial. Quanto aos processos de degradação ambiental a sub-bacia sofre intensa pressão antrópica, principalmente no baixo e médio curso da bacia, devido ocupação massiva de suas encostas, descaracterização do canal principal com a presença de represamento, ocupação inadequadas, desmatamento da mata ciliar e presença significativa de lixo e esgotos. Faz-se necessário o desenvolvimento mais efetivo de políticas públicas de Educação Ambiental para que a sociedade possa se sensibilizar quanto ao mau uso das terras e garantir a conservação das áreas importantes para a manutenção natural da bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica. Degradação ambiental. Unidades Geomorfológicas. Uso e ocupação da Terra.



## 1. Introdução

As bacias hidrográficas são consideradas áreas importantes para o planejamento ambiental, por apresentar de forma integrada os elementos endógenos e exógenos, responsáveis por modelar a superfície da Terra. As bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas estão sujeitas a diversas formas de uso pela ação humana como pavimentação, edificação, canalização e assoreamentos de rios que reduzem drasticamente a infiltração e, posteriormente, favorecem o

escoamento superficial, contribuindo, assim, para a ocorrência de eventos como enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos.

É importante destacar que devido as suas características fisiográficas, o Brasil apresenta grande disponibilidade de recursos hídricos e, assim, é comum encontrarmos meios urbanos que se desenvolveram às margens de grandes rios, que nesse trabalho em especial, destaca-se o município de Caxias, no estado do Maranhão que se desenvolveu às margens do rio Itapecuru um dos mais importantes rios maranhenses.

Nesse contexto, esta pesquisa tem por objetivo apresentar as características geomorfológicas e sua relação com os processos ambientais e antrópicos da sub bacia do riacho São José. Para tanto, surgem as seguintes indagações: qual o nível de degradação ambiental nessa bacia hidrográfica no meio urbano? Qual a relação das características geomorfológicas da bacia do riacho São José com o uso e ocupação?

O trabalho está organizado da seguinte forma: apresentação da temática e seus respectivos conceitos quanto as bacias hidrográficas em meios urbanos, planejamento ambiental, seguindo da caracterização do objeto de estudo, métodos e materiais para caracterização das formas de relevo, discussões dos resultados e considerações finais.

### Geomorfologia e o planejamento ambiental em bacias hidrográficas

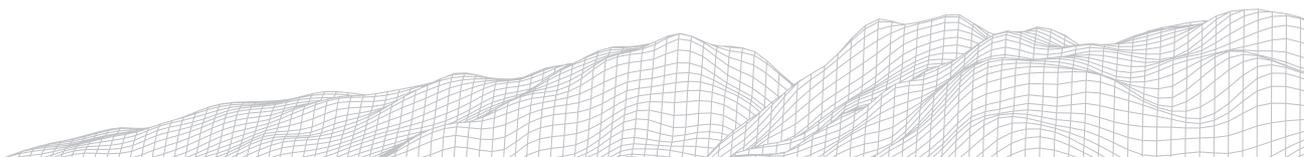
#### 2.1 O estudo de bacias hidrográficas em áreas urbanas

O estudo sobre bacias hidrográficas é primordial para o planejamento e para a análise integrada das relações da sociedade e natureza e, visa esclarecer, dentre outras, questões os impactos causados nas formas de relevo, este enquanto parte do sistema hidrográfico. Esses problemas socioambientais são mais intensos em bacias hidrográficas urbanas, onde o adensamento populacional é maior e conseqüentemente as formas de uso e ocupação.

Neste sentido, faz-se necessário a caracterização da bacia hidrográfica (BH) que segundo Christofolletti (1980), são sistemas abertos que envolvem constante troca de energia e matéria. Isso significa dizer, que a BH é resultado dos processos como clima, precipitação e tempo, além de fatores como relevo, vegetação, material de origem, topografia e a própria ação humana interferindo em seu funcionamento.

Para Barrela, et al (2007) as bacias hidrográficas são um conjunto de áreas drenadas composta por rios e seus afluentes, delimitados pelos divisores de água ou linha de separação, podendo originar um escoamento superficial e, conseqüentemente formando riachos ou rios, ou infiltram no solo alimentando o lençol freático que por sua vez alimentará as nascentes.

Dessa forma, ao analisar uma bacia hidrográfica é possível perceber um arranjo espaço-temporal do ciclo da água que, por sua vez, é de fundamental importância para o equilíbrio da biosfera. Assim, os fatores intempéricos possuem



uma ligação entre si, formando uma espécie de totalidade ambiental que consiste no espaço e na paisagem natural da bacia (RODRIGUES; ADAMS, 2011).

Assim, os estudos relacionados as bacias hidrográficas nas áreas urbanas demonstram que estas estão sujeitas a interferências da ação do homem como edificações, pavimentação, canalização e retificações de rios que reduzem drasticamente a infiltração e favorecem o escoamento superficial, provocando desequilíbrio no sistema e contribuindo, ainda, para a ocorrência de enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos (REZENDE, ARAÚJO, 2015).

Contudo, estudar uma BH como um sistema ambiental em sua totalidade é considerar as relações entre os diversos componentes naturais além da ação antrópica que se manifesta e interage de forma complexa. Botelho (2011) afirma que são poucos os indivíduos que têm a noção e conhecimento de que habitam uma bacia hidrográfica, neste sentido, constituem e são elementos que agem e interagem dentro de um sistema, cujo comprometimento e funcionamento também depende de suas ações. Essas interações refletem na estrutura, no funcionamento e na dinâmica de toda a bacia.

Ressalta-se, que a população contribui, também, para o desordenamento das bacias hidrográficas, através do crescimento demográfico, das queimadas e do desmatamento das matas ciliares, que favorece o assoreamento dos canais fluviais, do esgoto não tratado despejado nos rios que contribui para o processo de eutrofização, ocasionando a diminuição do oxigênio da água e consequente desaparecimento de peixes, além do lixo urbano sendo despejados diretamente nos rios (ARAÚJO, 2009).

Botelho (2011) enfatiza, ainda, que um dos principais impasses enfrentados pelas cidades brasileiras é a ocorrência de inundações ou enchentes, que ocasionam grandes prejuízos financeiros e sociais para a população e ocorrendo até mesmo perdas de vidas humanas, seja por questões imediatas, como afogamentos, ou indiretos, como doenças infectocontagiosas decorrente do contato com água contaminada, logo, inundações produzem um grande impacto para a sociedade brasileira, e esses impactos podem ser originados da ação antrópica, por exemplo, através do bloqueio da dinâmica natural dos canais hídricos.

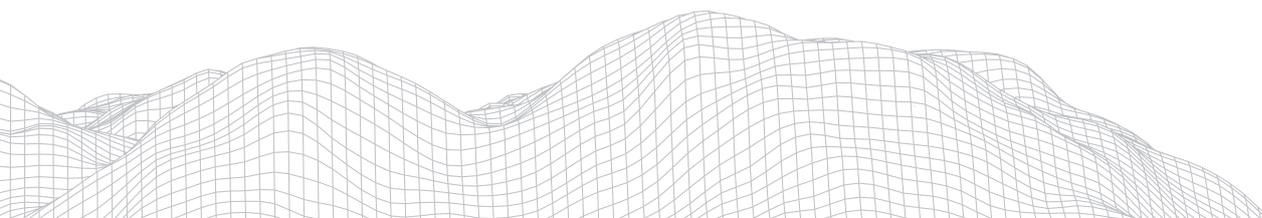
Cabe destacar que as inundações acontecem quando a precipitação é muito intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte desse volume escoado para o sistema de drenagem, assim, superando sua capacidade natural de escoamento (TUCCI; BERTONI, 2003 apud GOERL; KOBAYAMA, 2005).

Para Genz e Tucci (1995 apud ARAÚJO, et al, 2009) estes problemas decorrem do crescimento e avanço de áreas urbanas sobre os sistemas hidrológicos, isto é, estão relacionados a forma de ocupação de cada área, como também a inserção das superfícies impermeáveis em

grande parte das bacias que se localizam próximas das áreas de expansão urbana e/ou inseridas no perímetro urbano.

Todavia, o grau de degradação das bacias hidrográficas se torna uma grande preocupação para a população, uma vez que estas se tornam uma ferramenta imprescindível para a sobrevivência dos seres vivos, além disso, têm grande importância econômica, cultural e social.

Cabe enfatizar que o nível de degradação no sistema ambiental da BH decorre, muitas vezes, também da falta de planejamento e de políticas públicas e da carência de pessoas qualificadas que trabalhem com recursos naturais de forma satisfatória.



Assim, as BH urbanas precisam que as ações de planejamento do uso e ocupação considerem suas potencialidades e vulnerabilidades, a fim de atender a demanda da população e do seu próprio sistema natural. Com isso, torna-se importante ressaltar as práticas de manejo, conservação das águas superficiais e reposição de matas ciliares dos canais que cortam os centros urbanos (ARAÚJO, 2009).

Botelho (2011) explana que diante das intensas intervenções antrópicas no sistema hidrográfico das cidades, torna-se necessário novas medidas que garantam o melhor funcionamento e qualidade das bacias de drenagem urbanas, com o intuito de combater e prevenir problemas ambientais, principalmente as enchentes e a degradação dos recursos hídricos. Esse deve ser um trabalho que envolva o poder público, a iniciativa privada e comunidade em geral para garantir a manutenção das BH urbanas.

### *2.3 Geomorfologia aplicada ao planejamento ambiental de bacias hidrográficas*

A geomorfologia aplicada surge da necessidade de solucionar problemas socioambientais e econômicos ligados ao relevo, aos recursos naturais e hídricos, a topografia e dentre outras aplicabilidades. Tendo em vista, a degradação a que se encontram as bacias hidrográficas urbanas brasileiras evidencia-se a necessidade da implantação de um planejamento ambiental adequado que garanta efetivamente solucionar os problemas e conflitos existentes nessas áreas.

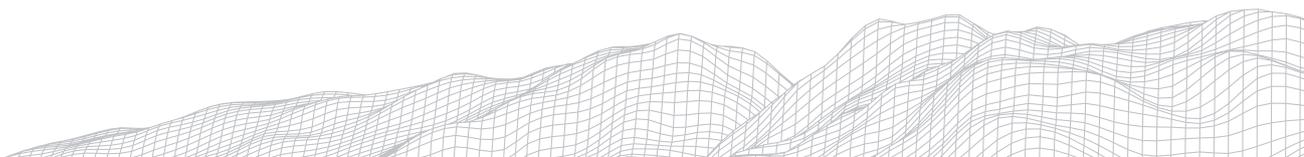
Segundo Guerra (2018) o conhecimento que a geomorfologia aplicada traz é indispensável para o planejamento ambiental, pois se torna uma ferramenta auxiliadora com o intuito e objetivo de reduzir ou evitar catástrofes que assola várias regiões do Brasil e do mundo.

Assim, o planejamento ambiental com bases nos conhecimentos da geomorfologia se faz necessário para a recuperação das bacias hidrográficas e a restauração do seu sistema natural. É importante mencionar que utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental ganha reconhecimento no Brasil a partir dos impactos ambientais causados pelo crescimento das cidades e a intensificação das indústrias que impactaram na qualidade de vida e no equilíbrio ambiental (GANZELI E GOLDENSTEIN, 1994).

Campana e Tucci (1994 apud ARAÚJO, et al. 2009) alertam que as bacias urbanas necessitam ser planejadas com vistas ao seu desenvolvimento futuro, ou seja, que sejam tomadas medidas eficazes para o controle, por exemplo, das inundações, contenções de encostas e margens de rios, ampliação de áreas verdes e implantação de pisos permeáveis nas áreas urbanas. Além das práticas de manejo, conservação e recuperação de matas ciliares (BOTELHO, 2011).

Para Araújo (2009) é essencial estabelecer planos que utilizem uma abordagem sistemática que envolvam estudos antrópicos, sociais, econômicos e de desenvolvimento ambiental no local ou em área onde forem aplicadas. Assim, os principais benefícios ambientais no processo de naturalização das bacias urbanas são: redução dos picos de cheias, diminuição dos processos erosivos, melhorias da qualidade da água, restabelecimento dos ecossistemas, expansão das possibilidades de lazer e turismo nas cidades e locais que se encontram as bacias (BOTELHO, 2011).

No entanto, o planejamento precisa de projetos técnicos e políticos para se atingir um determinado objetivo. Para isso, é necessário que as metas resultantes do planejamento sejam efetivamente positivas e, portanto, fundamental realizar não apenas as questões de estudos e técnicos, mas também muitas negociações políticas (GANZELI; GOLDENSTEIN, 1994).



Neste aspecto, a legislação brasileira sobre recursos hídricos, apresenta um grande avanço na proteção das bacias hidrográficas com a Lei de n.º 9.433/97 conhecida como Lei das Águas que implanta o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) responsável por garantir acesso aos dados e informações para à sociedade e a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) que tem como objetivo analisar propostas de alteração da legislação pertinente aos recursos hídricos. Favorecendo assim, a compreensão da importância da água e assegurando a proteção das bacias hidrográficas do Brasil.

Deste modo, os órgãos públicos que normatizam e regulamentam o gerenciamento das bacias hidrográficas possuem grande influência na preservação e conservação dos recursos hídricos, sendo, uma ferramenta essencial para a manutenção da dinâmica natural das bacias, também, é importante salientar, que a participação efetiva da população sobre as formas de preservação das bacias hidrográficas se faz necessário para o funcionamento e compreensão dos recursos hídricos.

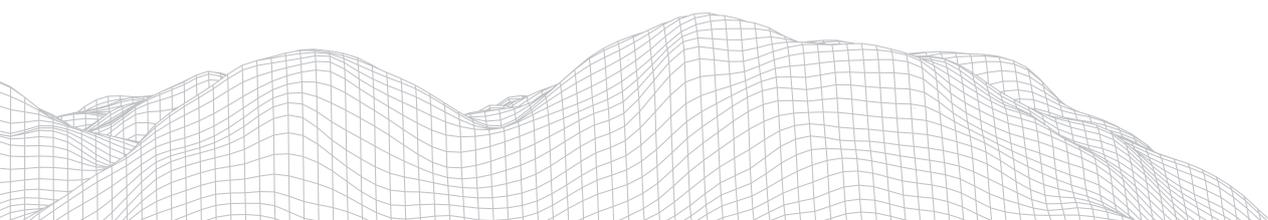
### **3. Materiais e métodos**

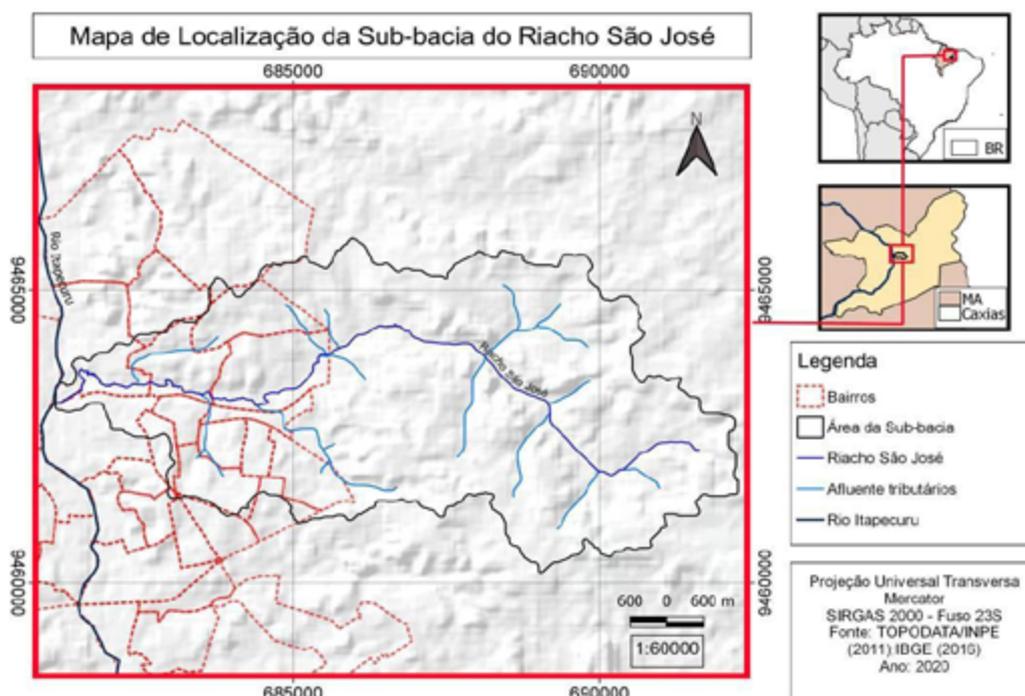
#### *3.1 Caracterização da área de estudo*

A área de estudo localiza-se no município de Caxias, estado do Maranhão. É a quinta maior cidade do estado com população estimada de 165.525 de habitantes, ficando atrás apenas da Capital São Luiz e das cidades de Imperatriz, São José de Ribamar e Timon (IBGE, 2020). Sua

economia baseada no comércio e serviços de manutenção e reparação, além de um setor industrial de transformação e agropecuário pujante (LEÃO; JÚNIOR, 2018).

Conforme o Plano Diretor de Caxias, Lei n.º 1.367/2006, existe quatro Áreas de Proteção Ambiental (APA's), localizadas em partes distintas do limite urbano da cidade, mas a sub bacia do São José não se encontra inserida em nenhuma delas. A sub bacia do riacho São José está localizada à margem direita do baixo curso do rio Itapecuru, e suas nascentes situam-se no distrito da Zona Rural, já o médio-baixo curso compreende a zona periférica e o baixo curso localiza-se entre os bairros Centro e Seriema, onde ocorre sua foz no rio Itapecuru (figura 1).





**FIGURA 1:** Mapa de Localização da sub bacia do riacho São José, em Caxias-MA  
Fonte: Adaptado de IBGE (2016); INPE (2011). Org.: Autores, (2020)

Os bairros que fazem parte a sub bacia do riacho São José, na cidade de Caxias são o Mutirão, Bela Vista, Castelo Branco, Pai Geraldo, Bacuri, Seriema, Vila Arias, Tesoduro, João Viana, Antenor Viana, José Castro, Nova Caxias, Refinaria, São Francisco e Centro, totalizando 11 bairros, ocupando uma área de 11 km<sup>2</sup>, ou seja, 29% da sub bacia, concentrando-se nas áreas do médio-baixo curso.

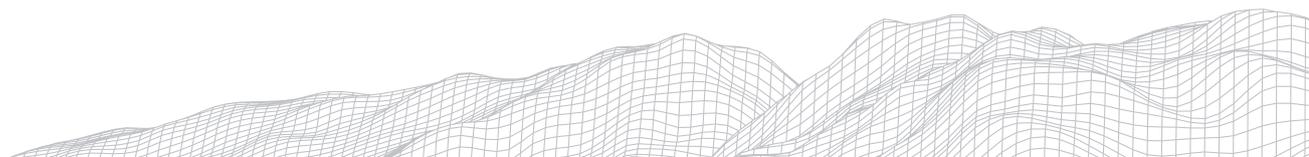
Seu canal principal possui aproximadamente 13 km de extensão tendo suas nascentes localizadas fora do perímetro urbano do município de Caxias. A área de drenagem possui 38 Km<sup>2</sup> e com perímetro de 45km. Hierarquicamente, segundo a classificação de Strahler (1952) a sub bacia do Riacho São José contém 17 tributários de primeira ordem, 3 de segunda ordem e um de terceira ordem.

Sobre o fator clima, segundo a CPRM (2011) o clima predominante é o Tropical quente e semiúmido (Aw) com temperaturas que chegam em média 24°C, as chuvas ocorrem entre dezembro e maio com média de 290 mm nos períodos chuvosos, quanto a geologia, está inserido na estrutura sedimentar do Parnaíba, sustentado pelo Grupo Balsas, predominando a formação Motuca (P3m), do Permiano e Grupo Mearim com a formação Corda (J2c), do Jurássico.

A partir dessas estruturas geológicas o relevo caxiense, assim como na sub bacia está sustentado no que Feitosa (2006) chama de Planícies Fluviais de grandes extensões localizadas à margem esquerda do rio Itapecuru, denominado pelo CPRM (2011) de Patamar de Caxias formado por áreas planas direcionadas à drenagem.

### 3.2 Procedimentos metodológicos

As etapas para elaboração do artigo partiram de pesquisa bibliográfica, localização da área estudada, mapeamento preliminar dos aspectos geomorfológicos (declividade e hipsometria), e visitas de campo para verificação das suas condições ambientais no perímetro urbano.



O trabalho baseia-se em pesquisa quantitativa por conter informação mensuráveis e qualitativa por conter análise baseada na percepção dos autores acerca dos fenômenos abordados. Os materiais utilizados foram o Software Livre QGIS 3.4 LTR <sup>2</sup>Madeira<sup>2</sup> e Google Earth Pro. Para modelagem, mapeamento e cálculo de área do objeto de estudo, foram utilizados câmera fotográfica e Aplicativo de GPS C7 GPS para marcar os pontos visitados e carta DSG folha SB. 23-X-B-VI (1976) para análise de base e consulta de toponímias apresentadas dos riachos, afluentes, compartimentos geomorfológicos e afins.

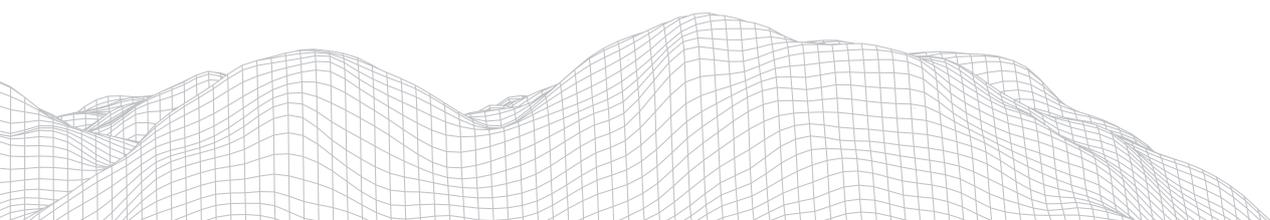
Foram gerados três mapeamentos temáticos do aspecto geomorfológico, o de declividade, de altimetria e de unidades Geomorfológicas. Em todos os produtos, foram utilizados o Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto TOPODATA/INPE (2008) folha de altitude. Para extração da declividade e altimetria foi executado o recorte espacial do MDE no QGIS 3.4 através, da opção <sup>2</sup>raster >análise> declividade e, raster > extrair > contornos.

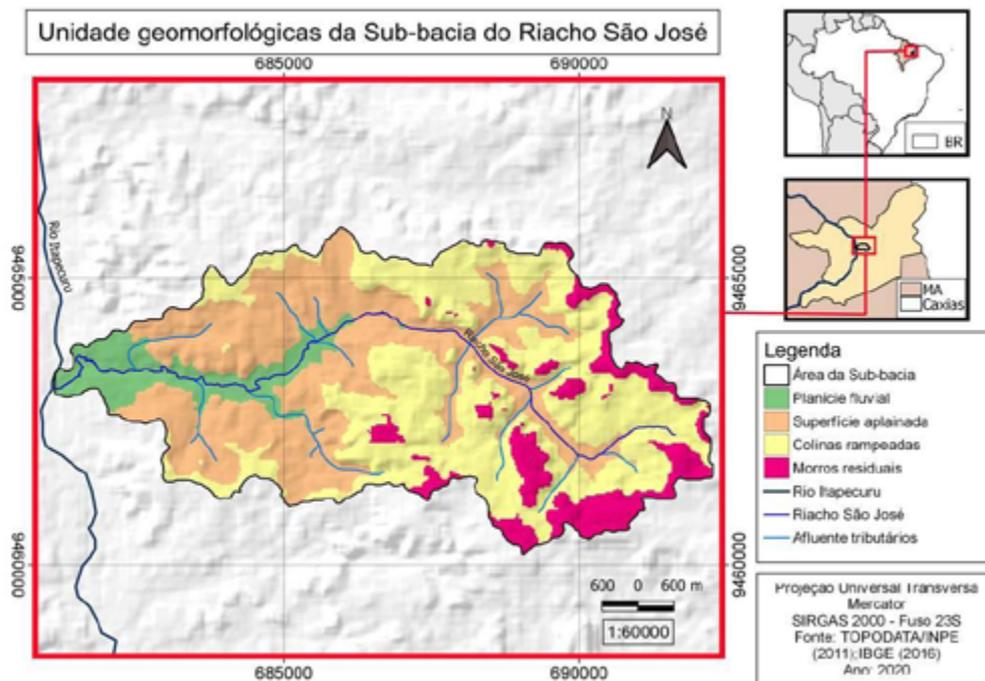
Aproveitou-se o MDE gerado para altimetria para a identificação das unidades Geomorfológicas da sub bacia seguindo a taxionomia de ROSS (1992) e IBGE (2009) adaptadas de acordo com a dimensão e escalonamento cartográfico das formas semelhantes do relevo. A ferramenta usada para classificação é o <sup>2</sup>r.class<sup>2</sup> do mesmo software e com os intervalos altimétricos previamente apresentados.

Nas visitas de campo, foram considerados as categorias de análise de paisagem de Cavalcanti (2014) que são baseadas na observação dos elementos naturais que compõe a paisagem, se há uma padronização e suas limitações em uma determinada área, além das observações dos problemas socioambientais.

#### **4. Resultados e discussão**

Foi identificado quatro unidades geomorfológicas que se distribuem de forma irregular na sub bacia do riacho São José, a citar as áreas de planície fluvial, superfície aplainada, colinas rampeadas e os morros residuais. Conforme a taxionomia de Ross (1992) as formas identificadas ao longo da sub bacia corresponde ao 4º táxon, devido a sua extensão mediana e fatores geológicos, todo o modelado possui padrões semelhantes e pequena amplitude altimétrica (figura 2).





**FIGURA 2:** Mapa de Unidades Geomorfológicas da sub bacia do riacho São José, em Caxias-MA.  
Fonte: Adaptado de IBGE (2016); INPE (2011). Org.: Autores (2020)

Os Morros Residuais são estruturas com topos fortemente ondulados e estão localizados no alto curso da sub bacia, com altitudes que variam entre 130 a 160 metros, com fortes declives, concentrando-se na margem esquerda da sub bacia, conforme figura 2. Os morros não seguem o sentido da drenagem, ficam restritos aos limites da sub bacia e encontram-se cercados dos afluentes tributários.

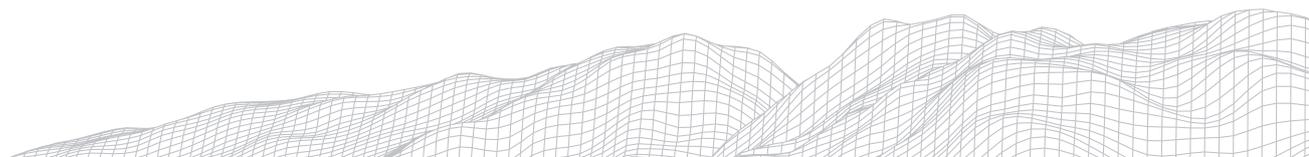
As Colinas Rampeadas possuem estruturas que estendem ao longo do sistema hidrográfico, com vertentes que variam do plano ao levemente ondulado e topos arredondados, no qual assentam-se as áreas medianamente dissecadas dos sistemas de drenagem e as altitudes medianas, que variam entre 100 a 130 metros de altitude.

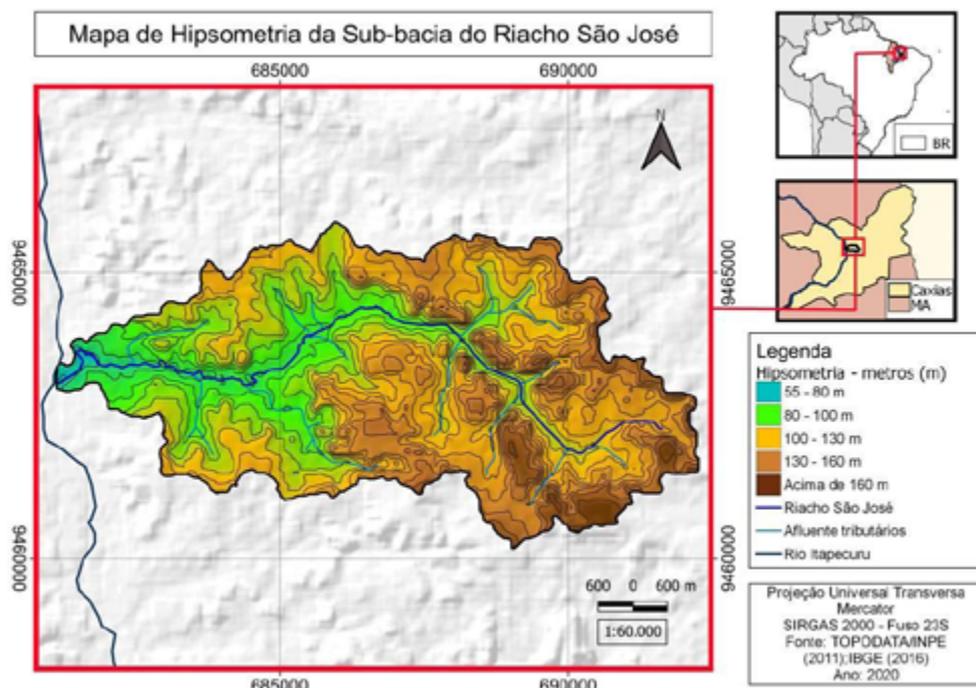
A áreas de Superfície Aplainadas são um conjunto de vertentes que envolvem todo o sistema de drenagem da sub bacia, logo, a dissecação é fortemente presente nesse meio e se

estende no baixo curso. As altitudes estão entre 100 a 80 metros, também variam do plano ao levemente ondulado e os topos são arredondados.

A Planície fluvial está presente nas margens do rio São José e seus tributários, apresenta em seu baixo curso dissecação muito forte, altitudes que não ultrapassam dos 80 metros (figura 3), vertentes planas, topos achatados e que seguem o sentido da drenagem.

Em suma, seu modelado é composto por morros e colinas levemente onduladas, com topos arredondados e planos no médio e alto curso, como modelados em rampas de acordo com o sistema de drenagem no sentido Leste-Oeste (CPRM, 2011), formada por formas residuais com altitudes entre 90 a 160 metros conforme pode ser observado na figura 3.





**FIGURA 3:** Mapa de Hipsometria da Sub-bacia do riacho São José, em Caxias-MA  
Fonte: Adaptado de IBGE (2016); INPE (2011). Org.: Autores (2020)

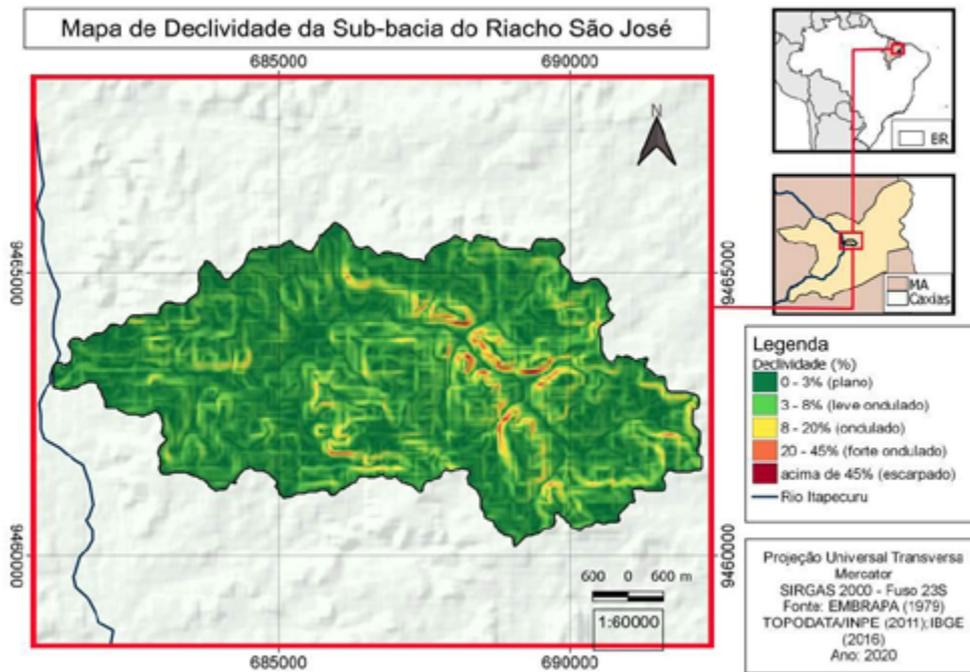
A medida que segue em direção a foz, o relevo tende a tornar-se plano, com topos arredondados e altitudes de 60 a 90 metros nas áreas mais dissecadas pela sub-bacia. Essas características denotadas na sub-bacia conferem a unidade Geomorfológica de Patamar de Caxias, sustentada por rochas sedimentares e solos compostos por arenitos e argilitos (CPRM, 2011).

Como pode ser observado na figura 4 a maior porção da área da sub-bacia do riacho São José apresenta declividade até 8%, predominando-se assim relevo de plano a levemente ondulado, no qual compreende as unidades de superfície aplainadas e a Planície Fluvial. A área urbana de Caxias está assentada na Superfície Aplainada, Planície Fluvial e Colinas Rampeadas

da sub-bacia e suas condições ambientais verificadas mostraram-se negativas, principalmente na Planície Fluvial.

Foram identificados na área urbana, no baixo curso da Planície Fluvial que o leito e suas vertentes encontram-se alteradas, especificamente na parte central (item a), nos bairros que a limitam (item b e c) e nos mais periféricos (item c) por grandes quantidades de resíduos sólidos e, principalmente entulhos de construções com blocos e suportes de concreto de pontes que se encontram no leito (figura 5).

Apesar dos resíduos sólidos e efluentes, a desfiguração da mata ciliar e das vertentes serem visíveis em todos os locais visitados, individualmente apresentavam níveis de degradação diferenciados como na figura 5, item a, que ainda há presença de vegetação de grande porte, mas em seu leito e margens encontra-se uma quantidade significativa de lixo preso em raízes expostas, sem presença de voçorocas, mas com sinais de movimentação de massa. Nessa área contém grandes meandros fechados, indicando baixo curso do riacho, entre o Centro, que fica à margem esquerda e o bairro Seriema à direita.



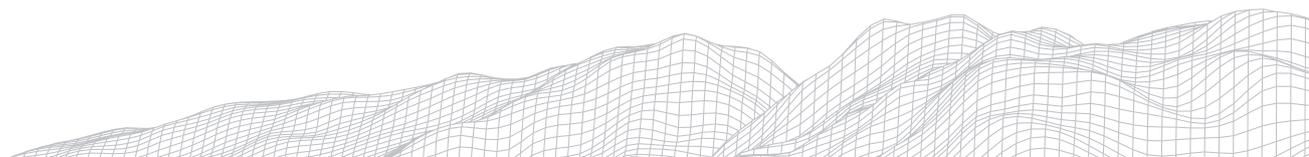
**FIGURA 4.** Mapa de declividade da sub bacia do riacho São José.  
Fonte: EMBRAPA (1979); INPE (2011). IBGE (2016). Org.: Autores (2020)



**FIGURA 5:** Mosaico dos trechos do riacho principal e dos afluentes tributários na sub bacia do São José: a) Limite entre o Centro/Seriema; b) bairro Seriema; c) Centro/São Francisco e d) São Francisco

Fonte: Autores (2020).

No item b, figura 5, trata-se de um dos afluentes da margem esquerda do riacho, desaguando no baixo curso, há baixa presença de vegetação, princi-



palmente na margem esquerda, e deformidade na vertente como voçorocas e movimentações de massas em pontos que há ausência de vegetação e assoreamento no leito e no talvegue. Nota-se que as casas encontra-se a menos 10 metros da margem, e o trecho do riacho praticamente canalizado.

Um destaque para o item c, figura 5, é a presença considerável de vegetação nesse trecho do riacho próxima a área de Superfícies Aplainadas, mas não deixa de estar degradado, pois nesse mesmo ponto, há um sistema de despejo de esgoto *in natura*, como <sup>2</sup>boca de lobo<sup>2</sup> e com estruturas antigas tombadas no seu leito, facilitando sua canalização, além de culturas plantadas em suas margens.

Já o item d, figura 5, é um ponto entre o baixo curso e o médio, no bairro São Francisco. A presença de vegetação é maior e as vertentes são menos acessíveis, mas a quantidade de resíduos sólidos é perceptível. Por fim, o estudo visou conhecer as condições socioambientais da sub bacia do riacho São José, bem como as unidades geomorfológicas e sua relação com as formas de uso da terra, onde foi possível identificar alterações significativas em suas margens.

Contudo necessita-se de mais estudos, a fim de minimizar ou evitar os impactos ambientais na área da bacia, principalmente no trecho urbano, onde pode-se evidenciar um maior número de problemas, todos eles relacionados a forte adensamento populacional. Sugere-se a participação mais efetiva dos poderes públicos quanto a Educação Ambiental da sociedade, para que se evite

jogar resíduos sólidos nos rios, desmatar suas margens, promover queimadas, ações que contribuem para degradar mais o meio ambiente.

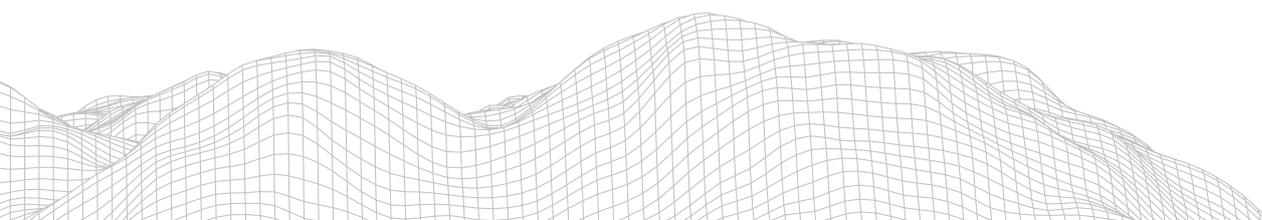
## 5. Conclusão

A degradação do relevo é presente ao longo da sub bacia, principalmente nos 11% que predominam a Planície Fluvial, Superfície Aplainadas e Colinas Rampeadas na parte urbana, denotando alto nível de degradação. Nos trechos acessados, os tipos de disformes encontrados nos relevos foram movimentos de massas e voçorocamento.

Percebeu-se que a sub bacia do riacho São José está sob constante ameaça antrópica, tendo sua paisagem natural desconfigurada, sobretudo, no trecho que compreende o maior adensamento população.

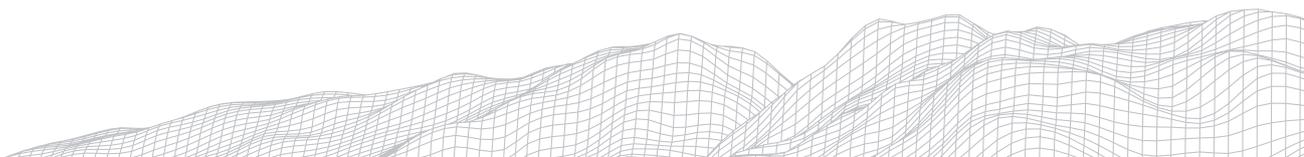
O descaso é percebido por todos os âmbitos sociais, por parte da população que descarta seus efluentes *in natura* no curso d'água e ocupa áreas sensíveis à morfogênese como os leitos dos rios com construções praticamente dentro dos canais fluviais. Por outro lado, percebe-se a total ausência dos órgãos públicos responsáveis pela fiscalização, manutenção e planejamento de uso e ocupação das dessas áreas.

Portanto, é necessário que aja urgentemente a interferência dos órgãos competentes com o desenvolvimento de projetos que visem recuperar a sub bacia do Riacho São José da degradação que vem sofrendo, sobretudo, a respeito do uso e ocupação a fim de promover uma relação harmoniosa entre sociedade e natureza.



## Referências

- ARAÚJO, L. E. D.; MORAES NETO, J. M. D.; SOUSA, F. D. A. S. D.; SOUTO, J. S.; REINALDO, L. R. L. R. Bacias Hidrográficas e Impactos Ambientais. **Qualitas Revista Eletrônica**. V. 8, n. 1, 2009
- BARRELLA, W.; PETRERE, J. M.; SMITH, W.S.; MONTAG, L.F.A. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BOTELHO, R. G. M. **Bacias hidrográficas urbanas**. In: GUERRA, A. T. S. (Org.) *Geomorfologia urbana*. p. 71-115. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- BANCO DO NORDESTE (2016). **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2014/default.shtm>>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- GUERRA, A. J. T. Geomorfologia e planejamento ambiental <sup>2</sup> conceitos e aplicações. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, n. 4, p. 269-287, mai/2018.
- CPRM <sup>2</sup> Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do município de Caxias. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011.
- FEITOSA, A. C. Relevo do Estado do Maranhão: Uma nova proposta de Classificação Topomorfológica. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia: Goiânia, **Anais...** 2006.
- GOERL, R.F.; KOBIYAMA, M. Considerações sobre as Inundações no Brasil. XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre, ABRH,2005.
- GANZELI, J. P.; GOLDENSTEIN, Stela. Planejamento de recursos hídricos. **Revista de administração de empresas**. São Paulo, v. 34, n. 1, p. 38-49, 1994.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br> > Acesso em 9 de mar, 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- LEÃO, H. C. R. S.; VALENTE JÚNIOR, A. S. Perfil Econômico do Maranhão. **Informe ENETE**, Ano 3, n. 3. Set/2018.
- PREFEITURA DE CAXIAS. **Lei nº 1.637/2006**, de 10 de julho de 2006. Plano Diretor do Município de Caxias, Estado do Maranhão. Caxias, 2006.
- STRAHLER, A. N. **Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology**. USA: American Geophysical Union, 1952.
- REZENDE, G. B. M; ARAÚJO, S. M. S. Rios urbanos: reflexões sobre os aspectos ambientais e urbanos de suas margens rumo a uma perspectiva integradora e participativa. **Espacios**, v. 36, n. 23, 2015.



# CARTOGRAFIA DE RISCO A ESCORREGAMENTOS COM ABORDAGEM PARTICIPATIVA E TÉCNICA: EXPERIÊNCIAS EM CAMPO NO PERÍODO DE PANDEMIA DA COVID-19

*Tawana de Melo Pereira*

Universidade Federal de Pernambuco

Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE,  
50670-901

E-mail: [tawana.melo@ufpe.br](mailto:tawana.melo@ufpe.br)

*Felipe Ribeiro Gonzaga Marangoni*

Universidade Federal de Pernambuco

Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE,  
50670-901

E-mail: [felipe.marangoni@ufpe.br](mailto:felipe.marangoni@ufpe.br)

*Barbara Gabrielly Silva Barbosa*

Universidade Federal de Pernambuco

Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE,  
50670-901

E-mail: [barbara.gbarbosa@ufpe.br](mailto:barbara.gbarbosa@ufpe.br)

*Fabrizio de Luiz Rosito Listo*

Universidade Federal de Pernambuco

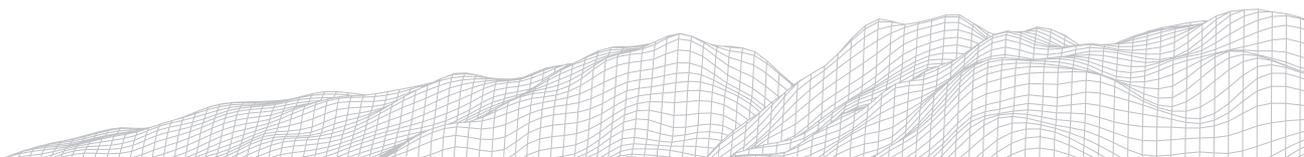
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE,  
50670-901

E-mail: [fabrizio.listo@ufpe.br](mailto:fabrizio.listo@ufpe.br)

### Resumo

No contexto da pandemia da COVID-19, pesquisas apontam que a ação do Coronavírus é 60% maior em bairros de menor poder aquisitivo em relação aos bairros de classes sociais mais elevadas. Assim, o objetivo deste artigo foi analisar a importância dos trabalhos de campo na classificação de riscos a escorregamentos no contexto pandêmico e comparar metodologias de mapeamentos técnicos e participativos, no Bairro dos Estados, Camaragibe (PE). O mapeamento de risco participativo foi baseado na metodologia do Ministério das Cidades e IPT com adaptações em relação à linguagem utilizada e a metodologia técnica foi baseada no método GIDES (CPRM). Os resultados do mapeamento técnico mostraram dois setores de risco alto e dois setores de risco muito alto. Os mapeamentos participativos indicaram um setor com grau de risco R1 (baixo); quatro setores com grau de risco R2 (médio); um setor com grau de risco R3 (alto) e um setor R4 (muito alto).

**Palavras-chave:** Escorregamentos; Metodologias de Riscos; Bairro dos Estados (Camaragibe - PE).



## 1. Introdução

No século XIX, o médico epidemiologista inglês John Snow e o religioso Henry Whitehead, por meio de metodologias de mapeamento, de técnicas estatísticas e de análises espaciais conseguiram identificar o foco da contaminação da epidemia de cólera na cidade de Londres em 1854, relacionando casos da doença a locais de saneamento básico precário. A sobreposição dos dados ao mapa da cidade de Londres, tais como, vítimas fatais e número de bombas de água no distrito de Soho, por exemplo, os levaram a associações espaciais de padrões de concentração da coléra daquele período (SANTOS, 2010).

Anos depois, no século XXI, no contexto de pandemia da COVID-19, o controle do vírus é essencial para evitar perdas de vidas humanas. Pesquisas recentes realizadas pela FioCruz e USP demonstraram que o Coronavírus afeta de maneira mais expansiva e letal, as comunidades precariamente instaladas, sem infraestrutura adequada. Estatisticamente, a letalidade do novo coronavírus é 60% maior em bairros de menor poder aquisitivo em comparação com os bairros de classes sociais mais elevadas (EVANGELISTA, 2021).

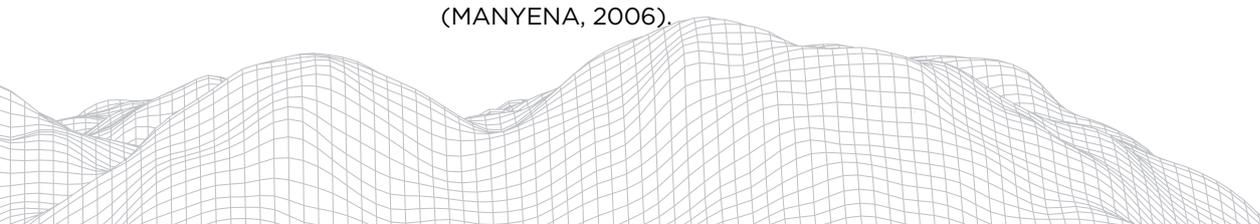
A espacialização dos dados de vulnerabilidade social são informações essenciais para os mapeamentos participativos e técnicos a escorregamentos, mas que também transcendem outras áreas do conhecimento científico. Lemos e Lima (2002) afirmam, por exemplo, que os fatores sociais e econômicos são os principais agentes a disseminação das doenças, e para o melhor entendimento do processo saúde-doença, faz-se necessário entender o homem “no seu meio físico, biológico, social e econômico.”

Cumprindo o decreto Nº 50.052, de 7 de janeiro de 2021 do governo do Estado de Pernambuco, e seguindo os protocolos sanitários para segurança dos pesquisadores e moradores, os mapeamentos foram possíveis de serem realizados. Nesse mesmo decreto, atividades não essenciais de lazer, tais como, cinema, praias e teatros, estavam liberadas, com as devidas ressalvas das regras sanitárias. Nesse sentido, as mudanças foram perceptíveis na vida cotidiana, não sendo diferente nas metodologias de mapeamento que incluem a população de comunidades de risco.021

Os mapeamentos de áreas de risco, tanto técnico quanto participativos, são relevantes para a gestão e a redução de perdas sociais, econômicas e ambientais. O mapeamento participativo possui como propósito incluir populações locais em seu processo de mapeamento, sistematizando e reconhecendo seus conhecimentos espacial e ambiental (ACSELRAD, 2008).

Nesse sentido, as raízes metodológicas das abordagens participativas estão associadas às observações da cartografia social e às metodologias de pesquisas colaborativas (CHAPIN, 2005; CORREIA 2007; ACSELRAD, 2008). A inserção da cartografia social é uma importante ferramenta para o mapeamento participativo, sobretudo, ao utilizar o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a representação da realidade por meio da cartografia, a fim de auxiliar o planejamento local.

Tais mapeamentos, no âmbito da redução e da gestão de riscos, permitem o conhecimento e a percepção geomorfológica, a partir do fortalecimento das capacidades locais, ressaltando a construção social de riscos e os impactos de desastres. Em outras palavras, permitem que as comunidades possam fazer a leitura do seu espaço, tendo a capacidade de se organizar a ponto de prevenir acidentes. A resiliência da paisagem permite, portanto, a integração das características físicas e antrópicas nos estudos de risco e de vulnerabilidade direcionados para ações futuras, que contribuem com a gestão institucional e com a decisão dos envolvidos (MANYENA, 2006).



No estado de Pernambuco, os municípios com maiores áreas de ocorrência e grau de suscetibilidade e de risco a movimentos de massa localizam-se, predominantemente, na Região Metropolitana do Recife (RMR) e na Zona da Mata (CEPED, 2013). Na Região Metropolitana do Recife (RMR), onde se localiza o município de Camaragibe, os escorregamentos são em geral do tipo translacional e ocorrem, principalmente, sobre as áreas constituídas por sedimentos da Formação Barreiras (PFALTZGRAFF, 2007; SANTOS, 2020; XAVIER, 2020).

Conforme Alheiros *et al.* (2003), a população que ocupa as áreas colinosas de Camaragibe equivalem a 111.174 habitantes. Nesse cenário, dos 164 setores de risco a escorregamentos mapeados pelo Plano Municipal de Redução de Risco do município (PMRR, 2006), há 34.992 indivíduos ou 8.748 famílias em áreas de risco, sujeitas a escorregamentos, principalmente, nas áreas mais íngremes (PMRR, 2006).

No município de Camaragibe, em sua parte sul, destaca-se o Bairro dos Estados quanto à concentração e à ocorrência de escorregamentos translacionais. Estes são potencializados em função de suas características geomorfológicas, atenuadas por aspectos antrópicos de ocupação (assentamentos precários) (Figura 1).



**FIGURA 2:** Ocupação antrópica precariamente instalada e de baixa infraestrutura com cortes de taludes para ocupação em encostas declivosas e com medidas paliativas de lonas. Fonte: Pereira (foto de 2021).

Dessa forma, o Bairro dos Estados configura-se como uma área prioritária para o desenvolvimento de uma gestão de risco mais eficaz. Assim, objetiva-se com esse artigo analisar a importância dos trabalhos de campo na classificação dos riscos a escorregamentos no contexto pandêmico e comparar metodologias de mapeamentos técnicos e participativos, desenvolvidas no Bairro dos Estados, Camaragibe (PE).

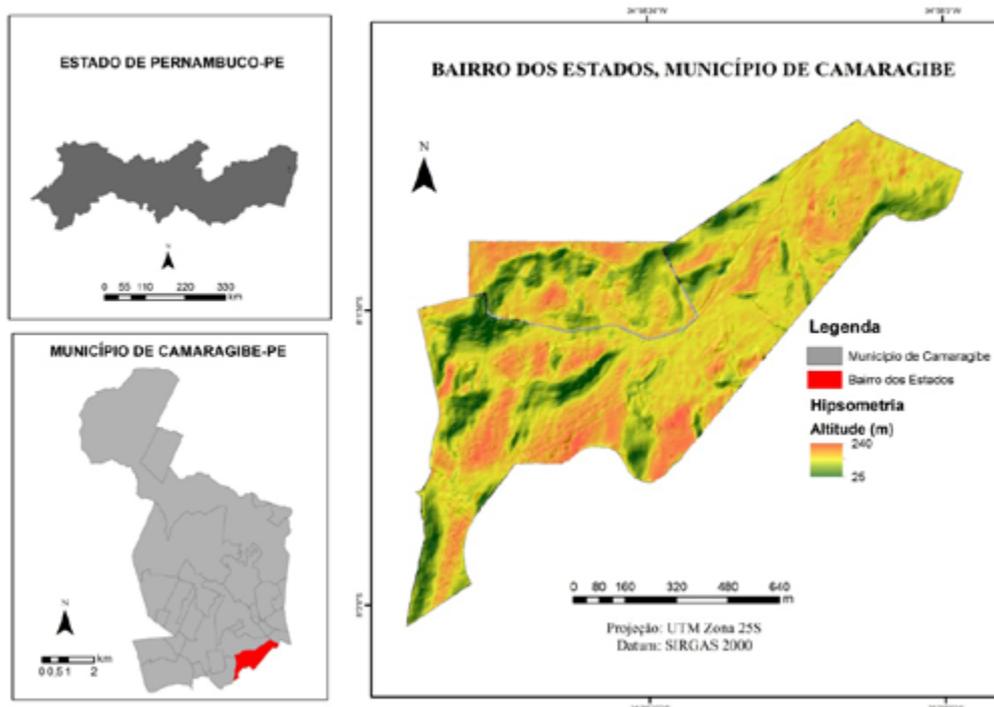
## 2. Metodologia

### 2.1 Área de Estudo

Camaragibe localiza-se na Região Metropolitana do Recife (RMR) e faz limite com os municípios de Recife, Paulista, Abreu e Lima, São Lourenço da Mata e Paudalho (Figura 2). Possui uma extensão territorial de 51,257 km<sup>2</sup>, com uma população de 144.466 habitantes e uma densidade demográfica de 2.818,46 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Trata-se, portanto, de uma região urbanizada e bastante adensada.

Resultante da ausência de planejamento urbano, apresenta apenas 40,5% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, ou seja, menos da metade (IBGE, 2010). Além disso, há, somente, 12,9% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada, com a presença de bueiros, calçadas, pavimentação e meio-fio (IBGE, 2010).

O Bairro dos Estados localiza-se a sul de Camaragibe, com área inferior a um quilômetro quadrado (0,8km<sup>2</sup>) e altitudes máximas de 140 m (Figura 2). Caracteriza-se pela presença expressiva de assentamentos urbanos precariamente instalados e muitas ocorrências de escorregamentos.



**FIGURA 2:** Mapa de localização do Bairro dos Estados, no contexto de Camaragibe-PE. Fonte: Elaborado pelos autores com base em CPRM (2014).

O Bairro é formado, geologicamente, por rochas do embasamento cristalino (ex.: granitos, magmatitos, gnaisses e micaxistos) presentes nas áreas de colinas recobertas por solos residuais; por sedimentos miocênicos da Formação Barreiras (nas áreas de Tabuleiros Costeiros) e por depósitos aluviais (BANDEIRA, 2003; CPRM, 2014).

Geomorfologicamente, possui as seguintes unidades de classificação morfoestrutural: Planície aluvial, Planalto Sedimentar Litorâneo (Tabuleiros Costeiros) e Piemonte da Borborema (CPRM, 2001). Quanto aos solos, predominam Latossolos (nas áreas de maior altitude) e Nossolos Flúvicos (nas áreas mais planas) (EMBRAPA SOLOS, 2018).

O clima do bairro é classificado como tipo As', conforme a classificação de Köppen, caracterizado como tropical chuvoso com verão seco e uma estação chuvosa (inverno). Apresenta uma temperatura média anual de 25°C e uma pluviosidade anual de 1.710 mm (IBGE, 2012). Dos principais sistemas sinóticos, destaca-se a ação das Ondas de Leste, responsáveis pelos altos índices pluviométricos desencadeadores de movimentos de massa.

## 2.2 Mapeamento técnico GIDES - CPRM

A metodologia GIDES (Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM (2018) foi um manual criado para o mapeamento, a descrição e o diagnóstico dos principais movimentos de massa no Brasil. O documento é fruto do acordo firmado entre os governos do Brasil e do Japão, como parte do esforço para gerenciamento do risco a desastres naturais. A metodologia GIDES é baseada em métodos Japoneses, porém para aplicação no Brasil, foram realizadas adaptações. Os movimentos de massa nos centros urbanos brasileiros foram catalogados, a fim de identificar padrões e critérios topográficos para a deflagração do processo no país (CPRM, 2018).

Na utilização dos dados da metodologia da CPRM, foram recortados as informações em *shapefile (.shp)* de polígonos das áreas prioritárias de risco do Bairro dos Estados selecionados pela metodologia GIDES, através do *software* ArcGIS 10.5. À vista disso, para aplicação da metodologia e elaboração das cartas de perigo e risco foram consideradas pela CPRM três etapas:

**A primeira etapa** consiste no levantamento dos dados e catalogação do histórico de desastres. A identificação dos processos pretéritos contribui na compreensão dos processos geológicos analisados pelos técnicos. **A segunda etapa** é intercalada pelos trabalhos de gabinete e campo. Primeiramente os materiais topográficos são gerados a fim de identificar as áreas de perigo potencial. A posteriori, os trabalhos de campo são realizados, sendo essenciais para a validação dos materiais topográficos e qualificação dos graus de perigo. **Na terceira etapa**, são considerados os parâmetros topográficos e a vulnerabilidade dos imóveis mediante um possível desastre. O resultado final é a carta de risco (CPRM, 2018).

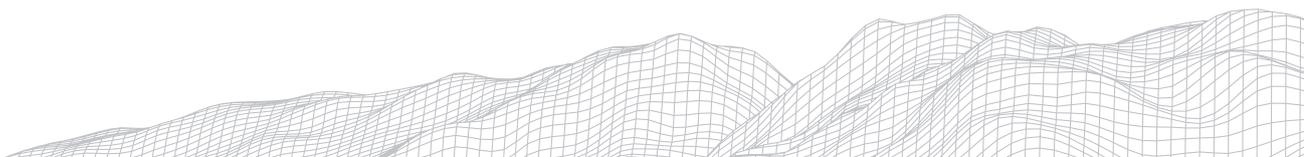
Dos pontos avaliados conjuntamente, tanto na metodologia participativa quanto na técnica, estão o tipo de ocupação de moradias (alvenaria, madeira ou mista); a instabilidade da encosta (trincas nas moradias e barreira e inclinação de árvores); e o potencial de saturação do solo (presença de fossas e esgotos).

## 2.3 Mapeamento Participativo de Áreas de risco

O mapeamento de risco, com o viés participativo, considera os graus de risco a partir de julgamentos realizados pelo próprio olhar das comunidades. As fichas, desenvolvidas por Pereira (2018), tiveram como base o modelo elaborado pelo Ministério das Cidades e IPT (2007), com adaptações e inserção de novas categorias de análise, tais como, caracterização dos residentes, memória de acidentes, percepção de risco, diagnóstico do grau de risco pela própria comunidade, propostas de medidas para a prevenção do risco, medidas de emergência e avaliação do entrevistador. Tais categorias foram necessárias (sobretudo memórias e vivências) para que os moradores das comunidades pudessem transmitir suas perspectivas e o seu conhecimento da área.

Os participantes da pesquisa serão aqueles que aceitarem ser entrevistados, a partir Ficha de Mapeamento Participativo, esses serão abordados em suas casas, a partir dos setores de risco a escorregamento pré-selecionados. A classificação de risco do setor se dará de forma quantitativa mediante ao diagnóstico de graus do risco predominante, em caso de empate mais uma entrevista deverá ser feita, para ser feita a classificação do mapa. Porém na discursão do texto todas as entrevistas serão levadas em consideração.

Por fim, os graus de riscos definidos pelos moradores foram avaliados em R1, R2, R3 e R4. De acordo com o IPT (2007), o risco **R1 é baixo ou sem risco** e não se observa sinais de instabilidade, provavelmente não sendo esperados eventos de escorregamentos. O risco **R2 é considerado médio**, já sendo possível observar evidências geológicas-geotécnicas em estágios iniciais, com possibilidades de ocorrências



reduzidas e possíveis de serem monitoradas. O **R3** é considerado **alto**, cujos condicionantes possuem sinais avançados e há uma predisposição para a ocorrência de escorregamentos, sendo possível haver danos materiais em condições de chuvas fortes. Por fim, o **R4** é o risco **muito alto**, sendo a condição mais crítica, com muitas evidências de instabilidade, sendo possível a ocorrência de eventos de alta potencialidade destrutiva em eventos pluviométricos severos.

Foram delimitados sete setores de risco que tiveram como base indicações de áreas prioritárias para a Defesa Civil do município. Demais critérios foram utilizados para esta setorização, tais como, trabalhos de campo de reconhecimento das áreas mais críticas; delimitação e interpretação de imagens de satélite da (base de dados do software Google Earth Pro, LANDSAT 8, do ano de 2017); declividade dos terrenos; malha viária; padrão de arruamento e coordenadas geográficas fornecidas por GPS durante os trabalhos de campo.

Durante a pandemia de 2020-2021 do novo coronavírus (COVID-19), algumas alterações nos trabalhos de campos foram necessárias. Primeiramente, o *lockdown* foi devidamente respeitado, só ocorrendo atividades de campo em semanas de flexibilização, contido no Plano de convivência com a COVID-19. Para o mapeamento de risco participativo, as entrevistas foram realizadas ao ar livre, mantendo o distanciamento social, com mais de 1,5 metros de distância entre o profissional pesquisador e o entrevistado. Seguindo os protocolos de saúde, foram utilizadas máscaras, protetores tipo *faceshield* e álcool 70%, evitando também, o contato físico direto entre as partes.

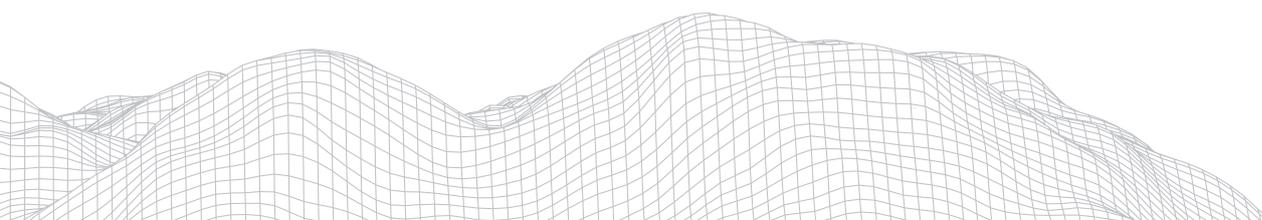
### 3. Resultados e discussão

Os resultados catalogados pela metodologia técnica de mapeamentos de áreas de risco a escorregamentos da CPRM (2018) para o Bairro dos Estados foram classificados em dois setores de Risco Alto e dois setores de Risco Muito Alto (Figura 3). Em contrapartida, os mapeamentos participativos indicaram um setor com grau de risco R1 (baixo); quatro setores com grau de risco R2 (médio); um setor com grau de risco R3 (alto) e um setor R4 (muito alto) (Figura 4).

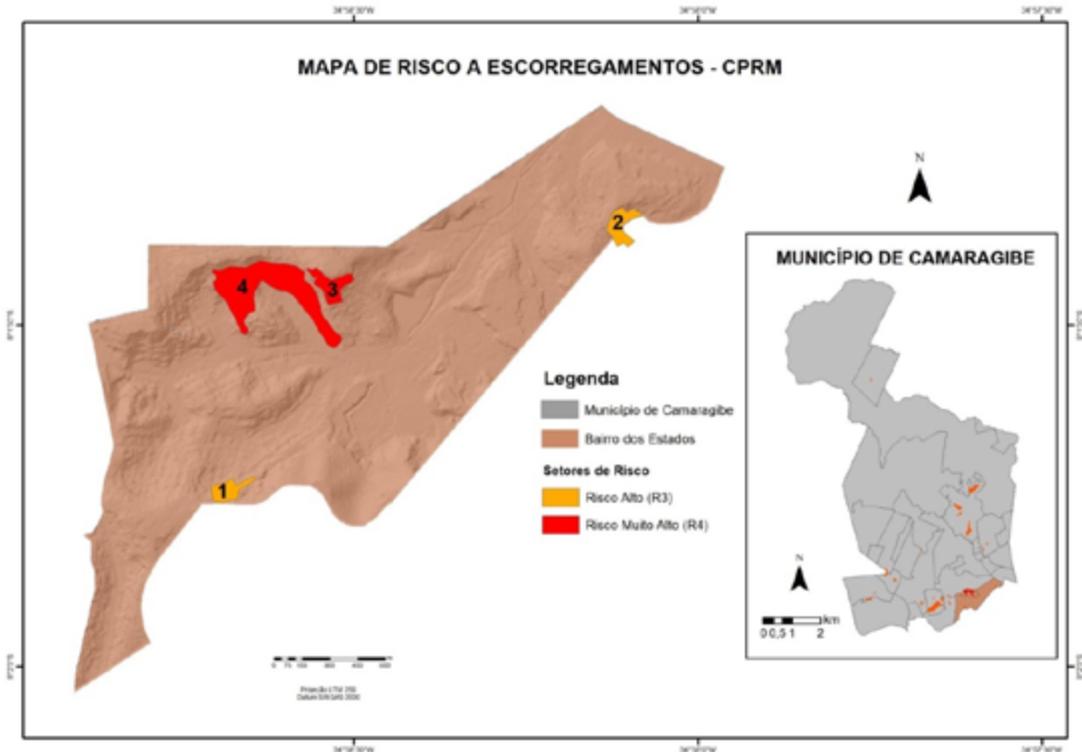
As áreas avaliadas pelo mapeamento técnico e participativo são distintos devido à escolha de metodologias diferentes, porém são utilizados alguns critérios de avaliação em comum como: instabilidade (trinca no terreno, muro embarrigado, lixo lançado, trinca na moradia, inclinação de árvores, postes e muros), potencial de saturação do solo (presença de fossas, presença de esgoto ou drenagem canalizada, lançamento de águas servidas na encosta) e a tipologia da ocupação (casas de alvenaria, casas em madeira e casas mistas).

Os resultados expostos na ficha de setorização de áreas em alto e muito alto risco da CPRM, não possuíam detalhamento dos dados expostos, apenas indicava metodicamente sim ou não, por exemplo, no setor 4 (CPRM), no critério instabilidade apenas foi mencionado a característica do setor pela ocorrência de trincas no terreno, assim como para o potencial de saturação não houve nenhuma característica que deflagrasse com maior detalhamento esse critério e na tipologia de ocupação só haviam casas em alvenaria. Algo que se pode inferir é a falta de detalhamento da classificação de risco considerado como muito alto, ou seja, haveria a necessidade de planos de ações com urgência. Salienta-se que exatamente nesse setor houve uma intercorrência com a morte de sete pessoas, em um evento de pluviometria intensa em 14 de junho de 2019.

Ao ser classificados os setores participativos, foram percebidos detalhamentos nos mapeamento através de entrevistas, visto que a população com sua vivência e convivência com o risco sabiam indicar os critérios que não estavam no campo de visão dos técnicos, obtendo uma maior precisão na avaliação dos setores de risco.

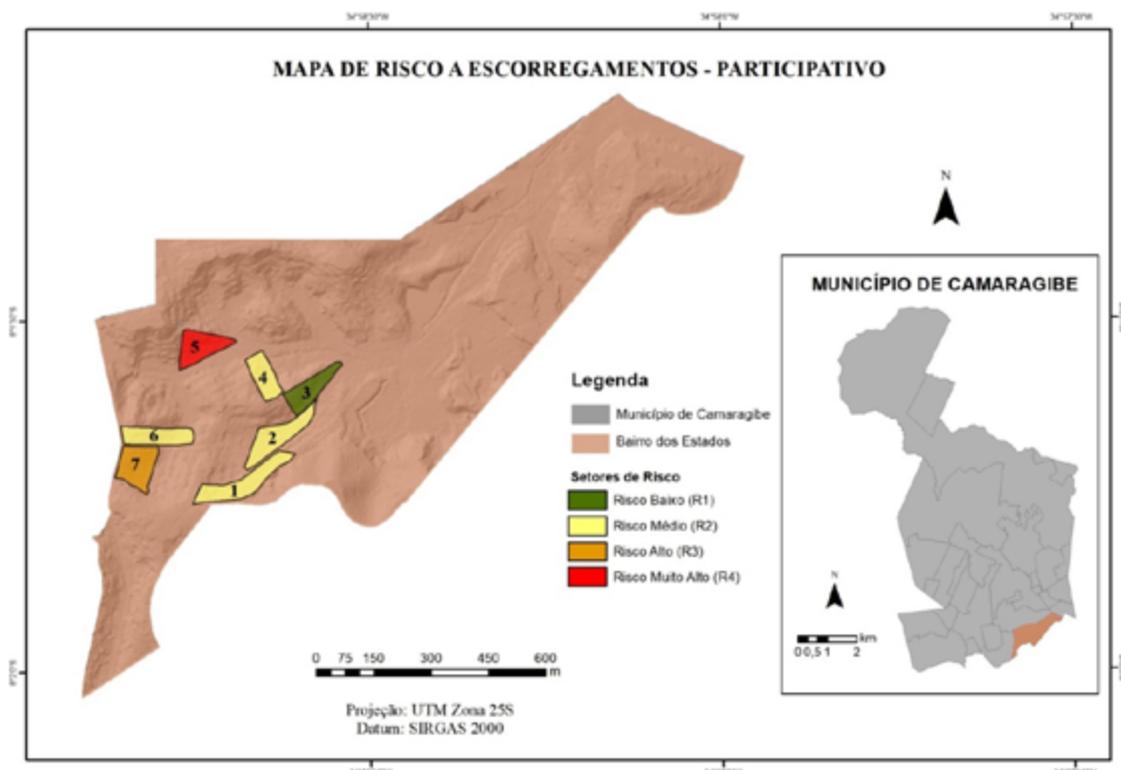


Os resultados e análises dos dados do mapeamento participativo, realizado junto à comunidade, demonstraram relações afetivas e resilientes com a área de estudo por parte dos entrevistados, visto que dos 7 setores analisados, 57,14% dos setores foram classificados pelos moradores como R2, indicando um risco médio. Na sequência, 14,28% foram classificados como R1, R3 e R4 cada.



**Figura 3:** Mapa de áreas de risco a escorregamentos no Bairro dos Estados de acordo com a perspectiva técnica da CPRM.

Fonte: CPRM, 2019.



**Figura 4:** Mapa de áreas de risco a escorregamentos pelo viés participativo no Bairro dos Estados.  
Fonte: Autores.

### 3.1 Setores de risco R1

Na classificação participativa dos setores R1 (setor 3) foram observadas as seguintes características: obras de estrutura de contenção de encostas (ex.: muros de arrimo, tela grama armada, muro de gabião); ruas asfaltadas; casas construídas muito próximas umas das outras, encostas densamente povoadas com pouca visualização da encosta; e identidade com o lugar, visto que 66,6% dos residentes moram a mais de 15 anos no local. Salienta-se que na metodologia da CPRM não houve setores de risco baixo (R1) e médio (R2).

Todas as casas avaliadas para esse setor são de alvenaria. Cerca de 66,6% das residências não possuíam trincas nas casas e nos terrenos, ressaltando-se que algumas moradias já tinham passado por reformas, ou seja, foram retiradas as rachaduras. Com relação a inclinação de árvores nas encostas devido obra de contenção, 33,3% não possuíam árvores próximas a sua residência e 44,4% afirmaram ter observado árvores inclinadas. Dessa forma, a instabilização do terreno com movimentação de baixa velocidade foi classificada, conforme Augusto Filho (1992), como rastejo (identificadas pelas árvores tortuosas), assim como, pelos muros embarrigados e trincas nos terrenos e nas casas. Assim, esse setor possui indícios de movimentação e teve seu risco minimizado pela população.

Com relação ao potencial de saturação do solo, as casas apresentavam lançamento de águas servidas diretamente nas encostas (Figura 5). As residências que possuíam fossa séptica representavam 44,4% e as que tinham esgoto canalizado para o sistema de drenagem, 55,6%. Verificou-se, então, um uso inadequado do sistema de drenagem, uma vez que as ruas não apresentaram esse sistema finalizado/adequado. Ressalta-se que as águas pluviais apenas deveriam correr nas estruturas de canaletas, porém a população faz uso dessas valas como rede de esgoto improvisada.



**FIGURA 5:** Setor de risco classificado como R1 (setor 3) pelo mapeamento participativo, localizado na rua Ceará, Bairro dos Estados – Camaragibe, com a presença de estratos vegetais e matéria orgânica devido o lançamento de águas servidas diretamente na encosta, que já possui obra de contenção.

Fonte: Autores (foto de 2021).

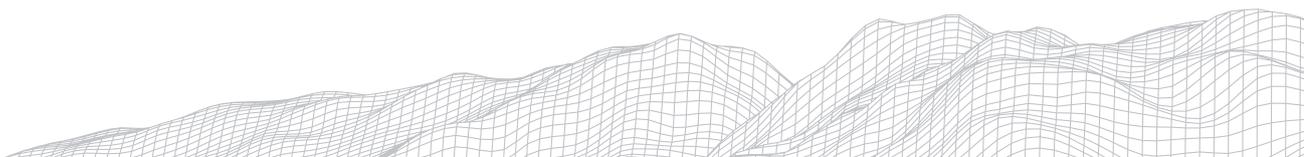
### 3.2 Setores de risco R2

Os setores (1, 2, 4 e 6) participativos classificados como R2 apresentaram padrão construtivo de alvenaria e com infraestrutura satisfatória em grande parte da área, bem como, 83% dos esgotos são canalizados. No entanto, apresentaram indícios do desenvolvimento de instabilidade, ou seja, foram verificadas trincas nas moradias e nos muros em 51% das residências.

Muitas ruas destes setores apresentaram calçamentos inadequados para períodos chuvosos, por exemplo, paralelepípedos em terrenos muito declivosos, que favorecem processos de enxurrada, além de água servida nas encostas. Havia também cortes de aterro próximo a moradias, entre outras práticas inadequadas. No tocante as inclinações das árvores, 87,2% dos moradores não observaram tais inclinações nas encostas dos setores.

### 3.3 Setores de risco R3

O setor de risco (setor 7) participativo classificado como R3 apresentou um alto grau de risco com probabilidade de ocorrer escorregamentos, sobretudo, por estar em áreas de alta declividade, cuja predominância do padrão construtivo é de alvenaria. Diferentemente da classificação R2, cerca de 87,5% dos moradores identificaram rachaduras nas residências. Com relação às árvores inclinadas, 75% não haviam observado essa característica no setor. Além disso, é a partir da classificação R3 que se coloca um potencial de saturação do solo mais evidente, devido à falta de canalização de águas servidas e esgoto, caracterizados como 62,5% em fossas sépticas, 25% em irregular (despejados diretamente na encosta)



e, somente, 12,5% em canalizado.

Os setores de risco (abordagem técnica/setores 1 e 2) classificados como risco alto (R3) encontram-se, por exemplo, na Rua João Carneiro (setor 1). Em relação aos parâmetros geotécnicos de risco, a amplitude da encosta subvertical é próxima dos 20m, sendo composta por rochas sedimentares da formação barreiras. Outro aspecto que contribui para o diagnóstico foram as cicatrizes de escorregamentos com processos de erosão ativa ao longo das feições. A influência antrópica é percebida na construção das residências, das quais há cortes no terço médio da encosta, com moradias junto à crista e ao sopé. O setor é composto por 20 imóveis que abrigam 80 pessoas (CPRM, 2018).

O setor da Rua Sítio Areinha, também R3 (setor 2) apresentou moradias construídas junto à crista das encostas com curvaturas côncavas. Autores como Valeriano (2003) destacam que a forma côncava concentra a maior quantidade de água e mais rápida elevação de pressão, durante o período de chuvas. No local, também foram identificadas cicatrizes de escorregamentos ao longo da encosta, com reentrâncias na conformação geométrica que indicam movimentos profundos. Sant Ana *et al.* (2020) afirmam que o reconhecimento e o entendimento das cicatrizes de escorregamentos favorecem a previsão dos processos, neste caso, a minimização de ações negativas para 80 pessoas em 20 residências (CPRM, 2018).

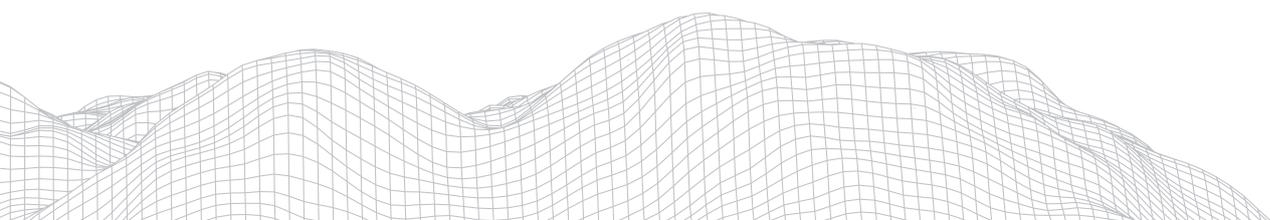
Nos resultados do mapeamento participativo, ao contrário do técnico, apenas 1 setor (dos 7 mapeados) foi caracterizado pelos moradores, como R3 (Figura 4). Uma justificativa para este resultado são os aspectos subjetivos e emocionais dos entrevistados, tal como, o sentimento de pertencimento ligado às suas vivências e observações que, por vezes, acarretam em divergências de diagnóstico, dos laudos técnicos e participativos.

#### 3.4 Setores de Risco R4

O setor participativo avaliado como R4 (setor 5) apresentou histórico de destruição de moradias ou perdas parciais; processos pretéritos de movimentos de massa com destruição de ruas; constantes cortes nas encostas com proximidade às moradias (a jusante e a montante); vegetação irregular nas encostas (cultivo de bananeiras); casas de construção mista; ruas sem calcamentos; água servida em encosta, bem como, entulhos e rachaduras/trincas. Dessa forma, em face de tais características, houve uma concordância entre o grau atribuído de forma participativa e o grau técnico.

O padrão construtivo desse setor possui 77,8% de moradias em alvenaria e 22,2% mista (alvenaria e madeira). Além disso, 66,6% dos residentes observaram rachaduras nas casas e nos terrenos, 55,5% das árvores das encostas estavam inclinadas e 44,4% das moradias apresentaram canalização de águas servidas e de esgoto despejadas de forma irregular para as encostas.

Na classificação de risco técnico muito alto (R4) (setores 3 e 4), destacam-se os setores das ruas Bom Jesus e Minas Gerais (Figura 3). Os aspectos físicos são semelhantes, cujas moradias estão construídas junto às encostas de cortes subverticais entre 10 m e 15m, com solos residuais de rochas sedimentares da formação barreiras. Aproximadamente 100 imóveis, que abrigam 400 pessoas, são atingidos pelos processos geotécnicos de escorregamentos planares (CPRM, 2019). No mapeamento participativo, apenas 1 dos 7 setores, foi diagnosticado pelos moradores como área de risco muito alto (R4).



#### 4. Considerações finais

Na comparação dos resultados entre o mapeamento técnico da CPRM e o mapeamento participativo foram encontradas divergências na análise. Por exemplo, nos laudos técnicos disponibilizados pela CPRM, os setores 3 e 4, classificados como R4 (risco muito alto), não apresentaram as seguintes características: muro embarrigado, fossa, inclinação de árvores, postes e trincas nas moradias. Enquanto nos setores R4 dos mapeamentos participativos, tais características foram nomeadas pelos moradores. Nesse sentido, os resultados participativos obtidos indicaram que os setores R3 e R4 apresentaram grande falta de infraestrutura e de saneamento básico no município, principalmente, em áreas de maior declividade.

Algumas dificuldades foram encontradas mediante a aplicação de metodologias de campo para mensuração do risco a escorregamento no bairro durante o momento pandêmico da COVID-19, tais como, alguns dos moradores do bairro não aceitaram fazer a entrevista, mesmo vendo que os pesquisadores estavam com máscara, *faceshield* e álcool 70%. Além disso, outros moradores não tinham consciência do risco de contaminação, dessa forma não utilizaram máscaras e não mantinham inicialmente o distanciamento de 1,5m dos pesquisadores/técnicos. Porém o uso de máscara, álcool 70% e o distanciamento médio de 1,5 m dos moradores não diminuíram o acolhimento, por parte dos moradores, e o olhar profissional dos mapeadores. No decorrer da entrevista, os mesmo se sentiam motivados a esclarecer os questionamentos na ficha, assim convidavam os pesquisadores a observar as evidências dentro da moradia (ex.: trincas, rachaduras na moradia, árvores inclinadas, esgoto e lixo lançados na encosta).

Os dados apresentados na presente pesquisa corroboram para o melhor gerenciamento das áreas de risco a escorregamentos no Bairro dos Estados, município de Camaragibe-PE. Os mapeamentos técnicos e participativos em setores permitem a identificação das áreas de risco físico e social, direcionando prioritariamente as obras de infraestruturas a essas regiões. Visto que essas metodologias buscam prevenir o risco a escorregamentos, através da integração da comunidade ao processo de mitigação, tornando-se protagonistas na construção da prevenção.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desta pesquisa. Agradecem também a disponibilidade da Defesa Civil Municipal de Camaragibe pelo fornecimento de dados do município e pela presença nos trabalhos de campo.

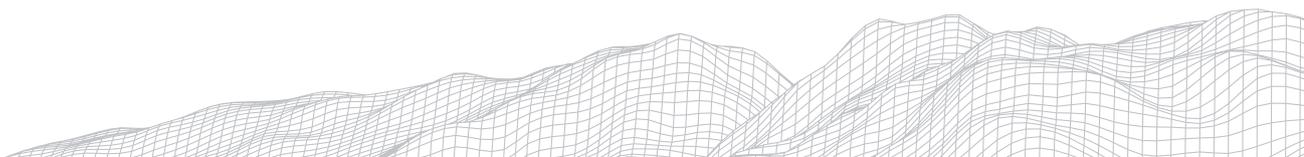
#### Referências

ACSELRAD, H. (org.). **Cartografias Sociais e Território**. Rio de Janeiro, IPPUR/UFRJ, 2008.168p.

ALHEIROS, M. M.; SOUZA, M. Â. A.; BITOUN, J.; MEDEIROS, S. M. G. M.; JÚNIOR, W. M. A. **Manual de ocupação dos morros da região metropolitana do Recife**. Fundação de Desenvolvimento Municipal FIDEM; coord. Margareth Mascarenhas Alheiros... (et al.), Recife, 2003.

ARAÚJO, F. E.; ANJOS, R. S.; ROCHA-FILHO, G. B. Mapeamento Participativo: conceitos, métodos e aplicações. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 2, p. 128-140, 1 dez. 2017.

BANDEIRA, A. P. N. **Mapeamento de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas no município de Camaragibe-PE**. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p.209. 2003.



- BRASIL. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2012. 11p.
- BRASIL, Ministério das Cidades. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Org. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura. – Brasília, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.
- CARVALHO, C. S.; OGURA, A. T.; MACEDO, E. S. Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, p. 9-32, 2007.
- CEPED Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012, 2. Ed, ver. Ampl – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.
- CHAPIN, M.; LAMB, Z.; THRELKELD, B. Mapping Indigenous Lands. Annu. Rev. **Anthropol.**, 2005.
- CORREIA, C. **Etnozoneamento, etnomapeamento e diagnóstico etnoambiental**: Representação cartográficas e gestão ambiental em terras indígenas no estado do Acre. 2007. 420 f. Tese (Doutorado Antropologia Social), Departamento de Antropologia – Dan, Universidade de Brasília, 2007.
- CPRM, **Serviço Geológico Brasileiro, 2014**. Base de dados. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia-de-Engenharia-e-RiscosGeologicos/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-elnundacoes3507.html#pernambuco> Acessado em: 20 de abril de 2021.
- CPRM, **Serviço Geológico Brasileiro, 2018**. Metodologia de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais – GIDES. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres/Projeto-GIDES-JICA-5393.html>. Acessado em 15 de junho de 2021.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa. Brasília. 2018
- EVANGELISTA, Ana Paula. COVID – 19 Favelas: FioCruz aponta que pandemia tem mais impacto em áreas pobres do rio. Repórter SUS, 2021.
- FILHO, O. A. **Caracterização Geológico-Geotécnico Voltada à Estabilização de Encostas**: Uma Proposta Metodológica. Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, COBRAE, 1992.
- Geodiversidade do estado de Pernambuco / Organização Fernanda Soares de Miranda Torres [e] Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff – Recife : CPRM, 2014. 282 p. Programa Geologia do Brasil.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.
- LEMOS, J.C.; LIMA, S.C.. A Geografia Médica e as doenças infecto-parasitárias. **Revista On Line Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 3, n. 6, jun. 2002.
- Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais – Projeto GIDES. (livro eletrônico): CPRM (2018) - Coordenação: Jorge Pimentel e Thiago Dutra dos Santos. – Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018; Versão 1. 213 páginas (pdf). Acesso em: 2019-02-24.
- MANYENA, S. B. **The concept of resilience revisited**. *Disasters*, v. 30, n. 4, p. 433-50, 2006.
- PERNAMBUCO, **Decreto** nº 50.052, de 7 de janeiro de 2021. Altera o Decreto nº 49.055, de 31 de maio de 2020, que sistematiza as regras relativas às medidas temporárias para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do novo coronavírus, conforme previsto na Lei Federal nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020. Edição estadual, Pernambuco, 2021.
- PFALTZGRAFF, A. S. **Mapa de Suscetibilidade A Deslizamentos Na Região Metropolitana Do Recife**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação Em Geologia, UFPE, 2007.
- PMRR – **Plano Municipal de Redução de Risco de Camaragibe**. Relatório técnico Gusmão engenheiros Associados Ltda.



Camaragibe, 2006.

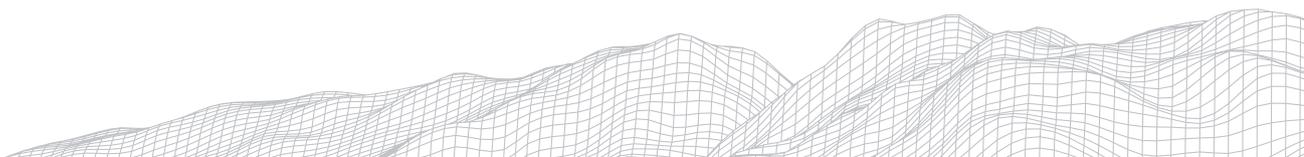
SANT ANA, W.O; BACK, A. J.; MICHEL, G. P.; LADWIG, N. I.; DE CONTO, D. Geometrias e posicionamento espacial de antigas cicatrizes de escorregamentos em encostas nas cabeceiras do Rio Mãe Luzia, **TREVISÓ**, Santa Catarina, Brasil. *Ciência e Natureza*, v. 45, p. 1-17, 2020.

SANTOS, E. M. **Aplicação do modelo SHALSTAB na previsão de escorregamentos no Município de Camaragibe, Região Metropolitana do Recife**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2020.

SANTOS, F. de O. Geografia médica ou Geografia da saúde? Uma reflexão. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente - SP, v. 1, n. 32, p.41-51, jan/jun. 2010.

Valeriano, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.539-546, 2003.

XAVIER, J. P. S. Erosão Pluvial e Escorregamentos no Estado de Pernambuco: Áreas de Ocorrências, Unidades de Paisagem e Banco de Dados Geográfico. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2020.



# CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS URBANAS: POSSIBILIDADES E DESAFIOS

705

---

*André Ricardo Furlan*

*Universidade Federal de Santa Maria*

*Av. Roraima, nº 1000, Cidade Universitária, Camobi, Santa Maria,*

*RS – Brasil CEP: 97105900*

*E-mail: andre.ricardofurlan@gmail.com*

*Romario Trentin*

*Universidade Federal de Santa Maria*

*Av. Roraima, nº 1000, Cidade Universitária, Camobi, Santa Maria,*

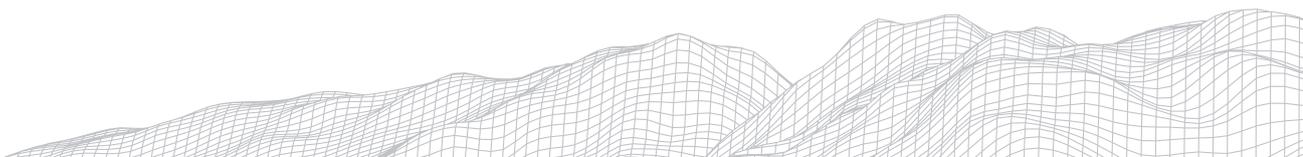
*RS – Brasil CEP: 97105900*

*E-mail: romario.trentin@gmail.com*

### Resumo

O mapeamento geomorfológico encontra-se vinculado ao planejamento ambiental e ao ordenamento territorial, verifica-se na espacialização dos fatos geomorfológicos a relação entre forma e processo. No intuito de verificar o mapeamento geomorfológico em escala de detalhe, buscou-se realizar uma pesquisa na revista *Journal of Maps*, para verificar os elementos que compõem a cartografia geomorfológica em área urbana. Dessa forma, foram analisados trabalhos que apresentaram formas de drenagens ligadas aos processos fluviais, a escarpa também foi uma forma identificada em diversos trabalhos analisados. As formas de colúvio, alúvio e colos ou sela também são apresentados. Destaca-se, que a possibilidade para o emprego de mapeamento geomorfológicos são diversos e, por muitas vezes, subjetivo por não haver uma homogeneização nas formas e simbologias apresentadas em escalas de detalhe. Considera-se que este trabalho apresenta apenas algumas possibilidades de representações cartográficas para áreas urbanas.

**Palavras-chave:** Mapeamento Geomorfológico; SIGs, Geomorfologia Urbana; Classificação do Relevo.



## 1. Introdução

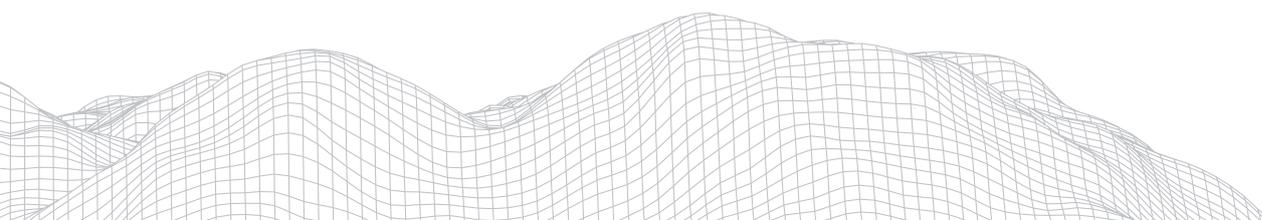
A cartografia geomorfológica encontra-se como uma área específica dentro da Geomorfologia, para sua interpretação além do mapa, torna-se importante analisar o sistema de legenda empregado para realizar a leitura desse mapa. A padronização de um sistema cartográfico para apresentar os fatos geomorfológicos vem sendo discutida por diversos cientistas ao longo dos anos, esse debate encontra-se marcado por realizar a tentativa de uma uniformização das legendas.

Compreende-se, que um dos sistemas de mapeamento geomorfológico mais utilizados na literatura brasileira consiste na proposta idealizada pela União Geográfica Internacional (UGI). O sistema de mapeamento de chave unificada UGI foi o resultado da Subcomissão de Levantamento e Mapeamento Geomorfológico. Torna-se necessário refletir que o sistema UGI possui duas publicações que estão relacionadas às escalas de análise. Assim, o sistema da UGI ganha duas versões, o Manual de Detalhamento Mapeamento geomorfológico (DEMEK *et al.*, 1972) e o Guia para Mapeamento geomorfológico de média escala (DEMEK; EMBLETON, 1978), que é dedicado para a análise em escalas menores (GUSTAVSSON, KOLSTRUP e SEIJMONSBERGEN, 2006; OTTO; GUSTAVSSON e GEILHAUSEN, 2011).

Outro sistema que ganhou consistência no mapeamento geomorfológico brasileiro é o sistema do Instituto Internacional de Geoinformação Ciência e Observação da Terra (ITC), publicado por Verstappen & Zuidam (1975). Os autores propõem um mapeamento geomorfológico abrangente, compondo um sistema para todas as escalas. Os mapas ITC são, no entanto, divididos em dois grupos: (1) mapas de grande e média escala; e (2) mapas de pequena escala (GUSTAVSSON, KOLSTRUP e SEIJMONSBERGEN, 2006; OTTO; GUSTAVSSON e GEILHAUSEN, 2011).

No decorrer da virada da década e início do século XXI, a geomorfologia brasileira suscitou um debate a respeito da cartografia geomorfológica, o objetivo destas discussões corresponde a um esforço no caminho de padronizar a produção cartográfica para o Brasil. O debate a respeito dessa temática se estabeleceu durante o XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, organizado pela União da Geomorfologia Brasileira (UGB), no qual ocorreu o 1º Workshop de Cartografia Geomorfológica. Dessa forma, busca-se uma padronização com a criação do Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo (SBCR) (BOTELHO; PELECH, 2019; PELECH *et al.*, 2019).

Verifica-se, em âmbito geral, que no Brasil existe uma tendência em utilizar a questão taxonômica utilizada, primeiramente, por Tricart (1965), que apresenta oito níveis taxonômicos e Meščerjakov (1968), que apresenta seis grandezas para análise taxonômica. Assim, inspirado nesses autores, ocorreu a execução do projeto RADAMBRASIL que de 1970 até 1985 dedicou-se ao mapeamento sistemático de todo território nacional. Dessa forma, o projeto incorporou apenas três táxons em suas escalas de análise, que podem ser identificados na Tabela 1.



**TABELA 1**  
Propostas taxonômicas para mapeamento geomorfológico

<b>Táxon</b>	<b>RADAMBRASIL</b>	<b>ROSS (1992, 2017)</b>	<b>NUNES et al., (1995) IBGE (2009)</b>
1°	Domínio Morfoestrutural	Morfoestrutural	Domínio Morfoestruturais
2°	Região Geomorfológica	Morfoescultura	Regiões Geomorfológicas
3°	Unidade Geomorfológica	Padrões de Formas Semelhantes	Unidades Geomorfológicas
4°	Não Utilizado	Formas de Relevo	Tipos de Modelados
5°	Não Utilizado	Tipos de Vertente	Formas do relevo simbolizados
6°	Não Utilizado	Formas de Processos Atuais	Não Utilizado

Alguns anos mais tarde, com grande experiência acumulada ao participar do projeto RADAMBRASIL, Ross (1992) propõe uma sistematização e elabora uma classificação do relevo baseada nas ideias postuladas de Penck (1953), Tricart e Cailleux (1965), Tricart (1965), Demek (1967), Meščerjakov (1968) e Guerasimov (1980). Dessa forma, Ross (1992, 2017) elabora sua proposta a partir da criação de seis táxons, apresentando, assim, a aplicação para mapeamentos geomorfológicos para diversas escalas cartográficas.

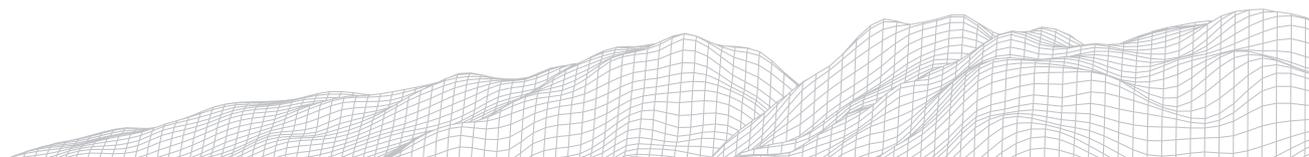
A partir do acúmulo de conhecimento, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) vem desenvolvendo um sistema metodológico a partir da publicação do Manual Técnico de Geomorfologia (NUNES *et al.*, 1995; IBGE, 2009). Essa metodologia utiliza cinco táxons, a tabela 1 apresenta a sistematização dos táxons utilizados pelos autores supracitados.

Compreende-se, que o manual elaborado por Nunes *et al.* (1995) torna-se um guia consistente, principalmente para época em que foi publicado. Atualmente, com o avanço dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), evidencia-se uma eclosão de *softwares* de acesso livre que possibilitam o desenvolvimento de diversas simbologias, em que podem ser aplicadas diferentes cores. Nesse sentido, torna-se importante uma atualização de simbologias condizentes com o momento atual das representações cartográficas.

Identifica-se, que no mapeamento para escalas de menor detalhe existe uma metodologia consolidada, porém, para escalas de maior detalhe, no Brasil, existe um número relativamente pequeno de trabalhos e para áreas urbanas, relatando o tecnógeno, o que se torna ainda mais reduzido. Isso ocorre pela dificuldade em encontrar produtos cartográficos para elaborar um produto de alta qualidade. Portanto, considera-se a baixa produção de mapas geomorfológicos em escala de 1:50.000 e 1:25.000, assim como mapas geomorfológicos em áreas urbanas em escala de 1:10.000 ou superiores.

Compreende-se, que este trabalho não busca esgotar a discussão, e sim instigar o pensamento para as diversas possibilidades que o mapeamento geomorfológico em áreas urbanas possuem. Nesse contexto, a utilização de uma cartografia geomorfológica em áreas urbanas pode contribuir principalmente para o ordenamento territorial e o planejamento ambiental. Portanto, o objetivo deste trabalho encontra-se em apresentar algumas simbologias empregadas em mapeamentos geomorfológicos em áreas urbanas em outros países.

## 2.1 Mapeamento Geomorfológico Urbano, Planejamento Ambiental e Ordenamento Territorial



Para compreender diversos processos no âmbito geomorfológico o processo de mapeamento torna-se um produto cartográfico que possibilita uma interfase direta com o planejamento ambiental e ordenamento territorial. Dessa forma, apresenta-se no texto a seguir uma breve reflexão sobre os diversos desdobramentos que podem ser aplicados a partir do mapa geomorfológico em áreas urbanas.

O mapeamento geomorfológico é essencial para a análise de formas de relevo e processos de superfície. Conforme Roccati *et al.*, (2020), esta técnica desempenha um papel crucial na avaliação de perigos e riscos geomorfológicos, especialmente quando apoiada por métodos complementares, por exemplo, análise histórico-geográfica e cartográfica, interpretação de fotografias aéreas, novas técnicas de Sensoriamento Remoto para medição da superfície terrestre, investigação de solos e monitoramento de processos de superfície

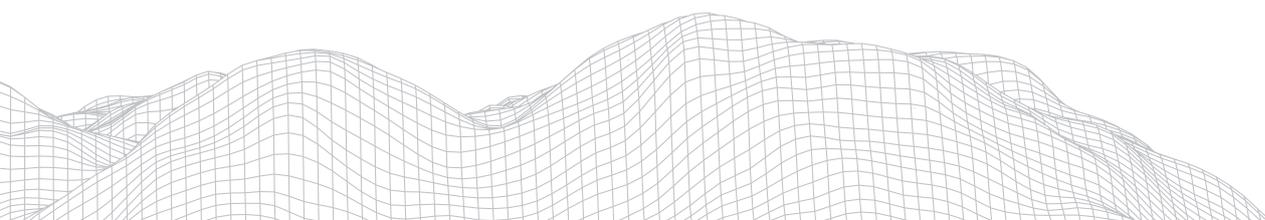
Nesse sentido Latocha *et al.*, (2009) e Brandolini *et al.*, (2020) o mapeamento geomorfológico detalhado pode ser usado como uma ferramenta valiosa para avaliar o impacto do ser humano na paisagem, sua extensão e, principalmente, a durabilidade dos efeitos ambientais da atividade humana passada. Diante disso, entende-se que o mapa geomorfológico produzido em escala de detalhes torna-se útil para estudos de planejamento urbano.

Dessa forma, Del Monte *et al.*, (2016) apresenta que a comparação multitemporal de mapas históricos e recentes e fotografias aéreas auxilia na compreensão das alterações morfológicas. Ganha destaque para as áreas urbanas a análise de mapas temáticos e documentos de planejamento urbano, assim procurando compreender e realizar uma interpretação de dados estratigráficos que podem ser realizadas concomitantemente com as atividades de levantamento de campo para verificação e melhoramento da acurácia dos dados levantados de fontes secundárias.

Conforme expressa Mandarino *et al.*, (2020), a integração de pesquisas de campo, pesquisa bibliográfica e análise multitemporal de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite em ambiente SIG, permite registrar as atuais características geomorfológicas. Dessa forma busca-se uma compreensão interdisciplinar da interação entre os processos geomorfológicos e as atividades humanas, o levantamento geomorfológico e as análises espaciais em SIGs, permite maior integração ao levantamento de campo e cartografia histórica.

Destaca-se, que para elaborar um mapeamento geomorfológico eficaz e atualizado, torna-se necessário realizar coleta de novos dados originais e melhorando/reinterpretando os dados anteriores. Assim, busca-se empreender um levantamento multidisciplinar e multitemporal baseados em observação direta de campo, fotointerpretação aérea, processamento de dados de exercícios e análise de informações de arquivo histórico. Portanto, é de imprescindível importância desenvolver e testar uma metodologia integrada para estudos geomorfológicos urbanos, incluindo levantamentos de campo e observações *in loco*, comparações cartográficas e fotografias multitemporais. Assim, permitindo a elaboração de um mapa geomorfológico, útil para evidenciar a sobreposição do tecido urbano, estrutura físico-geográfica e processos geomorfológicos (FACCINI *et al.*, 2020).

Um levantamento geomorfológico detalhado possibilita identificar a morfologia atual das encostas da cidade que sofrem com um retrabalho antrópico ao longo do processo de urbanização, o que às vezes torna a distinção entre formas naturais e artificiais um desafio (PELFINI *et al.*, 2020). Desataca-se que o mapa geomorfológico em grande escala representa não apenas uma ferramenta para análises retrospectivas abrangentes das características geomorfológicas em áreas urbanas, mas também pode ser considerado um mapa de referência útil para o planejamento urbano atual adequado e melhorias futuras (FACCINI, *et al.*, 2020).



A Cartografia Geomorfológica em escala de detalhe é um material de extremamente útil para planejamento urbano. Dessa forma, Del Monte *et al.*, (2016) compreende que o inventário de relevo, incluindo deslizamentos de terra e inundações, tem implicações adicionais e potencialmente úteis para o zoneamento de perigo. Para Brandolini *et al.*, (2020) os relevos antropogênicos mapeados são atualmente amplamente conhecidos por ser ambos os elementos expostos a perigos naturais e as forças antropogênicas que causa sérios efeitos no solo. Os mapas das formas de relevo antropogênicas elaborados para abranger grandes escalas representam uma ferramenta relevante e útil para o planejamento territorial e urbano, incluindo a implementação de estratégias e medidas para a mitigação de geo-hidrológicas perigo e risco.

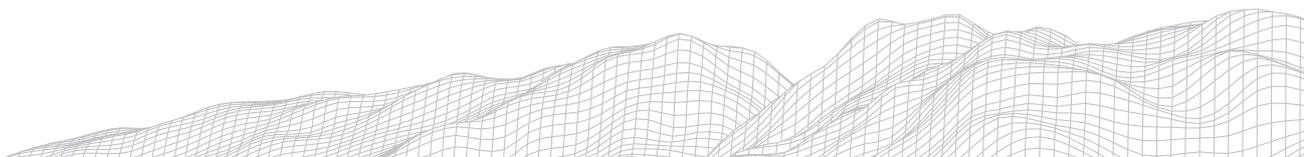
## 2. Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho, buscou-se por uma revista especializada na publicação de artigos e mapas geomorfológicos, com o objetivo direto de apresentação de mapas em tamanhos que correspondem as escalas de análise, no caso, em tamanho ampliado. Dessa forma, optou-se pela revista *Journal of Maps*, por se tratar de uma revista de livre acesso. Dessa forma, foi empregada a busca por artigos que tratassem da temática Mapeamento Geomorfológico em área urbana. Assim, foram selecionados 12 artigos com essa temática, que variam entre os anos de 2009 até 2021. Para sintetizar as informações foi elaborado um quadro apresentando a área de aplicação, escala, país e *software* utilizado pelos autores.

Para sintetizar as formas representativas em diversos produtos cartográficos analisados foram elaboradas três figuras com as formas apresentas. Assim, foram elencados: a forma de drenagem, escarpa, cólvio, alúvio e colos/sela. Para auxiliar na compreensão, utilizou-se uma revisão bibliográfica, assim possibilitando identificar a forma e o processo, além de como ele é representado cartograficamente nos mapeamentos geomorfológicos em detalhe.

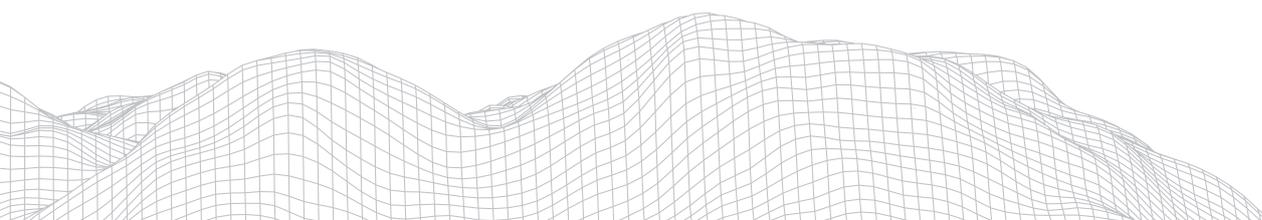
## 3. Resultados e Discussões

O primeiro resultado obtido na pesquisa sintetiza-se na tabela 2, em que pode ser visualizado que a maioria dos trabalhos são implementados em fragmentos urbanos. Em sequência, encontram-se pesquisas aplicadas em bacias hidrográficas e, por fim, em área de planície. As escalas cartográficas aplicadas na maioria dos trabalhos estão relacionadas em 1:10.000 e 1:5.000, apresentando a possibilidade de aplicação de mapeamentos geomorfológicos em escala de detalhe. A Itália é o país com número mais alto das publicações. Os *softwares* mais utilizados para implementação e confecção final dos produtos cartográficos são o ArcGIS, que é um *software* proprietário e o Quantum GIS, de livre acesso.



**TABELA 2**  
Produtos cartográficos

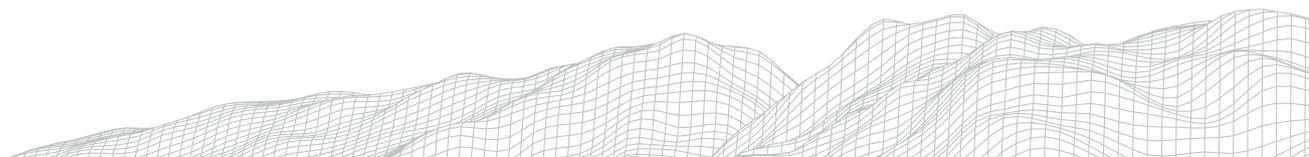
<b>Autor</b>	<b>Área de Aplicação</b>	<b>Escala</b>	<b>Pais</b>	<b>Software</b>
1 - LATOCHA, 2009	Bacia Hidrográfica	1:10.000	Polónia	CorelDraw 9
2 - DEL MONTE et al., 2016	Fragmento urbano	1:10.000	Itália	Esri ArcGIS
3 - BRANDOLINI et al., 2020	Planície	1:10.000	Itália	Quantum GIS
4 - CAPPADONIA et al., 2020	Fragmento urbano	1:10.000	Itália	ESRI ArcGIS
5 - CHIRICO et al., 2020	Bacia Hidrográfica	1:6.000	EUA	Agisoft PhotoScan Esri ArcGIS
6 - FACCINI et al., 2020	Bacia Hidrográfica	1:5.000	Itália	ARCGIS 10.6. Adobe ILLUSTRADOR CC 2015.
7 - FRODELLA et al., 2020	Fragmento urbano	1:5.000	Madagascar	ESRI ArcMap 10.4.1 Adobe Illustrator CS5
8 - MANDARINO et al., 2020	Fragmento urbano	1:10.000	Itália	Quantum GIS
9 - PELFINI et al., 2020	Fragmento urbano	1:5.000	Itália	Quantum GIS 3.4 SAGA GIS 2.3.2 e GRASS GIS 7.4.2.
10 - ROCCATTI et al., 2020	Planície	1:10.000	Itália	Quantum GIS 2.18. Corel Draw 13.0
11 - VERGARI et al., 2020	Fragmento urbano	1:5.000	Itália	ESRI ArcGIS
12 - MANDARINO et al., 2021	Bacia Hidrográfica	1:20.000	Itália	Quantum GIS



A primeira forma apresentada está relacionada com as formas fluviais associadas à hidrografia, foram comparados oito produtos cartográficos, neles foram apresentados diversos símbolos, os quais representam diferentes formas, processos e estágios. A figura 1 apresenta 46 símbolos, utilizados por oito autores. A maioria desses símbolos são em forma de linha, mas também podem ser observados polígonos coloridos ou, ainda, com hachura.

Legenda		Formas			Autores
		Ativo	Inativo	Modificado	
<b>Formas fluviais naturais e modificadas</b> Terrenos erosivos Vale em forma de V Vale em forma de calha Vale de piso plano					DEL MONTE et al., 2016
<b>Formas fluviais naturais e modificadas</b> Terrenos erosivos Vale em forma de V Vale em forma de calha Vale de piso plano					VERGARI et al., 2020
<b>Geomorfologia</b>	Terrenos artificiais				CAPPADONIA et al., 2020
Formas Fluviais	Riacho de bueiro				
Vale em forma de calha	Leito do rio de concreto				
Vale em forma de V	Canal de bueiro artificial				
Rio em desfiladeiro					
Cicatriz de meandro					
<b>Hidrografia</b>	<b>Formas de relevo antropogênicas</b>				PELFINI et al., 2020
Curso d'água	Incisão em forma de V				
Lago					
Canal artificial					
<b>Formatos de relevo fluviais naturais e modificados</b>					
Vale em forma de calha					
Traço de paleocanal					
<b>Formas e depósitos Fluviais Antropogênicos</b>					MANDARINO et al., 2020
Canal convertido					
Caminho incerto do canal de bueiro					
Rede de canais Carlo Alberto					
Canal Principal - Primeiro caminho (1834 - 1847)					
Canal Principal - Desvio (1880)					
Canal de distribuição					
Drenagem					
<b>Características antropogênicas</b>					ROCCATTI et al., 2020
Canal Artificial					
Canal Convertido					
Leito de rio canalizado					
<b>Formas de relevo fluvial modificadas</b>					BRANDOLINI et al., 2020
Canal ativo					
Leito do rio mal modificado					
Leito de rio em bueiros - drenagem subterrânea					
Leito do rio de concreto					
Leito de rio abandonado					
<b>Canal natural ou mal modificado</b>					FACCINI et al., 2020
Incisão de canal					
Riacho Bueiro					
Leito do rio de concreto					
Leito de rio abandonado					
Desvio antropogênico em rios					

**FIGURA 1:** Simbologias utilizadas para representar drenagens.  
 Fonte: Org. Autores.



Pode-se observar em Del Monte *et al.*, (2016); Vergari *et al.*, (2020) e Cappadonia *et al.*, (2020) a presença de três formas lineares, *Vale em forma de V*, *Vale em forma de calha* e *Vale de piso plano*. Isso demonstra uma certa padronização, Pelfini *et al.*, (2020) também utiliza essa classificação de formas fluviais. Além da identificação da forma de maneira geral, é possível identificar na legenda a possibilidade de interpretação do estágio da forma que pode estar ativa, inativa e modificada, propiciando a identificação histórica do canal fluvial.

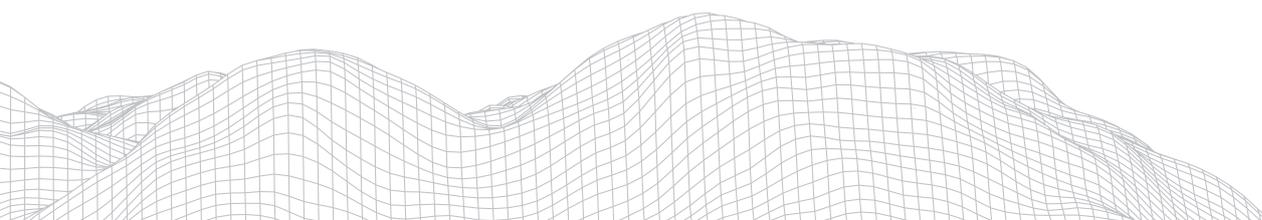
Ainda analisando a figura 1, Pelfini *et al.*, (2020) utiliza polígonos para representar *Curso d'água*, *Lago* e *Canal artificial*. As formas representadas em polígonos com hachura foram apresentadas por Roccatti *et al.*, (2020) e Brandolini *et al.*, (2020). O primeiro autor apresenta a forma como *Leito de rio canalizado*, o segundo autor trata como *Canal ativo*. Os autores Cappadonia *et al.*, (2020) Brandolini *et al.*, (2020) e Faccini *et al.*, (2020) utilizam símbolos parecidos para classificar os *Leito de rio em bueiros*, que caracterizam as drenagens subterrâneas onde a ação antrópica encontra-se interferindo na feição geomorfológica.

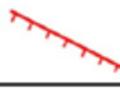
Os autores Mandarino *et al.*, (2020); Roccatti *et al.*, (2020); Brandolini *et al.*, (2020) e Faccini *et al.*, (2020) apresentam símbolos similares, grande parte encontra-se associada aos canais fluviais antropogênicos. Outra simbologia emprega nos produtos cartográficos consiste nos *traços de paleocanais* e *leito de rio abandonado*. Compreende-se de grande valia a utilização de diversas simbologias nas legendas para representação cartográfica, e sua classificação em formas naturais e antropogênicas ou modificadas.

A segunda forma é a Escarpa, encontrada em oito produtos cartográficos. Guerra e Guerra (2018) compreendem que a escarpa está presente em bordas de planaltos, serras e em morros residuais e podem ser identificadas pela forma de aclives e rampas. Elas também podem ser classificadas por sua gênese. Rossato *et al.*, (2008) acrescenta que a forma de escarpa possui similitude com paredões abruptos, separando áreas de topografia suave.

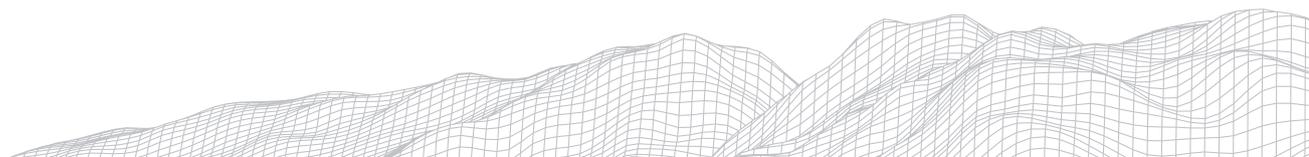
Na figura 2, podem-se observar 23 simbologias destinadas a representar a forma de Escarpa. Visualiza-se que elas podem ser classificadas em naturais, artificiais e modificadas. Apenas Cappadonia *et al.*, (2020) apresenta polígono como representação, os demais utilizam a forma de linha. O primeiro e o sexto autor apenas diferenciam a Escarpa em forma natural e antropogênica, que expõe a borda de escarpa artificial.

Os autores Del Monte *et al.*, (2016) e Cappadonia *et al.*, (2020) utilizam cinco formas para representar a escarpa, pode-se observar que esses dois autores utilizam uma classificação a partir da amplitude altimétrica. Eles também utilizam a mesma simbologia para representar os terrenos artificiais e diferenciam entre *Borda de escarpa em pedra* e *Borda de escarpa feita pelo homem*. Faccini *et al.*, (2020) também utiliza a mesma classificação para formas de relevo antropogênico, porém a simbologia é um pouco diferente, e, também, apresenta uma forma natural, classificada como *Escarpa de Denudação*.



Legenda	Formas	Autores
<b>Escarpa</b>		
<b>Formas Naturais</b> Escarpa <b>Formas antropogênicas</b> Borda de escarpa artificial	 	LATOCHA, 2009
<b>Formas fluviais naturais e modificadas</b> Terrenos erosivos Borda da escarpa de erosão fluvial (até 5 m de altura) Borda da escarpa de erosão fluvial (mais de 5 m de altura) Formas de relevo estruturais naturais e modificadas Borda da escarpa poligênica Terrenos artificiais Borda de escarpa em pedra Borda de escarpa feita pelo homem	     	DEL MONTE et al., 2016
<b>Geomorfologia</b> Formas de relevo fluvial Escarpa de erosão fluvial Formas de relevo estruturais Escarpa estrutural seletiva ( $h > 10m$ ) Escarpa estrutural seletiva ( $h < 5m$ ) Terrenos artificiais Borda de escarpa em pedra Borda da escarpa devido a obras rodoviárias, ferroviárias e de construção	     	CAPPADONIA et al., 2020
<b>Geomorfologia</b> Formas de relevo fluvial e denudacional Escarpa de denudação Formas de relevo antropogênicas Borda da escarpa devido a obras rodoviárias, ferroviárias ou de construção Borda da escarpa da pedra	   	FACCINI et al., 2020
<b>Geomorfologia</b> Escarpas - Quebra de declive limitando o topo das paredes rochosas / ravinas		FRODELLA et al., 2020
Formatos de relevo fluviais naturais e modificados Escarpa de erosão fluvial Formas de relevo antropogênicas Borda de escarpa feita pelo homem	 	PELFINI et al., 2020
<b>Características fluviais</b> Inativo Escarpa		ROCCATTI et al., 2020
<b>Formas de relevo estruturais naturais e modificadas</b> Borda da escarpa poligênica <b>Formações de relevo e depósitos artificiais</b> Terrenos erosivos Borda de escarpa feita pelo homem Borda de escarpa em declive de terraço	   	VERGARI et al., 2020

**FIGURA 2:** Simbologias utilizadas para representar Escarpa.  
 Fonte: Org. Autores.



Para complementar, Frodella *et al.*, (2020) e Roccatti *et al.*, (2020) utilizam simbologias similares em suas representações, porém a partir da coloração representam diferentes escarpas. Frodella *et al.*, (2020) classifica a forma sendo *Escarpas - Quebra de declive limitando o topo das paredes rochosas / ravinas*. Roccatti *et al.*, (2020) utiliza e classifica a simbologia para representar uma escarpa inativa em ambiente fluvial.

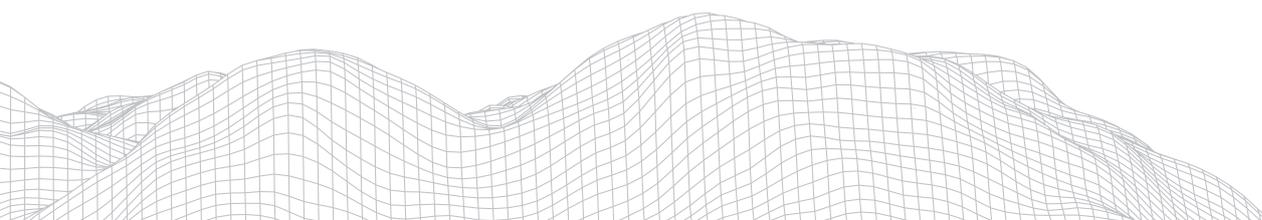
Vergari *et al.*, (2020) utiliza a nomenclatura de *Borda da escarpa poligênica*, que está relacionada ao relevo estrutural e pode ser classificada em natural ou modificada. Esse autor também designa escarpas para terrenos erosivos onde ocorrem depósitos artificiais, ele classifica em *Borda de escarpa feita pelo homem* e *Borda de escarpa em declive de terraço*. Deste modo, é possível identificar, ao analisar as diferentes representações de escarpa, que existem diversas classificações, as quais proporcionam simbologias com formas e cores diferentes. É perceptível a adoção de símbolos na cor preta para formas artificiais feitas e modificadas pelo ser humano.

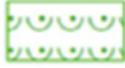
A figura 3 agrupou três formas distintas. O colúvio foi identificado em seis produtos cartográficos, o alúvio em cinco e o colos ou sela em três produtos. A terceira forma identificada nos trabalhos analisadas é o Colúvio, esse que, para Guerra e Guerra (2018) e Rossato *et al.*, (2008), geralmente é encontrado próximo as áreas de declive. Geralmente, constitui-se de materiais transportados, por efeito da gravidade, para as áreas com altitudes maiores e se deposita no sopé da vertente. O material coluvial depositado possui uma composição granulométrica heterogênea. Essa forma foi utilizada por seis autores, de modo geral, não se observa homogeneidade entre cores e estampas para os símbolos. Porém, Del Monte *et al.*, (2016); Cappadonia *et al.*, (2020); Faccini *et al.*, (2020) e Vergari *et al.*, (2020) possuem alguma semelhança.

A quarta forma encontrada comumente nos produtos cartográficos analisados é o Alúvio. Para Guerra e Guerra (2018) e Rossato *et al.*, (2008), essa forma de relevo é formada por sedimentos transportados e depositados pelos rios. Esse acúmulo de depósitos é compreendido como depósitos aluvionares, ainda segundo os autores, eles podem ser recentes e antigos, além de serem transportados e depositados a partir do processo fluvial.

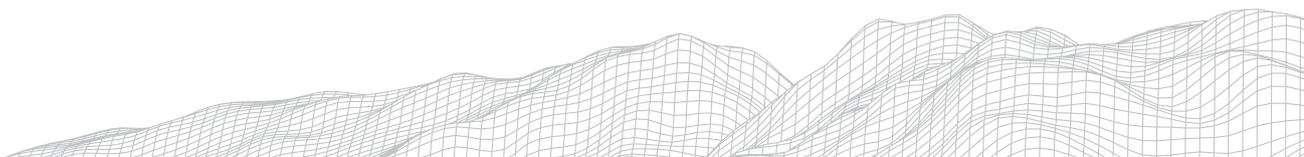
A forma de alúvio foi utilizada por cinco autores, pode-se visualizar na figura 3 a heterogeneidade na forma de representar essa forma. Del Monte *et al.*, (2016); Cappadonia *et al.*, (2020); e Roccatti *et al.*, (2020) classificam as formas. Del Monte *et al.*, (2016) apresenta a forma em processo inativo e modificado, Cappadonia *et al.*, (2020) classifica entre ativo e modificado. Roccatti *et al.*, (2020) utiliza como critério a declividade em sua classificação. Os demais autores utilizam polígonos para representação.

Para finalizar, a última forma corresponde ao Colos ou Sela, essa forma é compreendida por Guerra e Guerra (2018), por uma depressão na linha de crista. Essa forma foi identificada em três produtos cartográficos, eles estão classificados em formas naturais, sua simbologia está homogênea e ocorre apenas diferença entre os *designes* e as cores.



Legenda	Formas	Autores	
<b>Colúvio</b>			
Formas Fluviais naturais e modificadas <i>Forma de depósitos</i>		DEL MONTE et al., 2016	
Geomorfologia <i>Formas Fluviais</i>		CAPPADONIA et al., 2020	
Material Superficial		CHIRICO et al., 2020	
<i>Formas Fluviais e denudacionais</i>		FACCINI et al., 2020	
Litologia		FRODELLA et al., 2020	
Formas Fluviais naturais e modificadas <i>Forma de depósitos</i>		VERGARI et al., 2020	
<b>Alúvio</b>			
Formas Fluviais naturais e modificadas <i>Forma de depósitos</i>	Inativo	Modificado	DEL MONTE et al., 2016
			
Geomorfologia <i>Formas Fluviais</i>	Ativo	Modificado	CAPPADONIA et al., 2020
			
Material Superficial			CHIRICO et al., 2020
Litologia			FRODELLA et al., 2020
Características Fluviais	Declividade > 10%	Declividade 2 – 10%	ROCCATTI et al., 2020
			
<b>Sela ou Colos</b>			
Formas Naturais			LATOCHA, 2009
Formas estruturais naturais/modificadas			DEL MONTE et al., 2016
Geomorfologia			FRODELLA et al.,

**FIGURA 3:** Simbologias utilizadas para representar Colúvio, Alúvio e Colos.  
 Fonte: Org. Autores.



Como análise geral, observa-se que existe certa padronização em determinados temas gerais, como é o caso das formas fluviais associadas à hidrografia, que utilizam simbologias bastante semelhantes e com a mesma geometria de análise. Contudo, existem certos temas que, apesar de geometrias semelhantes, não apresentam padronização das formas, como é o caso das escarpas, que diferem bastante tanto nas representações, quanto nas cores e formas de representação.

### Considerações finais

Considera-se que a elaboração de um sistema de classificação do relevo brasileiro torne-se pertinente. Acredita-se que esse é um debate profundo, que não se esgota apenas em uma revisão bibliográfica e cartográfica de representação. É cada vez mais necessário inovar para novos sistemas de legendas, os quais se encontram disponíveis em *softwares* livres como, por exemplo, o *Quantum Gis*, isso acaba facilitando na elaboração de mapas geomorfológicos homogêneos. A cartografia geomorfológica em áreas urbanas deve avançar, pois torna-se cada vez mais necessários produtos cartográficos para auxiliar no planejamento ambiental e no ordenamento territorial das cidades brasileiras.

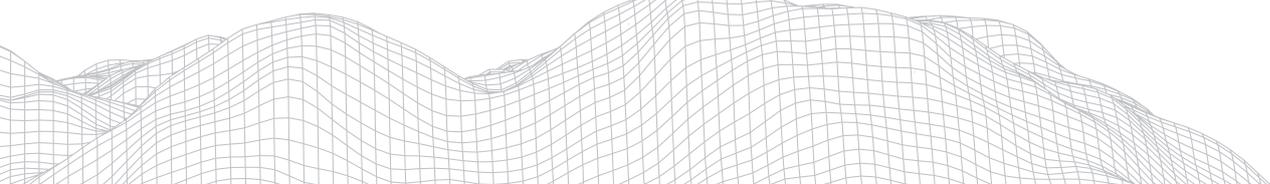
A representação cartográfica do relevo é um dos principais produtos da geomorfologia, desta forma, a preocupação deve atender não apenas ao sistema de classificação em si, mas também estabelecer diretrizes gerais de representação. A definição de legendas e padronização de simbologias de representação envolvendo símbolos, cores e geometrias é fundamental para que a cartografia geomorfológica tenha cada vez mais representatividade e estabeleça singularidades representativas das formas, possibilitando melhor aplicabilidade desses produtos por outros profissionais.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

### Referências

- BOTELHO, R. G. M.; PELECH, A. S. Do mapeamento geomorfológico do IBGE a um Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 1, p. 183-201, 2019.
- BRANDOLINI, P. *et al.* Anthropogenic landforms in an urbanized alluvialcoastal plain (Rapallo city, Italy). **Journal of Maps**, p.1-12, 2020.
- CAPPADONIA, C. *et al.* Geomorphology of the urban area of Palermo (Italy). **Journal of Maps**, v. 16, n. 2, p. 274-284, 2020.
- CHIRICO, P. G. *et al.* Geomorphological mapping and anthropogenic landform change in an urbanizing watershed using structure-from-motion photogrammetry and geospatial modeling techniques. **Journal of Maps**, 2020 p. 1- 12.
- DEL MONTE, M. *et al.* Geomorphological classification of urban landscapes: the case study of Rome (Italy). **Journal of Maps**, 2016, v. 12, n.1, p. 178-189.
- DEMEK, J. Generalization of Geomorphological Maps. In: **UGI, C. de géomorphologie appliquée** (Org.). Prog. made Geomorphol. mapping. Progrès la Cartogr. géomorphologique. Brno and Bratislava: [s.n.], 1967. p. 36-72.
- DEMEK, J. **Manual of Detailed Geomorphological Mapping** (for the International Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping). Prague: Czechoslovakia: Academia, 1972.
- DEMEK, J.; EMBLETON, C. **Guide to Medium-Scale Geomorphological Mapping**. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlags-



buchhandlung,1978

DAI F.C., LEE C.F. 2002. "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong",

Geomorphology 42, 213- 228

DEMEK, J. (ed.). 1972. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Prague, Czechoslovakia: Academia (for the International

Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping). 344. p.

DAI F.C., LEE C.F. 2002. "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong",

Geomorphology 42, 213- 228

DEMEK, J. (ed.). 1972. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Prague, Czechoslovakia: Academia (for the International

Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping). 344. p.

DAI F.C., LEE C.F. 2002. "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong",

Geomorphology 42, 213- 228

DEMEK, J. (ed.). 1972. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Prague, Czechoslovakia: Academia (for the International

Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping). 344. p.

DAI F.C., LEE C.F. 2002. "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong",

Geomorphology 42, 213- 228

DEMEK, J. (ed.). 1972. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Prague, Czechoslovakia: Academia (for the International

Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping). 344. p.

DAI F.C., LEE C.F. 2002. "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong",

Geomorphology 42, 213- 228

DEMEK, J. (ed.). 1972. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Prague, Czechoslovakia: Academia (for the International

Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping). 344. p.

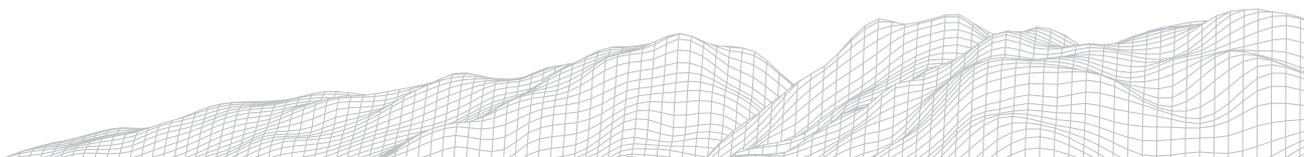
DAI F.C., LEE C.F. 2002. "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong",

Geomorphology 42, 213- 228

DEMEK, J. (ed.). 1972. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Prague, Czechoslovakia: Academia (for the International

Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping). 344. p.

DAI F.C., LEE C.F. 2002. "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong",



Geomorphology 42, 213- 228

DEMEK, J. (ed.). 1972. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Prague, Czechoslovakia: Academia (for the International

Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping). 344. p.

DAI F.C., LEE C.F. 2002. "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong",

Geomorphology 42, 213- 228

DEMEK, J. (ed.). 1972. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Prague, Czechoslovakia: Academia (for the International

Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping). 344. p.

FACCINI, F. *et al.* Urban geomorphology of Genoa old city (Italy), **Journal of Maps**, 2020, p.1-14.

FRODELLA, W. *et al.* Hydrography and geomorphology of Antananarivo High City (Madagascar). **Journal of Maps**, p. 1 -12, 2020.

GERASIMOV, J. Problemas Metodologicos de la Ecologizacion de la Ciência Contemporânea, in **La Sociedad y el Medio Natural**. Moscou: Editorial Progreso, 1980.

GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

GUSTAVSSON, M.; KOLSTRUP, E.; SEIJMONSBERGEN, A. C. A new symbol-and-GIS- based detailed geomorphological mapping system: renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. **Geomorphology**, 77, p. 90-111, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Manual Técnico de Geomorfologia**. Segunda edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

LATOCHA, A. The Geomorphological Map as a Tool for Assessing Human Impact on Landforms. **Journal of Maps**, 2009, v. 5, n.1, p.103-107.

MANDARINO, A.*et al.* Anthropogenic landforms and geo-hydrological hazards of the Bisagno Stream catchment (Liguria, Italy). **Journal of Maps**, v. 14, n. 1, p. 118 -131, 2021.

MANDARINO, A.*et al.* Urban geomorphology of a historical city straddling the Tanaro River (Alessandria, NW Italy). **Journal of Maps**, p. 1 -13, 2020.

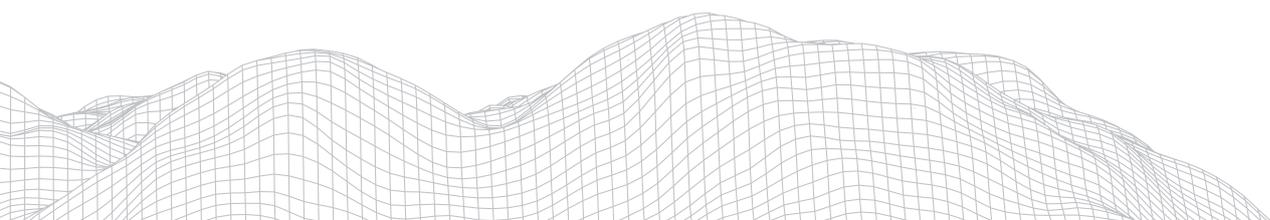
MEŠČERJAKOV, J. P. Les concepts de morphostructure et de morphosculpture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Géographie**, 1968, n. 423, p. 539-552.

NUNES, B.A. *et al.* (coord.). **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1995.

OTTO, J. C.; GUSTAVSSON, M.; GEILHAUSEN, M. Cartography: design, symbolization and visualization of geomorphological maps. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. S. (Ed.). **Geomorphological mapping: methods and applications**. Amsterdam: Elsevier, 2011. p. 253-295.

PELECH, A.S. *et al.* Considerações sobre o mapeamento geomorfológico do território brasileiro: algumas abordagens na representação regional. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.20, n.3, p. 681-690, 2019.

PELFINI, M. *et al.* Pavia civitas gloriosa: urban geomorphology for a thematic itinerary on geocultural heritage in Pavia (Central Po Plain, N Italy). **Journal of Maps**, 2020 p.1 -9.



PENCK, W. **Morphological analysis of land forms: a contribution to physical geology**; tradução de Hella Czech. e Catherine C. Boswell. London: Macmillan, 1953.

ROCCATI, A. *et al.* Large-scale geomorphology of the Entella River floodplain (Italy) for coastal urban áreas management. **Journal of Maps**, p. 1 -15, 2020.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo, 9ª ed. Editora Contexto, 2017.

ROSS, J.L.S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevô. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, p.17-29, 1992.

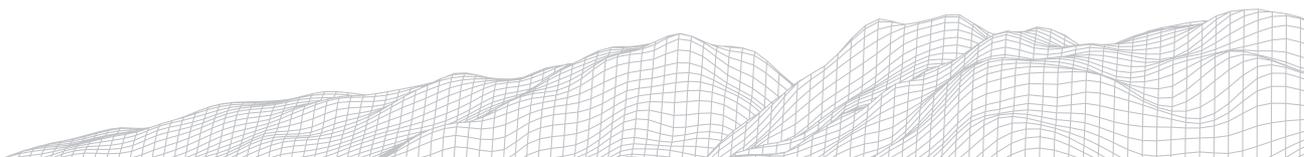
SUERTEGARAY, D. M. A (Org.). **Terra: Feições Ilustradas**. 3ª ed. Porto Alegre: Editora UFRGS. 2008

TRICART, J.; CAILLEUX, A. **Introduction à la Géomorphologie Climatique**. Paris, Sedes, 1965.

TRICART, J. **Principes et methodes de la geomorphologie**. Paris, Masson, 1965.

VERGARI, F. *et al.* Geomorphology of the historic centre of the Urbs (Rome, Italy). **Journal of Maps**, p. 1 -12, 2020

VERSTAPPEN, H.T.; ZUIDAM, R.A. ITC Textbook of Photo-Interpretation, VII: 2-ITC System of Geomorphological Survey. 1968.



# CLIMA URBANO E EPISÓDIOS PLUVIOMÉTRICOS CONCENTRADOS: ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE MOVIMENTOS DE MASSA EM DIFERENTES UNIDADES DE USO DOS SOLOS NO BAIRRO CAJAZEIRAS, SALVADOR (BA)

*Marijane Santana Silva de Jesus*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V

Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:

44.570-000

E-mail: [marijane.1129@gmail.com](mailto:marijane.1129@gmail.com)

*Eulálio Almeida Santos Filho*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V

Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:

44.570-000

E-mail: [eulaliouneb@gmail.com](mailto:eulaliouneb@gmail.com)

*André Luiz Dantas Estevam*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V

Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:

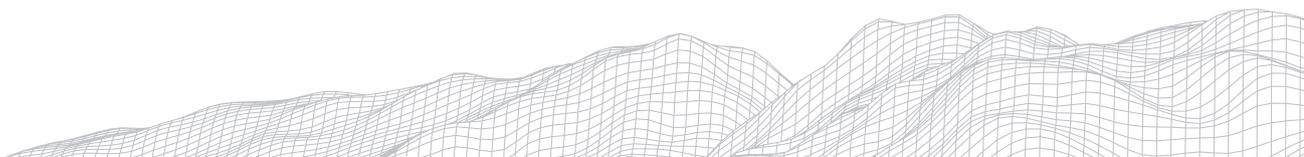
44.570-000

E-mail: [alestevam@uneb.br](mailto:alestevam@uneb.br)

### Resumo

O objetivo desta pesquisa é analisar os fatores causadores dos movimentos de massa. Assim como suas correlações com a intensidade das precipitações e os usos dos solos no bairro de Cajazeiras na cidade de Salvador. A investigação iniciou-se com a revisão da literatura e documental. Posteriormente, foram realizados trabalhos de campo para analisar a problemática dos movimentos de massa nas encostas do bairro. Foi gerado o Mapa de Uso dos Solos a partir do aplicativo Arcview 9.0 com a utilização de imagens Google Heart Pro. A análise do Mapa de Uso dos Solos permitiu a produção de informações relevantes ao planejamento da ocupação das encostas com medidas preventivas e de mitigação das causas e consequências dos movimentos de massa no bairro. Com o emprego do método Sistema Clima Urbano, associou-se os episódios pluviométricos - para o período de 1998 à 2018 - às interferências antropogênicas e ocorrência dos movimentos de massa (MONTEIRO, 1976).

**Palavras chaves:** Movimentos de Massa; Solos; Encostas; Sistema de Clima Urbano.



## 1. Introdução

Movimento de massa é o termo usado para descrever processos relacionados ao deslocamento descendente de solos e rochas nas encostas, induzidos pelo campo de estresse gravitacional (Mendonça, 1994). Deslizamentos e processos relacionados se integram aos movimentos de massa. Pode-se dizer que deslizamentos de terra constituem um dos processos mais importantes associados à dinâmica superficial no território brasileiro (GUERRA, 2011).

Movimentos de massa podem ocorrer em processos episódicos de deslizamentos como movimentação coletiva das partículas do solo. Eles consistem em movimentos de descida de solos e rochas sob o efeito da gravidade, geralmente potencializados pela hidrodinâmica em meios porosos do solo com saturação e consequente aumento de peso da massa do solo. Em virtude das construções indevidas ao longo das encostas, observou-se em Salvador inúmeras ocorrências decorrentes de construções mal planejadas e sem acompanhamento técnico (ESTEVAM, 2018).

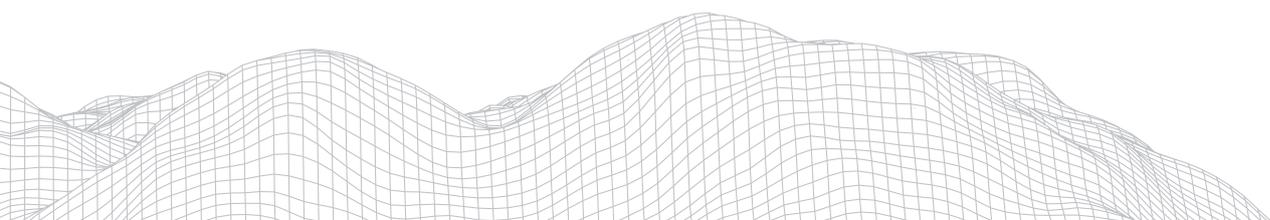
A abordagem geográfica resultante dos estudos da Climatologia Geográfica e, particularmente, na análise de impactos de tempestades em áreas urbanas tem seu conceito teoricamente baseado em estudos de Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, tanto em relação ao paradigma da análise de ritmo quanto à abordagem sistêmica com que trata com o clima urbano (Monteiro, 1976). Os impactos das chuvas concentradas e suas repercussões espaciais na cidade de Salvador foram analisados a partir do método conceitual do Urban Climate System (SCU).

A complexidade das tensões entre atividades antropogênicas e ocupação em espaços urbanos e periurbanos os desenvolve de maneira indisciplinada, como respostas ambientais em magnitudes altas e rápidas. O processo de urbanização é bastante significativo em termos de mudanças climáticas em escala local. De acordo com Gonçalves (2003), o Brasil contém mudanças significativas desencadeadas pelas atividades humanas e suas consequências na natureza climática: fenômenos relacionados a mudanças bruscas de temperatura, como geadas nas regiões Sul e Sudeste, trazem efeitos altamente negativos à economia agrícola, enquanto aqueles ligados a flutuações da água, isto é, episódios extremos de chuva negativos e positivos (secas e inundações) são os mais significativos e são os fatores que induzem o caos econômico e social em ambientes urbanos e rurais.

O clima urbano é, portanto, o resultado da interferência de todos os fatores que atuam na atmosfera urbana e na mudança do clima local. Os efeitos mais diretos dessa mudança são percebidos pela população por meio de manifestações relacionadas ao conforto térmico, qualidade do ar e impactos das chuvas, capazes de perturbar a vida social e comprometer a qualidade de vida dos habitantes (MONTEIRO, 1976).

Diante desse posicionamento do ponto de vista da escala, o clima urbano também recebe influências dos sistemas atmosféricos superiores (zonal e regional), o que permite sua subdivisão em mesoclima, topo-clima e microclima, de acordo com as diferentes características da atmosfera urbana local. Segundo Andrade (2005), o mesoclima corresponde à influência integrada da cidade, ou seja, de tamanho aproximado ou maior que o da própria cidade, como os sistemas de brisa, as barreiras topográficas. Enquanto o microclima reflete a influência de elementos urbanos e seus arranjos mais elementares, como edifícios e suas partes constituintes, ruas, praças, pequenos jardins.

Assim, a ação climática no espaço urbano pode ser tão específica quanto à complexidade desses espaços, da maneira que unidades diferenciadas de paisagem dentro de uma mesma cidade, têm o potencial de gerar diferentes análises térmicas e atmosféricas, além de longas distâncias significativas.



O SCU é considerada um sistema aberto devido à intensa troca de matéria e energia entre os ambientes urbanos e o ambiente em que estão inseridos. Embora não exista um sistema fechado, no sentido exato do termo, alguns autores consideraram-no como um que possui uma pequena troca com o meio ambiente. Os sistemas abertos, por outro lado, não podem viver isolados, mantêm-se através de um fluxo contínuo de entradas e saídas, nunca estando em perfeito estado de equilíbrio. E sistemas fechados são aqueles em que o estado é determinado sem ambiguidade pelas condições iniciais. Todas as observações climáticas dos fatos na cidade são transformações consideráveis, das quais a ilha de calor e poluição do ar são as declarações mais eloquentes (MONTEIRO, 2003).

Constitucionalmente (art. 30), o uso e ocupação da terra urbana são atribuições dos municípios. A Lei 6.766 / 1979 tem como objetivo prevenir ou disciplinar a subdivisão de terras em áreas inadequadas para ocupação humana, especialmente quando esse tipo de ocupação apresenta riscos à segurança da população ou à preservação ambiental, como áreas úmidas e inundações, áreas onde as condições geológicas não são propícias a construção.

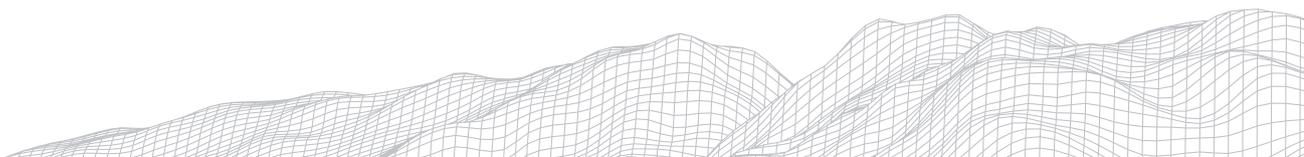
A cidade de Salvador, capital do estado da Bahia segundo o IBGE (2018), possui uma população de 2.857.329 milhões de habitantes, é a terceira cidade mais populosa do país. Sua região metropolitana ocupa o sexto lugar em relação às demais. A maioria de sua população ainda vive em situação de pobreza, e as condições de infraestrutura, especialmente o saneamento básico, são deficientes, com reflexões sensíveis sobre a qualidade ambiental.

O bairro de Cajazeiras foi fundado em 1985 e possui 670.000 habitantes, divididos nas seguintes localidades: Cajazeiras I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, VIII, X e XI. O bairro é administrado pela Prefeitura SIGA-XIV. Constitui num dos poucos bairros de Salvador que ainda apresentam coberturas de Floresta Ombrófilas em seu território. Porém, o desmatamento para ampliação das construções e dos sistemas viários vem aumentando significativamente no bairro. Essas intervenções de engenharia estão produzindo sobre as encostas pressão ocupacional.

Este artigo tem como objetivo analisar os fenômenos deflagradores dos movimentos de massa no bairro Cajazeiras, localizado no miolo urbano da cidade de Salvador. A partir da análise do uso dos solos e observações de campo com a produção do Mapa de Usos e Ocupações do Solos. Analisou-se, também a distribuição e volume das precipitações e suas contribuições para ocorrência dos fenômenos de movimentos de massa em bairros monitorados pela Defesa Civil de Salvador.

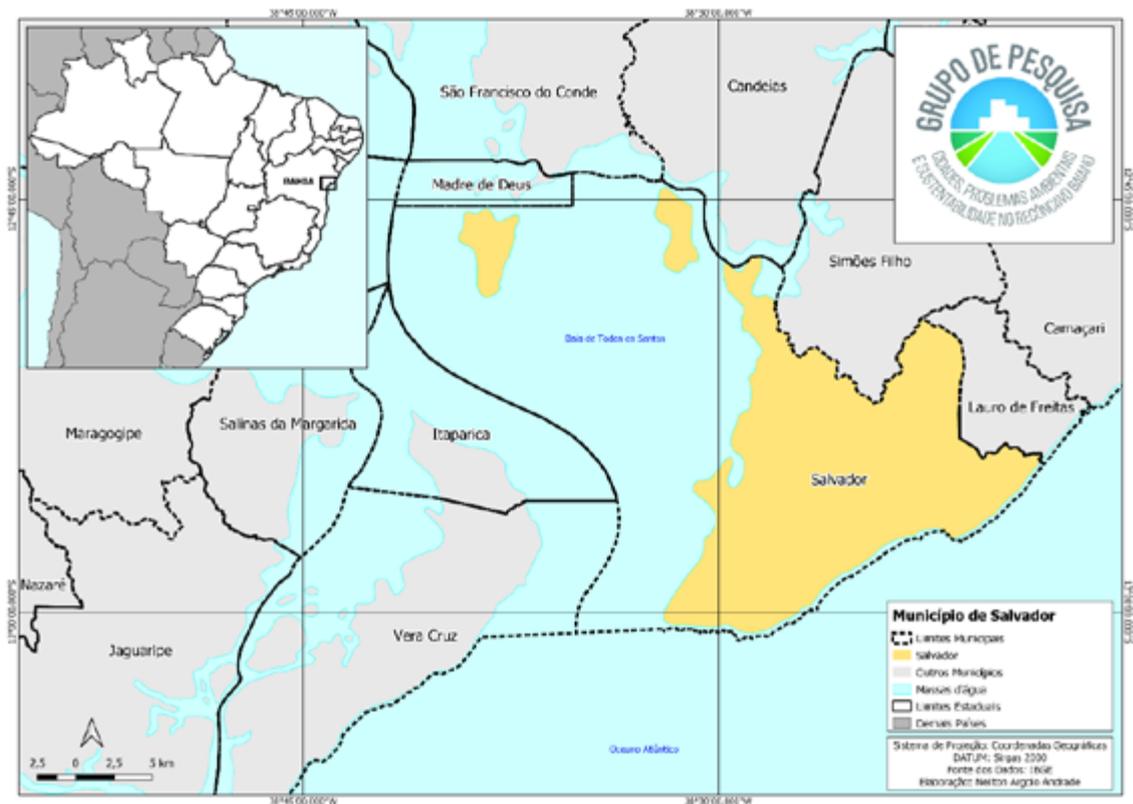
## 2. Área de estudo

A cidade de Salvador está localizada ao longo da região do Recôncavo Baiano, mais precisamente a latitude  $-12^{\circ}58'16''$  sul e longitude  $38^{\circ}30'39''$  oeste. Possui uma área territorial de 700 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 2.857.329 milhões de habitantes, (IBGE, 2018). Seu litoral está voltado para o Oceano Atlântico, onde a porção leste do continente está localizada na Baía de Todos os Santos. O município faz fronteira com Lauro de Freitas, Camaçari e Simões Filho, que abrangem a região metropolitana de Salvador, conforme a Figura 1.



**FIGURA 1.** Mapa de localização da cidade de Salvador.

Fonte: Grupo de Pesquisa Cidades Problemas Ambientais e Sustentabilidade (CIPAS), 2019.



### 2.1 Características geoambientais

A tipologia topográfica da cidade de Salvador contém relevos com altitudes modestas, características morfológicas de baixo platô, dissecados em espigões por uma rede de drenagem dendrítica, com fundo de vale estreito ou plano, e zona intermediária de morros com formas diferentes e uma planície. Litoral de largura variável. Sua característica estrutural é caracterizada pela grande falha de Salvador, cuja escarpa abrupta separa a cidade em dois planos altimétricos (a cidade alta e a cidade baixa).

A cidade de Salvador é caracterizada por um clima de floresta tropical com chuvas elevadas e concentradas na quadra chuvosa (abril a julho) de forte influência dos sistemas de brisas e das massas de ar geradas no quadrante sul do Oceano Atlântico. Na cidade as precipitações podem atingir um índice anual de 2.126,1mm. No entanto, por vezes os eventos pluviométricos tornam-se representativos em pequeno intervalo de tempo.

Conforme CODESAL (2019), as precipitações em Salvador, no período entre março à junho ocorrem devido à diversos sistemas meteorológicos como os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Distúrbio de Leste (DOL), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), Sistemas Frontais (frentes frias), e sistemas de brisas (marítima e terrestre) e ventos úmidos vindos do Oceano Atlântico. O total médio pluviométrico para o período é de 1.064,9mm. Esses sistemas meteorológicos produzem efeitos importantes na produção de episódios concentrados de precipitações responsáveis pelas ocorrências dos movimentos de massa na cidade.

### 3. Metodologia

A primeira fase constituiu-se na análise crítica da literatura sobre o tema com referências para artigos científicos, teses e dissertações. Foram analisadas as concepções do método Sistema Clima Urbano. Foram utilizados arquivos de mídia, com o objetivo de destacar as ocorrências dos fatos estudados. Foram estudados os relatórios técnicos produzidos pela Defesa Civil de Salvador, nos quais foram avaliados a quantidade de registros de chamadas para inspeções e avaliações de encostas e imóveis nas áreas de risco de deslizamentos.

Na segunda etapa, foi realizada sequência de seis trabalhos de campo para análise in locus das encostas mais susceptíveis aos movimentos de massa e organização das unidades de mapeamento do Mapa de Uso e Ocupação dos Solos. Nesta fase, ainda foram realizadas observações com tomadas de fotografias e discussões conjuntas em diversas zonas que compõem o bairro. Posteriormente foi realizado o mapeamento das unidades de usos dos solos do bairro Cajazeiras, utilizando-se imagens Landsat-8 datadas de 10 de fevereiro de 2018 adquiridas via download no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Para confecção do Mapa de Uso e Ocupação dos Solos foi realizada como metodologia de base a análise visual das imagens Landsat-8 na escala de 1.2000. A partir das observações foram identificadas e caracterizadas seis unidades de usos distribuídas na área investigada. As características dessas zonas foram definidas a partir das observações de campo apoiadas nas informações obtidas pelo Relatório de Uso e Ocupação do Solo em Salvador, SEDHAM (2009). A partir da produção do referido mapa em ambiente computacional do Arcview 9.1 foi possível correlacionar as unidades mapeadas com as principais características das áreas de risco aos movimentos de massa identificadas no bairro.

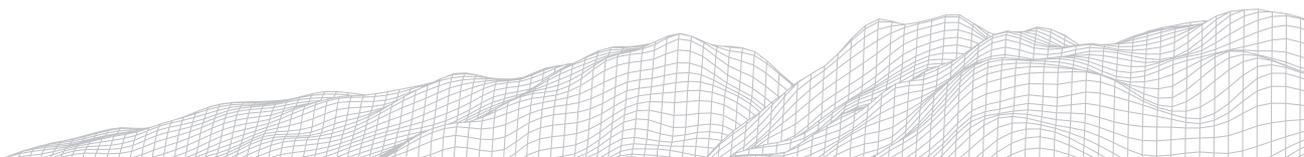
A terceira fase, correspondeu à análise temporal das precipitações. Foram utilizados dados pluviométricos do Centro de Previsão Meteorológica e Estudos do Clima, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Instituto Nacional de Meteorologia e dados dos pluviômetros automáticos do CEMADEM em diversas localidades na cidade. Foram obtidos os valores mensais, dos volumes de chuvas entre os anos de 1998 a 2018. Avaliou-se a intensidade das precipitações e sua correlação com a produção das condições favoráveis aos movimentos de massa com destaque para o ano de maior número de ocorrências de movimentos de massa e atendimentos gerais à comunidades pela Defesa Civil de Salvador no ano de 2015.

### 4. Resultados

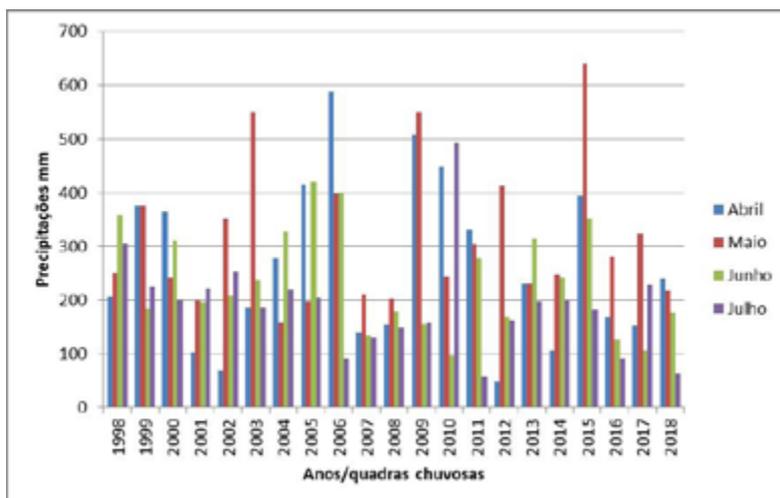
Ao analisar a situação urbana e a fragilidade ambiental no bairro Cajazeiras, foram diagnosticados vários fatores que induzem a produção de eventos de movimentação do solo nas suas encostas. Dentre eles destacaram-se os episódios pluviométricos concentrados em Salvador e os usos dos solos no bairro Cajazeiras.

#### 4.1 Episódios pluviométricos concentrados em Salvador

Para entender os movimentos de massa na cidade de Salvador, foram analisados sistematicamente os episódios de precipitação e seu contexto espaço temporal. Observou-se, que as precipitações na cidade ocorrem com maior intensidade no período de abril a julho, como está indicado na Figura 2. Ao analisar a sequência anual de 1998 à 2018 percebeu-se nitidamente a predominância dessas quadras chuvosas. As precipitações foram muito intensas nas quadras dos anos de 2015, 2009, 2006 e 2003. No ano de 2015 a partir do mês de abril choveu diariamente em Salvador. Na referida quadra chuvosa foi bastante acentuada a participação dos sistemas atmosféricos já citados. Os índices pluviométricos



acumulados superaram as médias climatológicas respectivamente em 27,3%, 77,5%, 45% e 5% (CODESAL, 2015).



**FIGURA 2:** Intensidade de precipitação da cidade de Salvador entre os meses de Abril a julho.

**Fonte:** INMET (2019)

O mês de maio no ano de 2015 correspondeu ao período de precipitações acima da normal climatológica mais significativas para Salvador na sequência de anos estudada. Para este mês obteve-se o acumulado de precipitações na ordem de 639,0mm segundo o INMET, superou em 77,5% a média climatológica do referido mês que foi de 359,9 mm. Neste ano o volume total das chuvas superou em 158,5% o acumulado do ano de 2014 que foi de 247,2mm.

Ainda no mês de maio particularmente no dia 08 a cidade foi afetada por fortes rajadas de ventos com velocidades de até 47km/h e precipitações de forte intensidade produzindo acumulados de 94,6mm em 24 horas no bairro de Ondina (orla marítima). No período entre os dias 09 e 10 em diversas localidades da cidade nos pluviômetros automáticos do CEMADEN foram identificados índices muito elevados, destacaram-se os bairros do Alto Peru (250,9mm), Dois de Julho (232,0mm) e no bairro de Brotas (230,2mm). Observou-se que tais valores corresponderam à 69,7%, 64,5% e 64,0% da média prevista para o mês de maio.

#### QUADRO 1

Relação entre médias climatológicas, acumulados mensais/ocorrências devido às precipitações intensas em Salvador no ano de 2015.

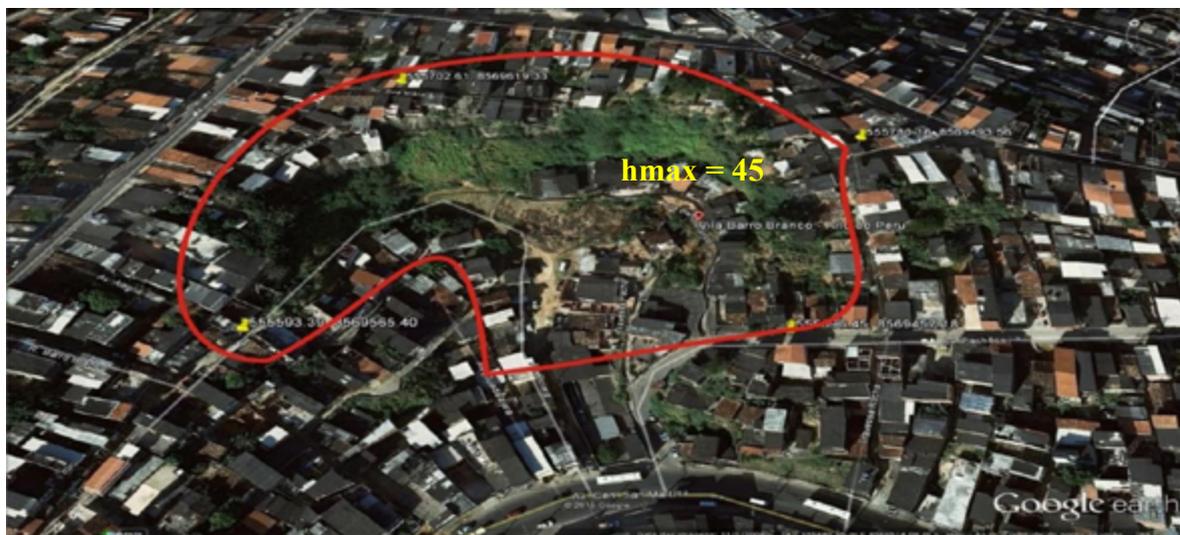
MÊS	Índice Pluviométrico (mm)	Dados Registrados 2015							
		Solicitações Registradas	Vitorias Realizadas	Famílias Cadastradas	Vítimas		LONA (m2) Feridas	Beneficiados	
					Acumulado Mensal (INMET)	Fatais			
<b>Abril</b>	309,7	394,2	2.505	1.371	436	15	9	73.398	632
<b>Maio</b>	359,9	639,0	8.336	5.104	2.607	6	10	182.546	1.352
<b>Junho</b>	243,7	352,4	2.761	4.551	1.916	1	1	47.280	391
<b>Julho</b>	175,0	184,0	1.604	1.604	1.306	0	2	27.134	208

<b>Total</b>	<b>1.088,3</b>	<b>1.569,6</b>	<b>15.206</b>	<b>12.636</b>	<b>6.265</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>330.358</b>	<b>2.583</b>
--------------	----------------	----------------	---------------	---------------	--------------	-----------	-----------	----------------	--------------

Fonte: Defesa Civil (CODESAL). 2015.

A partir da análise da Quadro 1 observou-se que no ano de 2015 os dados de média climatológica (359,9mm) e acumulado mensal (639,0mm) foram mais significativos para o mês de maio. A partir dos dados captados na plataforma digital da CODESAL (2016), observou-se que neste mês foram realizados o maior número de registros de solicitações de atendimentos aos bairros da cidade devido à quedas de muros, quedas de árvores e movimentos de massa nas encostas (4.423), ameaças de desabamentos de residenciais (4.120), no total foram observados 15.206. Foi identificado também, maior número de vistorias (12.636). Foi registrado grande número de vítimas fatais (22) e feridas (22), maior número de recobrimento de encostas através de lonas plásticas (330.358 m<sup>2</sup>). A CODESAL atendeu no período o número de 2.583 pessoas. Neste sentido, na sequência de 1998 à 2018 a quadra chuvosa do ano de 2015 destacou-se como período de maior ocorrência de movimentos de massa nas encostas e incidentes associados às precipitações intensas em Salvador.

Um dos movimentos de massa catastróficos foi registrado pela Defesa Civil de Salvador no dia 25 de abril de 2015. Resultou em inúmeros desabamentos de imóveis, pessoas soterradas, vítimas fatais, além de vários desabrigados e desalojados. Destaca-se como causas deste evento o episódio pluviométrico intenso no período, além da ocupação mal planejada na encosta, edificações sem aporte técnico e a instabilidade da encosta desencadeada por problemas na rede de abastecimento, esgotamento sanitário e na drenagem pluvial da área (Figuras 3 e Figura 4).



**FIGURA 3:** Imagem Google Earth de área afetada por movimento de massa no bairro Barro Branco no dia 27 de abril.

Fonte: CODESAL (2015).



**FIGURA 4:** Movimento de massa no bairro Barro Branco. Encosta com 45 metros de altura.  
**Fonte:** Defesa Civil, (2015).

#### *4.2 Uso e ocupação dos solos no bairro Cajazeiras*

No ano de 2015 não ocorreram movimentos de massas no bairro de Cajazeiras. Apesar do caos urbano instalado na cidade devido ao elevado volume das chuvas, este bairro registrou apenas 01 acidente marcado por desabamento de muro que atingiu cinco veículos ocorrido na Rua Walfrido Morais - Cajazeira V.

A situação de menor gravidade nesta localidade é observada pela extensa área de encostas ocupadas pela floresta ombrófila densa e as ocupações em menor intensidade ao longo das encostas. Tais características podem ser identificadas ao analisar as unidades de uso apontadas na Figura 6 que representa o Mapa de Uso e Ocupação dos Solos do bairro Cajazeiras.

*Unidade I: Área ocupada pela Mata Atlântica: Floresta Ombrófila Densa em Estágio Inicial* (Figura 6) - Foram identificadas áreas compostas de fragmentos florestais dispersos no topo das colinas, encostas e áreas planas do bairro Cajazeiras. São árvores grandes com folhas sempre verdes em diversos estratos de árvores. O estrato superior possui árvores com alturas que variam de 20 a 30 m, com algumas atingindo cerca de 40 m.

Correspondem às áreas com densa cobertura vegetal, com árvores de diferentes tamanhos e alta massa de folhagem. Nessas áreas, os solos são estabilizados. Não há sinais de cicatrizes de movimento ou formas erosivas, como barrancos ou ravinas. Os solos são protegidos pela densa cobertura da folhagem contra os efeitos das gotas de chuva que espirram no solo.

A dinâmica da água nessas zonas é marcada por infiltração lenta devido à cobertura das folhas sobre os solos que atenuam a percolação rápida. Nesse contexto, os solos não apresentam ganho de peso nem saturação de micro e macroporos. A ramificação profunda das raízes garante estabilidade ao manto do solo, impossibilitando a migração de partículas. Solos, mesmo com declives acima de 30%, são estabilizados.

Como essas zonas não sofrem os efeitos de construção irregular e ocupação mal planejada. A cobertura vegetal natural ainda prevalece, garantindo às encostas a estabilidade morfogenética dos solos.

*Unidade II: Área ocupada por floresta ombrófila densa de estágio médio* (Figura 6) - Essas áreas apresentam fisionomia arbórea e/ou arbustiva predominando sobre o herbáceo. Detém árvores com altura média de 5 a 12 metros. A cobertura arbórea é aberta a fechada, com eventual ocorrência de indivíduos emergentes, ou seja, àqueles cuja altura se sobrepõe ao dossel da formação das plantas. Esta formação tem sub-história onde o desenvolvimento das mudas pode ser verificado. No terreno, pode-se notar a presença de lixo lançado pela comunidade. No entanto, já existem sinais de impactos antropogênicos com zonas de desmatamento e exposição do solo e coberturas esparsas de plantações de bananeiras. Nessas zonas foram identificados plantios de banana das variedades *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*. As vertentes localizadas nessas áreas estão propensas à movimentos incipientes de massa do solo, vale salientar a relevância morfogenética das bananeiras como plantas que absorvem elevado volume de água.

*Unidade III: Áreas ocupadas por campos antrópicos* (Figura 6) - Constituem ecossistemas seminaturais com forte influência antrópica. São originários das áreas desmatadas. A vegetação herbácea ocorre entre árvores, arbustos nativos ou exóticos plantados, distribuídos de forma espaçada. Constituem em áreas de regeneração natural após sucessão florestal.

As plantações de bananeiras foram identificadas com a incursão de construções irregulares. São observadas moradias e pequenos desmatamentos que promovem o aparecimento de parcelas de solo exposto em áreas de alta inclinação. Eles correspondem às zonas nos estágios iniciais de instabilidade que podem afetar num futuro próximo o movimento do solo processado nas encostas. Constituem zonas com parcelas de solo expostas maiores que a unidade anterior. As plantações de banana são mais numerosas e as construções de moradias são mais visíveis. As perdas de partículas do solo e os processos morfogenéticos ocasionados pelo escoamento superficial e do efeito de salpicamento do solo são mais intensos nessas zonas.

*Unidade IV: Áreas ocupadas por solo exposto* (Figura 6) - Áreas total ou parcialmente desprovidas de cobertura vegetal, identificadas no topo de colinas e encostas. Estradas sem asfalto ou calçadas com exposição de solo vermelho e amarelo. Áreas de encostas ou fundos de vale com a manipulação por processo de terraplanagem (encostas recortadas para construção ou expansão de avenidas). Áreas destinadas a várias invasões com moradias em encostas desmatadas como pode ser observado nas Figuras 4 e 5.



Essa unidade possui elevado risco aos movimentos de massa compreendem as encostas íngremes com extensas parcelas de solo exposto. Áreas sujeitas a forte impacto da energia cinética promovida pelo salpicamento de gotas de chuva no solo. Zonas altamente vulneráveis aos movimentos coletivos das partículas do solo.

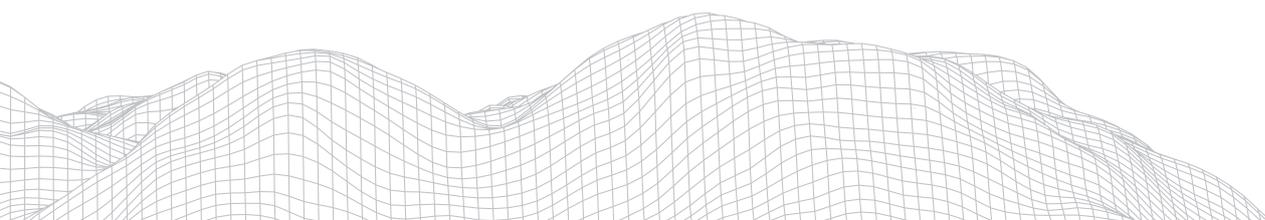
**FIGURA 4:** Imagem de solo exposto no bairro de Cajazeira, Salvador.  
Fonte: Grupo de Pesquisa CIPAS/RB. 2015.

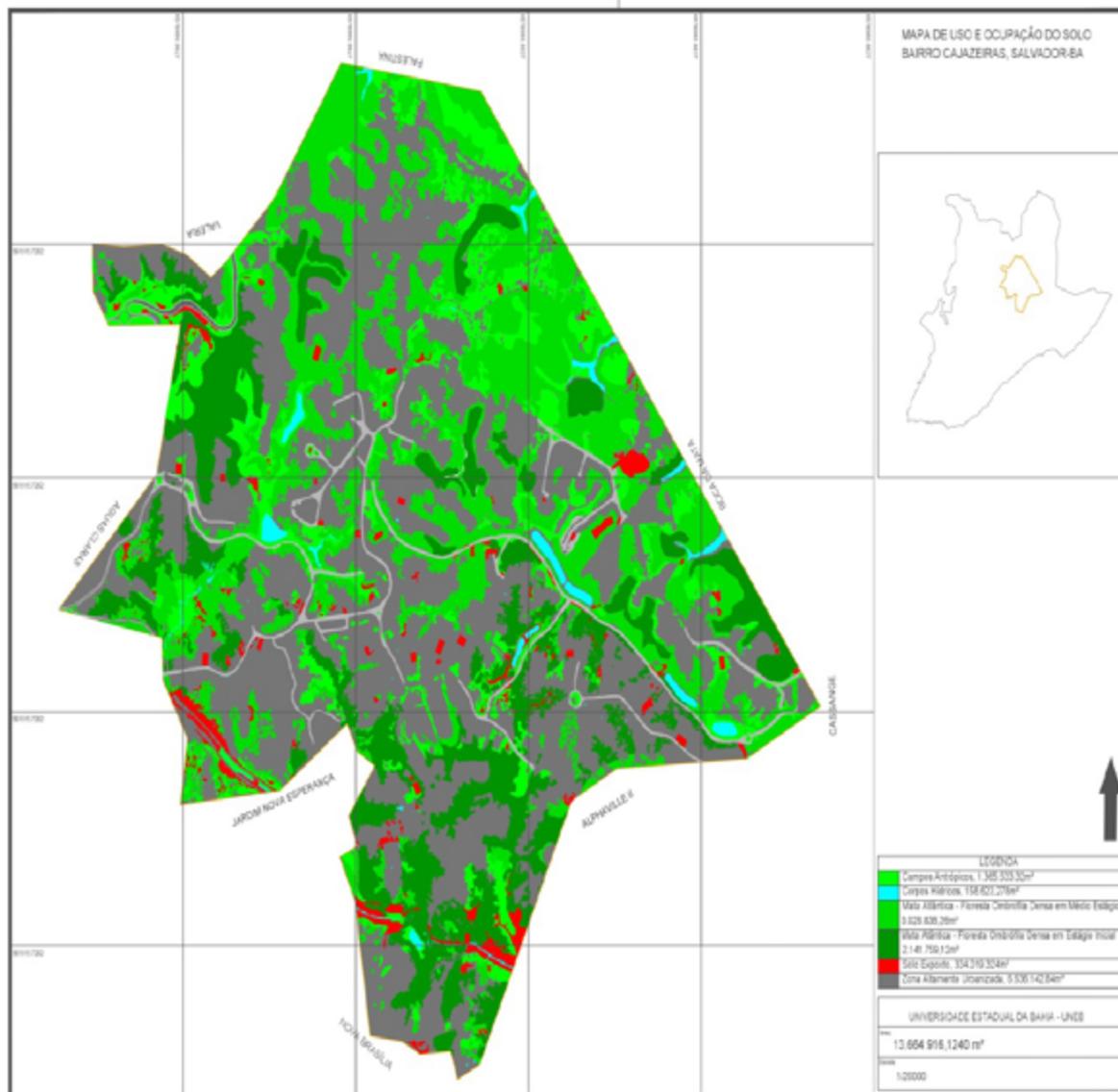


**FIGURA 5:** Encosta com desmatamento para exploração de solo para construção civil. Exposição de tubulação de águas servidas e exposição dos solos à deslizamentos com risco moradias adjacentes.  
Fonte: Grupo de Pesquisa CIPAS/RB. 2015.

*Unidade V: Áreas ocupadas por corpos hídricos* (Figura 6) - Unidade de mapeamento composta pela rede hidrográfica com forte processo de canalização. Elas compreendem águas urbanas altamente degradadas devido à descarga indiscriminada de efluentes líquidos. Lagoas de acúmulo de efluentes líquidos infestados por *macrófitas*. Foram identificados no bairro Cajazeiras lagoas de liberação e acúmulo de efluentes líquidos. Correspondem a lagoas desprotegidas de vegetação e delimitadas por plantios herbáceos. Essas lagoas mantêm a maior parte de suas margens desmatadas com o solo exposto. Estas não são áreas sujeitas a movimentos de massa porque estão localizadas no fundo do vale abaixo do nível topográfico das ruas, avenidas comerciais e habitacionais do bairro.

*Unidade VI: Áreas ocupadas por zona altamente urbanizada* - De acordo com o Mapa de Uso e Ocupação dos Solos observado na (Figura 6), observa-se a área ocupada em grande parte pela rede urbana, por residências localizadas em prédios, habitações e ruas que se estendem ao longo das encostas e topos das colinas. Estradas que ligam ruas e avenidas. Áreas de expansão da construção. Escadas nas encostas que conectam as áreas superiores às áreas do fundo do vale. Viadutos de concreto e asfalto. Mesmo com impermeabilização dos solos nessas superfícies, ainda podem ser observados quedas de muros e de residências devido aos movimentos de massa de partículas ao longo das encostas devido às construções mal planejadas.





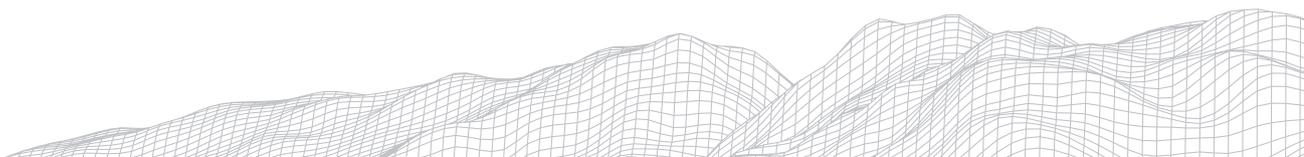
**FIGURA 6:** Mapa de uso e ocupação do solo do bairro de Cajazeira na cidade Salvador.  
Fonte: Grupo de Pesquisa CIPAS/RB. 2020.

No bairro Cajazeiras foram identificadas condições favoráveis aos movimentos de massa porém, esses fenômenos ainda não estão ocorrendo nas encostas do bairro. Credita-se ao fato de que as encostas detêm ainda certo grau de estabilização devido a existência de cobertura vegetal em boa parte das unidades de uso identificadas. Outro fator importante é a ocupação que ainda não atingiu adensamento capaz de impulsionar movimentos de massa de elevada magnitude.

### 5. Considerações finais

Durante a pesquisa, foi possível perceber que fenômenos estudados como movimento de massa, escorregões, escorregamentos, queda de barreira entre outros fazem parte do processo de evolução do relevo local e são aplicados dependendo da existência de um conjunto de condições desencadeadoras como declividade, altitude, litologia, pedologia e principalmente chuvas recorrentes no período outono e inverno.

O bairro de Cajazeiras cobre uma área total de 136.649.161 m<sup>2</sup>, com campos antropogênicos de 13.6553 km<sup>2</sup>, com corpos de água correspondentes a 1.582 km<sup>2</sup>,



floresta tropical ombrófila de 21.4176 km<sup>2</sup>, solo exposto com 3.3402 km<sup>2</sup> e uma área altamente urbanizada com 66.3614 km<sup>2</sup>. Conforme pode ser observado na Figura 6. Nessa perspectiva, é oportuno destacar o problema causado pela urbanização e apropriação de locais inadequados para a construção de moradias. Elementos que vem transformando o clima local. Esta situação é notável na zona altamente urbanizada (Unidade VI), nos campos antrópicos (Unidade III) e nas áreas correspondentes aos solos expostos (Unidade IV). Essas áreas são notadamente dominadas pela remoção das florestas ativas, deixando o solo suscetível ao movimento e à saturação de partículas durante a precipitação.

Em alguns casos, a remoção da vegetação causa a desestabilização da encosta que começa a sofrer deslizamentos de terra. Em outros, mesmo com vegetação conservada, esses movimentos ocorrem, transformando as áreas em zonas de risco que não poderiam ser ocupadas pela população sem autorização prévia da Defesa Civil de Salvador.

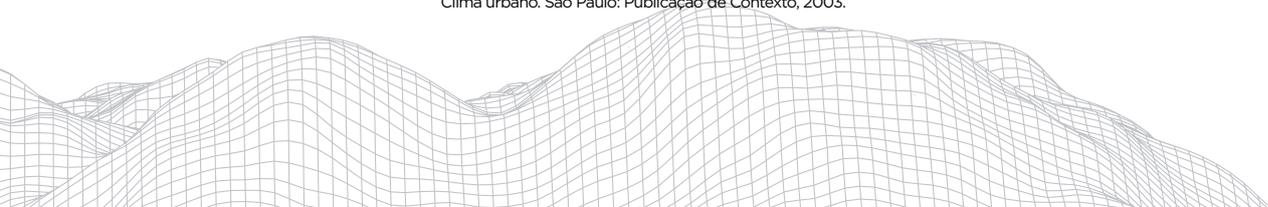
A partir do estudo das precipitações em Salvador e dos usos dos solos em Cajazeiras concluiu-se que apesar da localidade receber elevado volume de precipitações não foi observado elevado risco de movimentos de massa em suas encostas. Credita-se esse fato ao alto grau de recobrimento florestal preservado. Outro aspecto importante é o grau de ocupação das encostas que ainda não está latente no bairro. Neste sentido, a quadra chuvosa do ano de 2015 - apesar do elevado volume de chuvas identificado no período de 1998 à 20118 - não provocou acidentes relacionados aos movimentos de massa ou ocorrências significativas junto ao órgão da Defesa Civil de Salvador.

### Agradecimentos

Agradecimentos especiais ao Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade do Estado da Bahia (PICIN) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão das bolsas de Iniciação Científica

### Referências

- ANDRADE, Adriano Bittencourt. **Geografia de Salvador**. 2. ed. - Salvador: EDUFBA, 2005.
- CODESAL, Defesa Civil de Salvador. **Sistema de Gestão da Defesa Civil - SGDC**. Salvador, 2015.
- CODESAL, Defesa Civil de Salvador. **Sistema de Gestão da Defesa Civil - SGDC**. Salvador, 2019.
- ESTEVA, **Sistema Climático Urbano de A.L.D. e análise de precipitação na cidade de Salvador**. Ba. *Terra et Sardo*. Revista do Departamento de Ciências Exatas. Universidade Estadual da Bahia. 2018.
- GONÇALVES, N.M.S. **Impactos de chuva e desorganização do espaço urbano em Salvador/BA**. 268 p. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1992.
- GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro. Editora Bertrand Brasil**. 2011.
- CENSO DEMOGRÁFICO. **Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Salvador: IBGE, 2018.
- MENDONÇA, F. de A. **Clima e planejamento urbano de uma cidade média e pequena: proposição metodológica para estudo e aplicação para a cidade de Londrina, PR**. São Paulo, 1994. Tese 322.p (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
- MONTEIRO, L. C. F. **Organização clima tacada no estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. São Paulo: IGEOG / USP. 54 p. (Série De Taquigrafias e Monografias, 28). 1976.
- MONTEIRO, C.A. de Figueiredo. **Teoria Urbana e Clima: Um projeto e seus caminhos**. In: MONTEIRO, C. A F ; MENDONÇA, F. (Orgia). Clima urbano. São Paulo: Publicação de Contexto, 2003.



# COMPARAÇÃO DE CHAVES DE CLASSIFICAÇÃO DE NASCENTES: CASOS DE JUIZ DE FORA – MG

734

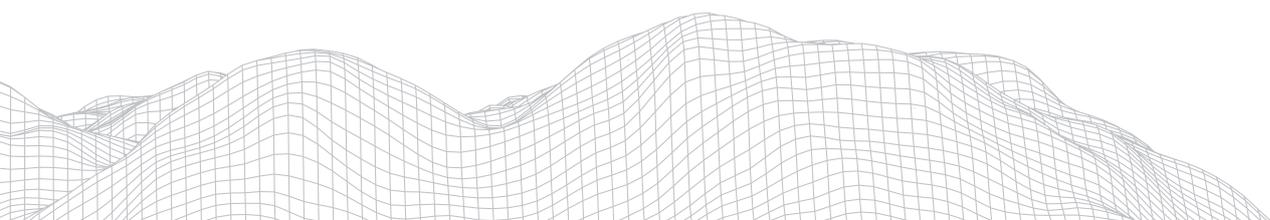
*Mirella Nazareth de Moura*  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, CEP 31270901, Belo Horizonte  
- MG  
E-mail: mirellanm92@hotmail.com

*Miguel Fernandes Felipe*  
Universidade Federal de Juiz de Fora  
Rua José Lourenço Kelmer, s.n. – São Pedro, CEP 36036330, Juiz de  
Fora - MG  
E-mail: miguel.felippe@ich.ufff.br

### **Resumo**

As nascentes são complexos sistemas que permitem desenvolver distintas estratégias analíticas para sistematização do conhecimento científico. Através das tipologias, verifica-se uma grande gama de opções de elementos para sua caracterização. Para elucidar a capacidade interpretativa das classificações de nascentes, este trabalho aponta e compara três diferentes propostas de tipologia, aplicadas em 13 nascentes. Para tal, utilizou-se duas classificações estado-uni-denses e uma brasileira. É bastante oportuno tecer uma comparação entre as três tipologias de nascentes, pois na seara técnica, conhecer bem as nascentes, suas características e classificações, é a chave para uma boa gestão e planejamento ambiental. Dessarte, as 13 nascentes foram classificadas segundo as características apresentadas nas três tipologias escolhidas, as quais possuem parâmetros diferentes e classificam traços diferentes, o que significa que não há uma correspondência e um emparelhamento entre as classificações.

Palavras-chave: Tipologias, Metodologias, Proteção ambiental



## 1. Introdução

A literatura acadêmica é cônsona ao defender a importância das nascentes. Esses complexos sistemas são dignos de notoriedade, visto que se configuram como ambientes singulares e heterogêneos, dotados de funções e processos não apenas geomorfológicos e hidrológicos, mas também ecológicos e sociais (VALENTE e GOMES, 2005; SPRINGER e STEVENS, 2009; FELIPPE e MAGALHÃES, 2014; MOURA, 2020). Felipe e Magalhães (2009) evidenciam a importância das nascentes para a sociedade, pois sendo a água das chuvas efêmera, conseqüentemente, recai sobre as nascentes perenes (alimentadas frequentemente pelos aquíferos) a incumbência de manutenção dos fluxos dos rios e córregos, mesmo em períodos secos.

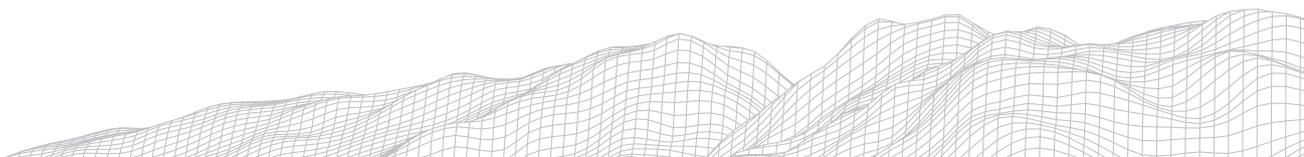
Uma nascente pode ser considerada “como um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, e cujos fluxos hidrológicos na fase superficial são integrados à rede de drenagem” (FELIPPE 2009, p.99). Ademais, as nascentes como ecossistemas específicos, condicionados e caracterizados por especificidades ambientais, são fundamentais para a manutenção da dinâmica de seu sistema ambiental, bem como dos subsistemas englobados por ele (FELIPPE, 2013; MOURA, 2020).

Bem além de se considerar as nascentes como sistemas, é de sua importância, que se compreenda as nascentes como sistemas complexos (MOURA, 2020). Conhecer o sistema nascente implica em entender que ele é constituído por elementos (água, animais, vegetação, solo, ar, rochas, etc.) que são indissociáveis entre si. É um equívoco explorar, a princípio, cada elemento de forma desassociada, para, posteriormente, buscar um entendimento acerca da nascente. Os elementos devem ser entendidos em conjunto, os relacionando entre si, pois o sistema se constitui não pela existência das suas partes integrantes, mas sim pelas interrelações entre elas (ALVES e SEMIOTTI, 2006).

Ademais, a permanente entrada e saída de matéria e energia desse, engendra novas dinâmicas entre os elementos do sistema (MOURA, 2020). Qualquer situação dentro de um sistema pode ocorrer, como pode simplesmente não ocorrer, uma vez que os sistemas complexos são dotados de plena autonomia, onde a frequente instabilidade cria oportunidades de movimento no sistema, gerando novas formas de comportamento (MORIN, 2015). Ela é capaz de criar oportunidades de ações, interrelações e recursões, produzindo novos modos de os sujeitos se relacionarem, subjetivando-os, produzindo novos modos de existência (ALVES e SEMIOTTI, 2006). Assume-se aqui que o comportamento instável e autônomo do sistema nascente, configura-se como desordenado, imprevisível, desequilibrado e até caótico, como todo sistema complexo (MOURA, 2020).

Esse caráter complexo, heterogêneo e multidisciplinar das nascentes, possibilita aos pesquisadores o desenvolvimento de diferentes estratégias analíticas para a sistematização. Portanto, a existência de diversas tipologias de nascentes expressa, claramente, a diversificada gama de opções que cada pesquisador se depara para eleger seus elementos de caracterização de nascentes e posteriormente sua tipologia. Além disso, Felipe (2009) acrescenta que outro fator que corrobora para a existência das múltiplas caracterizações e tipologias de nascentes, é o fato de que essas estão, intimamente, condicionadas pelo conceito no qual o autor se baseia.

Felipe (2009) afirma, em linhas gerais, que a elaboração de tipologias de nascentes objetiva a sistematização do conhecimento científico, ou seja, é uma tentativa de organizar as heterogeneidades intrínsecas às nascentes. Assim,



reunir objetos de estudo de acordo com as características que possuem em comum, favorece a compreensão acerca da natureza e o comportamento desses objetos, tornando possível a continuidade dos estudos de forma mais organizada e direcionada. Segundo o autor, isso é possível, pois já se sabe, previamente, as similaridades existentes entre os indivíduos do mesmo grupo.

Segundo Felipe (2009), as classificações de nascentes na literatura especializada, de um modo geral, compreendem avaliações monovariadas, no máximo, bivariadas, ou altamente subjetivas como os trabalhos de Bryan (1919), Meinzer (1927), Faria (1997) e Valente e Gomes (2005).

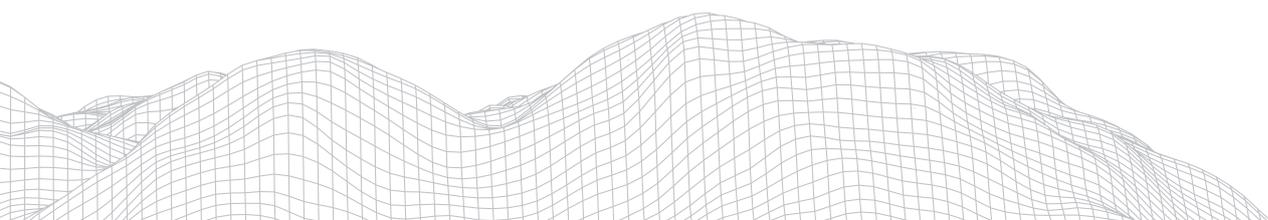
Todavia, algumas pesquisas se debruçaram para compreender as nascentes a partir de uma caracterização multivariada, como é visto no trabalho de Springer e Stevens (2009), ao descrever subjetivamente classes de nascentes em função dos seus aspectos hidroecológicos, e o de Felipe (2009), ao propor tipos distintos de nascentes em função de nove variáveis hidrogeomorfológicas integradas em um modelo qualitativo.

Na busca por elucidar a capacidade interpretativa das classificações de nascentes, este trabalho visa apresentar e comparar três diferentes propostas de tipologia, aplicadas em 13 nascentes previamente estudadas por Moura (2020). Para tal, optou-se por se utilizar duas classificações feitas nos Estados Unidos e uma no Brasil, sendo que das duas tipologias estado-unidenses, uma delas foi proposta ainda no começo do século 20, de cunho mais geológico, onde as nascentes ainda eram vistas sob uma ótica que as atrelavam, basicamente, aos aquíferos.

Já a segunda classificação estado-unidense, desenvolvida 90 anos depois, segue uma lógica totalmente diferente, uma vez que o tipo de aquífero, seus fluxos e dinâmica, acabam sendo secundários nesta abordagem, uma vez que o enfoque está na manifestação da água na superfície, que será responsável pela manutenção da biota. E por fim, a proposta desenvolvida no Brasil, foi a única a ser feita por intermédio de dados empíricos, utilizando-se de um modelo matemático de clusterização para classificação das nascentes, o que faz com que essa última, difira das demais, não sendo mais altamente intuitiva e subjetiva.

Portanto, neste trabalho, viu-se como bastante oportuno, tecer uma comparação entre as três tipologias de nascentes, uma vez que, na seara técnica, conhecer bem as nascentes, suas características e classificações, configuram-se como importantes instrumentos para uma melhor gestão e planejamento ambiental. Em uma ótica acadêmica, essa comparação permite o entendimento das diferentes formas de se sistematizar o conhecimento acerca das nascentes, dando ao pesquisador a oportunidade de conhecer as distintas esferas teórico metodológicas abarcadas pelo sistema nascente

Contudo, deve-se ressaltar que para quaisquer propostas de classificação, o conhecimento de uma nascente provém, em primeiro lugar, de sua descrição fisiográfica. Assim, posteriormente, a aplicação de uma tipologia de nascentes, permite agrupá-las segundo as suas similaridades. Tal artifício é essencial para a proteção das nascentes, pois, com uma classificação eficiente, podem ser traçadas estratégias de manejo que garantam a sua proteção ambiental.



## 2. Área de estudo

As nascentes elencadas neste trabalho se encontram no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, localizado no município homônimo, entre as zonas sul e oeste do perímetro urbano. A sua construção sucedeu-se no decorrer das décadas de 1960 e 1970, e resultou em um árduo processo de alteração das condições do terreno onde a instituição foi implantada (OLIVEIRA et al, 2013).

A classificação climatológica do município de Juiz de Fora, recorte espacial o qual a Universidade se insere, é baseada no modelo proposto por Köppen - Geiger (1846/1940) e atualizado por Kottek et al (2006), onde o município insere-se dentro das classificações Cwa e Cwb - Tropical de Altitudes- sendo notórias as influências da formação de seu relevo, os mares de morros, tendo em vista a presença marcante de áreas elevadas. Ademais, segundo Machado (2010) o índice pluviométrico médio anual de Juiz de Fora é de 1.572,8mm, cujas precipitações mais intensas ocorrem em janeiro, correspondente a maior precipitação média mensal, 296mm (1973/2007).

Para Heilbron et al (2004), o relevo de Juiz de Fora, por sua vez, insere-se na Faixa Ribeira, no sistema orogênico denominado Província Mantiqueira (terreno ocidental, nos limites do sistema de planaltos centro-sul mineiro), desenvolvido durante a Orogenia Neoproterozóica Brasileiro-Pan Africana (Ciclo Brasileiro).

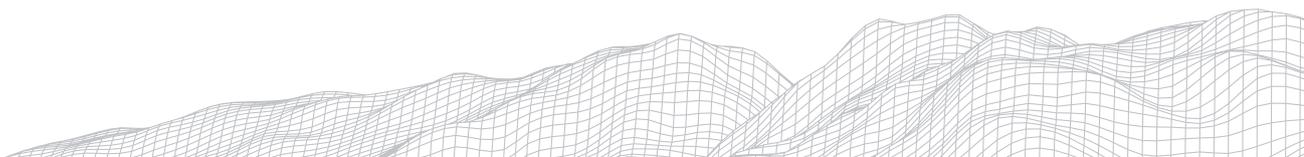
Em relação à geologia de Juiz de Fora, essa situa-se no compartimento tectônico denominado Domínio Juiz de Fora (terreno ocidental), onde ocorre uma intercalação tectônica entre as rochas do embasamento Complexo Juiz de Fora e os metassedimentos neoproterozóicos da Megassequência Andrelândia (advindos de uma associação de gnaisses de origem sedimentar), sendo ambos metamorfisados em fácies granulito gnaissificados (TUPINAMBÁ, et al, 2007; EIRADO, HEILBRON e ALMEIDA, 2006).

Após o levantamento cartográfico de mapas geológicos referentes ao Domínio Juiz de Fora, baseados nos dados da Prefeitura de Juiz de Fora (2010), Esteio (2007), COMIG-UFMG (2013), SEME, SEMAD e FUNDEP, foi possível de se identificar que é na Megassequência Andrelândia que o campus da UFJF se insere, onde pode-se destacar os seguintes litotipos presentes: biotita gnaisse bandado com intercalações de quartzito e de sillimanita-granada-biotita gnaisse; sillimanita-granada-biotita gnaisse com intercalações de ortopiroxênio-granada-biotita gnaisse; biotita gnaisse bandado; quartzitos e rochas calcissilicáticas (DUARTE, et al 2003).

Ainda, a área do campus insere-se nos interflúvios entre as bacias do córrego Dom Bosco, que abrange a maior parcela do campus, a do córrego São Pedro e a do córrego Ipiranga (MOURA, et al, 2016), ambos afluentes do rio Paraibuna, coletor regional e tributário do rio Paraíba do Sul. Todavia, ainda segundo os mesmos autores, com as intervenções antrópicas na morfologia, toda a drenagem superficial perene do campus pertence à bacia do Dom Bosco e, em sua maior parte, converge em primeiro momento para o lago Manacás.

As nascentes do campus são alimentadas por sistemas aquíferos granulares e fissurais, com comunicação dinâmica entre a cobertura granular superficial, associada aos mantos de interação e aos depósitos coluviais, e o aquífero fissural sotoposto.

Diante disso, tendo-se em questão um sistema aquífero livre (pela pressão das águas na superfície limítrofe) e granular-fissural (pela capacidade de transmissão de água), é comum que se observe um nível freático formado pela ruptura de permeabilidade existente entre a maior condutividade hidráulica do aquífero



granular e a menor condutividade hidráulica do fissural (COSTA, 2008). Assim, conseqüentemente, é possível de se observar um nível freático no granular temporário, oscilando sazonalmente (condição frequentemente observada nas nascentes da UFJF) e um nível e um nível freático associado a águas mais profundas do aquífero fissural.

O processo de construção do campus resultou em um relevo antropogênico com topos aplainados e recortados para a fundação de edificações e construções atreladas às necessidades da instituição (OLIVEIRA et al, 2013). À vista disso, pode-se inferir que esse processo alterou também a dinâmica hidrológica local, uma vez que várias zonas de exfiltração foram aterradas ou foram artificialmente canalizadas, com seus fluxos de água direcionados para o lago Manacás, represamento artificial que funciona como nível de base do campus (MOURA, et al, 2016).

Diante desta configuração, cabe destacar que essas nascentes estão inseridas em um terreno extremamente alterado, o que influi diretamente em suas características morfológicas e hidrológicas. Isso é identificado por Oliveira et al (2013) ao afirmar que parte desse visível grau de interferência antrópica no campus, é oriundo de seus usos multifacetados, onde várias atividades educacionais, esportivas e de entretenimento são desenvolvidas fazendo com que, conseqüentemente, os ambientes naturais sofram graus diferenciados de pressões ambientais.

### 3. Metodologia

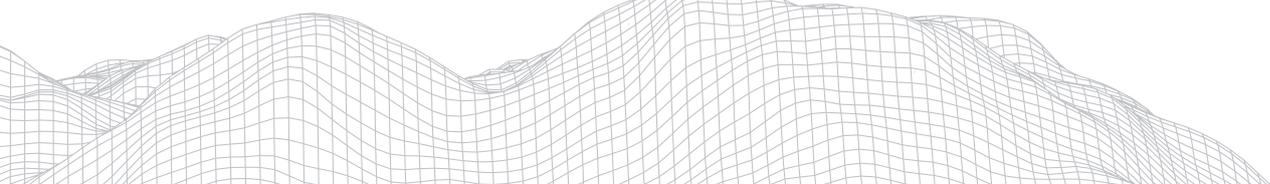
Primeiramente, elegeu-se 13 nascentes a serem classificadas segundo as tipologias escolhidas. Todas as nascentes já haviam sido devidamente caracterizadas por Oliveira et al (2013), Dias et al (2014), Moura et al (2016) e Moura (2020). Essa aproximação foi feita a luz de protocolos de avaliação rápida, baseados em Callisto et al (2002), Gomes et al (2005), Felipe (2009) e Oliveira et al (2013), onde estes parâmetros foram verificados: profundidade do solo e das coberturas superficiais; tipos de uso e ocupação da terra na APP da nascente e na bacia de contribuição; litologia da bacia de contribuição das nascentes; litologia do aquífero da nascente; vazão da nascente; declividade do canal de primeira ordem; usos da água da nascente; morfologia da nascente; tipo de exfiltração; mobilidade e sazonalidade das nascentes.

Por fim, as 13 nascentes foram classificadas em consonância com as características apresentadas nas três tipologias escolhidas. Pautou-se nos dados primários (sobretudo de campo) obtidos nos trabalhos supracitados, organizados e corrigidos segundo uma mesma sistemática. Outro essencial instrumento para a caracterização e classificação das nascentes foi o uso do geoprocessamento e sensoriamento remoto, que permitiu a observação de características das nascentes nem sempre claras em campo.

Após essa compilação, a partir dos elementos fisiográficos e fisiológicos descritos para cada nascente, observou-se condizentes elementos fundamentais descritos nas tipologias de Bryan (1919), Springer e Stevens (2009) e Felipe (2009), como: a morfologia do canal; a mobilidade das nascentes; espessura do manto de intemperismo; morfologia da encosta; sazonalidade das nascentes; tipo de exfiltração; tipo de aquífero; litologia do aquífero da nascente e o fluxo do canal.

#### 3.1 Tipologias das nascentes

A construção da tipologia de nascentes de Bryan (1919) baseia-se em dois fatores: a origem da água e a estrutura da rocha que a traz à superfície,



podendo-se notar realces hidrogeológicos fortemente presentes e definidos ao longo de sua caracterização. Para Springer e Stevens (2009) o critério utilizado inclui considerações geomórficas, forças que emergem a água para a superfície, propriedades de fluxo, habitats, biota da nascente, gestão e uso das nascentes. Ou seja, os autores focam na ecologia e na manifestação da água, fomentando, com alto grau de subjetividade, a sua tipologia.

Já Felipe (2009) afirma que uma mesma nascente pode ser enquadrada em diversos tipos simultaneamente, desde que se leve em consideração as outras que não se enquadram em quaisquer dos tipos previamente elaborados. Dessarte, Felipe (2009), baseado na lógica fuzzy, a partir de dados empíricos qualitativos, elaborou uma tipologia de nascentes que possibilitasse a utilização dos agrupamentos criados em distintas dinâmicas ambientais, enaltecendo, nitidamente, em sua classificação, um cunho hidrogeomorfológico.

#### Classificação de Bryan (1919)

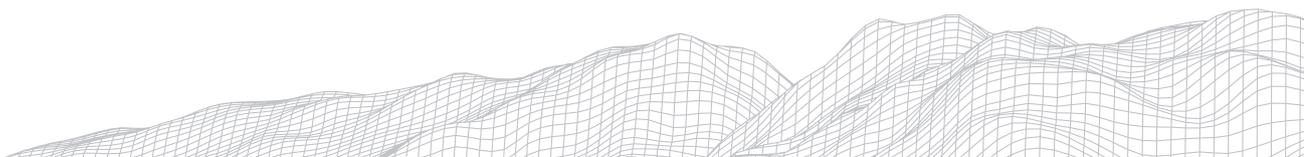
A tipologia de nascentes de Bryan (1919) as divide em dois tipos: nascentes de águas profundas e de águas rasas. As nascentes de águas profundas se subdividem entre nascentes vulcânicas e nascentes de fraturas.

As nascentes vulcânicas associam-se ao vulcanismo atual ou passado e são oriundas de água expelida a partir da ação do magma subjacente ou da água de superfície em contato com rochas muito aquecidas. Já as nascentes de fraturas, em geral possuem um fluxo forte e constante, sem oscilações anuais, temperatura elevada, e frequentemente, bem mineralizadas.

Quanto as nascentes de águas rasas, Bryan (1919) as subdivide em mais categorias. A primeira delas, são as nascentes em depressão (ou de rochas porosas), formadas onde o lençol freático ou nível superior da zona de saturação atinge a superfície do solo. Possuem fluxo suave, sendo lenta e continuamente reabastecidas, normalmente apresentando-se em forma de pântanos. As nascentes em depressão são divididas em quatro categorias, de acordo com sua posição topográfica: nascente em concavidade, advinda da erosão por água ou vento, quedas e deslizamentos de terra, tombamento de árvores, por meio de operações de escavação e pisoteio de animais maiores; fundo de vale, devido a uma mudança abrupta na declividade entre as encostas e as planícies de inundação; canal, formadas devido a depressões em planícies de inundação causadas pelo corte do canal de drenagem e em borda, formadas devido à mudança no gradiente na linha entre as encostas aluviais e a planície central de uma bacia desértica.

Já as nascentes de contato, são aquelas cujas rochas porosas se sobrepõem ao material impermeável e a água que acumula nessas rochas é forçada à superfície de contato. A forma e a altitude das superfícies adjacentes a esse material impermeável determinam se o contato será mais regular e horizontal, regular inclinado ou irregular.

As artesianas possuem água contida nos espaços dos poros de um leito permeável, situando-se entre estratos impermeáveis. Dentro dessa categoria, elenca-se: nascentes em mergulho, em rochas acamadas, inclinadas e erodidas de forma que o leito poroso recebe água da chuva ou de canais em sua extremidade superior (a extremidade inferior permanece exposta na superfície); nascentes sifonadas, oriundas de dobramentos, onde um estrato poroso se constitui como um invertido sifão para o transporte de água; nascentes sem camada impermeabilizante, que ocorrem em depósitos não consolidados, onde o material poroso fica exposto, de modo a receber água em um nível alto e descarregar essa água em um nível mais baixo; nascentes em fratura, que não dependem do afloramento



do leito poroso saturado em sua porção inferior para a exfiltração da água, e sim, de fraturas, aberturas que levam a água até a superfície.

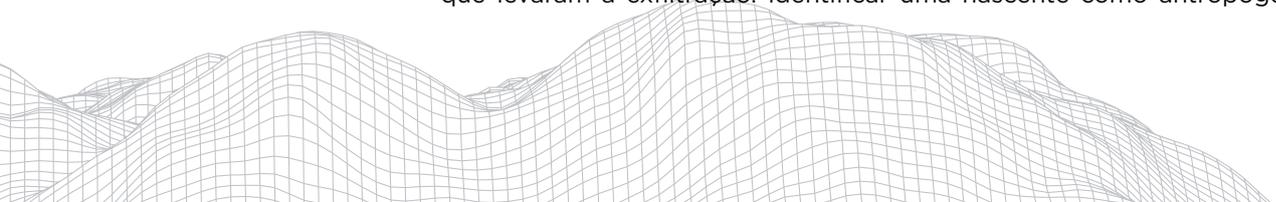
#### Classificação de Springer e Stevens (2009)

Springer e Stevens (2009) elencam 12 tipos de nascentes fundamentados em aspectos hidroecológicos. As nascentes em caverna caracterizam-se pela exfiltração da água em cavidades subterrâneas de um sistema cárstico bem desenvolvido.

As expostas, correspondem a onde a água pode exfiltrar de cavernas, fraturas de abrigo rochoso ou ralos, onde os aquíferos não confinados estão expostos próximos à superfície do solo. Já as nascentes em fonte, configuram-se como fontes artesianas com CO<sub>2</sub> pressurizado em um aquífero confinado. As nascentes em gêiser, mostram um fluxo explosivo de água quente de confinamento aquífero. As em jato, demonstram um fluxo discreto, que jorra de uma parede de penhasco, oriundo de um aquífero não confinado e sobreposto. Nascentes em jardins suspensos, possuem fluxo de gotejamento surge geralmente na horizontal, ao longo de um contato geológico em uma parede de penhasco de um aquífero não confinado e empoleirado. As nascentes helocrenas emergem de áreas úmidas de baixo gradiente, muitas vezes nascentes indistintas ou múltiplas, exfiltrando de aquíferos rasos e não confinados. As de encosta são oriundas de aquíferos confinados ou não confinados em uma encosta (30–60°), frequentemente apresentando exfiltração indistinta ou múltipla. As hipocrenas, encontram-se enterradas onde o fluxo não atinge a superfície, normalmente devido à descarga muito baixa e alta evaporação ou transpiração. Já as nascentes limnocrenas, são marcadas pela exfiltração da água de aquíferos confinados ou não confinados em lagos ou poços. O penúltimo tipo de nascente, as de monte, são aquelas onde a água emerge de um monte mineralizado, frequentemente em sistemas magmáticos ou de falha. Por fim, as reocrenas, abarcam nascentes fluidas, oriundas de um ou mais canais de transmissão.

#### Classificação de Felipe (2009)

Seguindo a proposta de Felipe (2009), seis tipos de nascentes são contemplados, englobando as nascentes freáticas, de exfiltração difusa, com considerável variação do nível freático e aquífero granular sobreposto a um aquífero fissural, acarretando uma vazão média anual baixa. As dinâmicas, apresentam alta energia em todos seus processos envolvidos, sendo perenes e, normalmente, de alta vazão. São geralmente originadas por aquíferos fissurais, com afloramentos rochosos em mantos rasos. Exfiltram de forma pontual ou múltipla, em afloramento ou duto. O tipo seguinte de nascente, é denominado de sazonal erosiva, sendo caracterizadas pela interceptação sazonal do nível freático por feições erosivas, (talvegues de ravinas ou taludes de canais de drenagem). São intermitentes, pontuais e de baixa vazão. Já as nascentes flutuantes, são definidas pelo nível freático flutuante ao longo do ano, promovendo a migração da nascente na vertente, normalmente, com exfiltração difusa resultante de contatos da rocha com o manto. Assim como as nascentes freáticas, são caracterizadas morfologicamente por concavidades e baixa vazão. O penúltimo tipo de nascente é o sazonal de encosta, onde as nascentes se localizam em encosta com mantos de intemperismo profundos e intermitentes. Tendem a estar associadas a níveis freáticos com flutuação muito grande entre os períodos de chuva e seca. Sua morfologia é normalmente em dutos verticais ou horizontais, a vazão é baixa e o tipo de exfiltração é pontual. O último tipo de nascente, são as antropogênicas, ou seja, originada por intervenção humana. Isso quer dizer que, em uma situação normal, não havia condições naturais que proporcionassem a gênese de uma nascente, porém, as ações humanas sobre o espaço desencadearam processos que levaram à exfiltração. Identificar uma nascente como antropogênica pode



ser complexo, pela ausência de informações anteriores à intervenção realizada naquele espaço. Assim, as nascentes antropogênicas podem possuir qualquer característica dos demais tipos, mas apresentarão anomalias em sua dinâmica, o que não seria verificado em uma nascente “natural”.

Segundo Felipe (2009), apesar da possibilidade de enquadramento das nascentes nesses seis tipos padrões, essas podem possuir características de diversos tipos. Com isso, perfis híbridos de dois tipos padrões podem ser criados.

#### 4. Resultados e discussão

Para que sejam apresentadas as nascentes estudadas e as respectivas tipologias as quais foram enquadradas deve-se, primeiramente, especializar, no perímetro do campus, todas 28 nascentes existentes no campus, onde 13 foram estudadas conforme mostrado na Figura 1 e, posteriormente, traçar, de forma sucinta, uma breve descrição acerca dessas 13 nascentes estudadas.

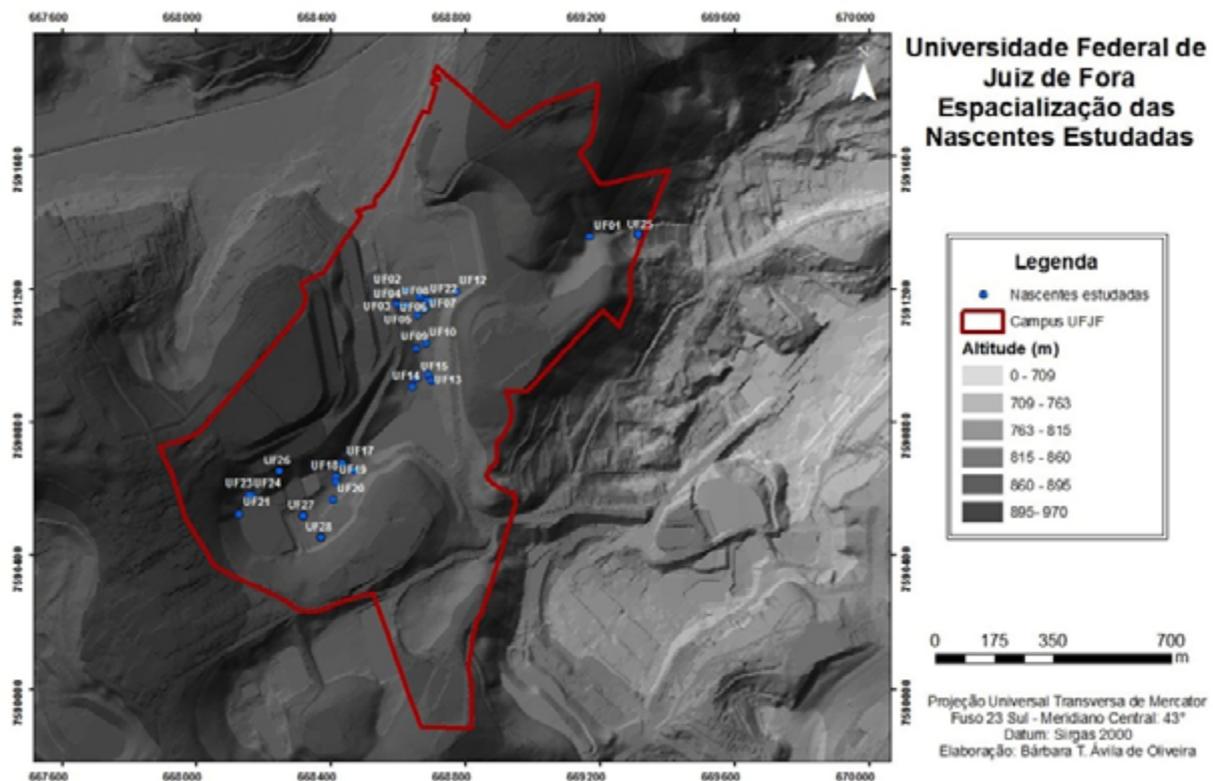


FIGURA 1: Especialização das nascentes da Universidade Federal de Juiz de Fora  
Fonte: Moura (2020)

No intuito de se expor uma breve caracterização acerca das nascentes estudadas, pode-se destacar que a UF01 é uma nascente que foi bastante modificada pela população afim de suprir as necessidades de abastecimento público de água de moradores das redondezas. Assim, teve parte do seu canal de drenagem canalizado e represado em uma caixa d'água. Ademais, essa nascente é oriunda da mudança abrupta de declividade entre a encosta e a planície de inundação. Sua exfiltração difusa advém de uma área úmida de baixo gradiente (ambiente marcadamente brejoso mal definido e com manto de intemperismo bastante espesso). Sofre grandes influências da flutuação do nível freático, o que corrobora com a sua marcante mobilidade na vertente e baixas vazões anuais.

A UF02, é uma nascente que é bastante condicionada a diversas pressões ambientais, uma vez que possui livre acesso, por estar localizada no gramado da reitoria da UFJF, a principal área de lazer da instituição. Também emerge de uma área úmida de baixo gradiente, com espesso manto de intemperismo. Ademais, é possível de se verificar uma interceptação sazonal do nível freático por ravinas. Ainda, caracteriza-se como uma nascente de morfologia em cavidade, exfiltração difusa, baixa vazão, móvel e perene.

Quanto a UF03, ainda não se sabe ao certo a localização exata de seu ponto de exfiltração da nascente. O que se sabe, por enquanto, é que esta nascente se encontra, hoje, em uma encosta e é nesta encosta que ela foi canalizada e exfiltra por meio de um cano PVC. Além de sua morfologia ter sido toda modificada, sendo assim considerada uma nascente canalizada, sua exfiltração é pontual e perene.

A nascente UF04, se localiza topograficamente, abaixo da UF03, ficando evidente em campo a mudança na declividade de sua encosta. Sua exfiltração difusa e em concavidade, apresenta baixa vazão e situa-se em uma área úmida de baixo gradiente e profundo manto de intemperismo.

Já a nascente UF10 é uma nascente pontual, com morfologia em canal em um dos pontos mais baixos da encosta. É intermitente e apresenta vazão muito baixa. Por ser uma nascente Reocrena, é alimentada por mais de um canal de transmissão.

A UF13, apresenta morfologia em canal, exfiltração pontual, não possui mobilidade e quanto a sua sazonalidade, é perene. É uma nascente bastante fluida, advinda de dois ou três canais de transmissão (dependendo dos eventos de precipitação). Ressalta-se que a morfologia dessa nascente é em canal nos dias atuais, pois é fruto de intervenção antrópica. Esta nascente recebe uma grande carga de efluentes.

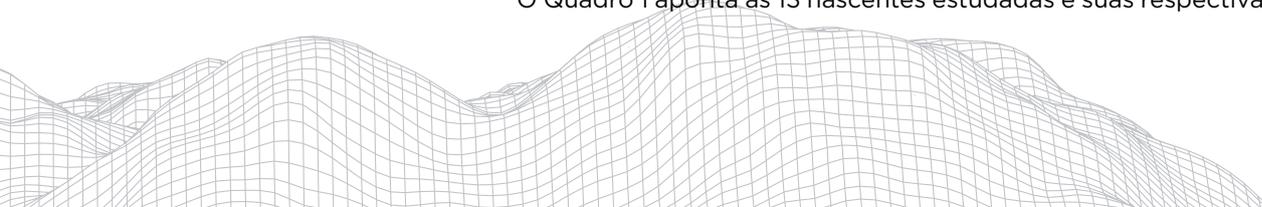
As nascentes UF20 e UF21 são utilizadas para abastecimento público. Suas morfologias são em canal, também sendo fruto de uma intervenção antrópica, sendo a UF21 totalmente antropogênica, ou seja, a gênese de sua exfiltração não ocorre de forma natural. Ambas são formadas pela erosão da água, especialmente devido às quedas. A exfiltração da UF20 é difusa enquanto a da UF21 é pontual. Ambas não apresentam mobilidade, são perenes e de baixa vazão.

A UF23 é formada pela erosão da água, bem como processos de escavação na área e canalização da nascente propriamente dita. A sua área de exfiltração se configura como uma área úmida de manto espesso e baixa vazão. Ademais, é possível de se constar concavidades no relevo que permitam o contato com a água subterrânea onde a nascente não está canalizada.

A nascente UF25 teve seu ponto de exfiltração transformado em uma bica, ou seja, é uma nascente drenada de forma artificial, com alta energia, onde nota-se de forma clara a erosão da água. Dessarte, sua morfologia pode ser considerada em canal, exfiltração pontual, fixa e perene, onde já se observa uma vazão maior (que se atrela ao fato de sua drenagem ser artificial).

Por fim, as nascentes UF26, UF27 e UF28 são marcadas pela mudança de declividade de suas respectivas encostas. São antropogênicas, oriundas de obras e escavações pretéritas, atreladas à instalação da infraestrutura urbana. Todavia, as nascentes UF27 e UF28 são múltiplas, fluidas e de morfologia em concavidade, enquanto a UF26 é pontual, morfologia em canal, perene e não móvel.

O Quadro 1 aponta as 13 nascentes estudadas e suas respectivas tipologias.



QUADRO 1

Enquadramento das nascentes estudadas, segundo as tipologias de Bryan (1919), Springer e Stevens (2009) e Felipe (2009)

Tipologia de nascentes			
Nascentes	Bryan (1919)	Springer e Stevens (2009)	Felippe (2009)
UF01	Fundo de vale	Helocrena	Flutuante
UF02	-	Helocrena	Sazonal erosiva
UF03	Concavidade	Encosta	Dinâmica
UF04	Fundo de vale	Helocrena	Sazonal de encosta
UF10	Fundo de vale	Reocrena	Sazonal erosiva
UF13	Concavidade	Reocrena	Freática
UF20	Concavidade	Reocrena	Freática
UF21	Concavidade	Hipocrena	Antropogênica
UF23	Concavidade	Helocrena	Freática
UF25	Concavidade	Jato	Dinâmica
UF26	Fundo de vale	Encosta	Antropogênica
UF27	Fundo de vale	Reocrena	Antropogênica
UF28	Fundo de vale	Reocrena	Antropogênica

Fonte: Elaborado pelos autores

Ao verificar as tipologias alcançadas conforme o Quadro 1 é possível de se traçar algumas interpretações, à luz da Figura 2:

Tipologias de nascentes e suas respectivas porcentagens

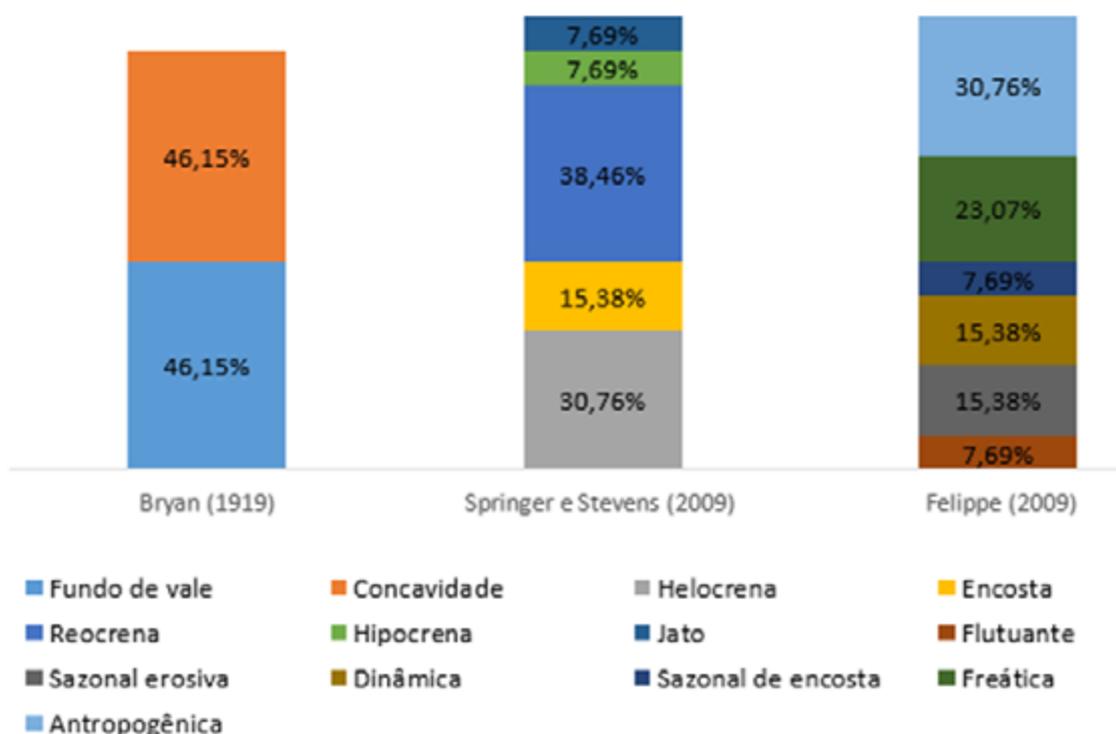
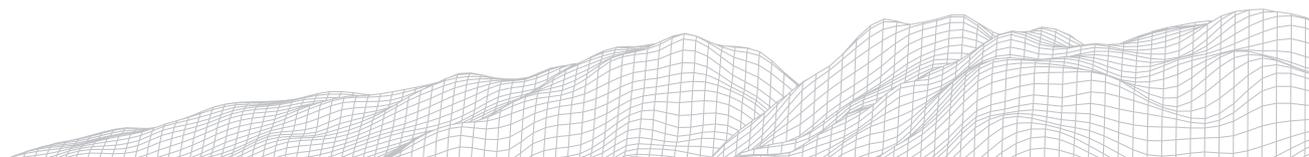


FIGURA 2: Gráfico referente às três classificações estudadas e as porcentagens referentes às tipologias identificadas

Fonte: Elaborado pelos autores



A começar pelas coincidências e discrepâncias, primeiro deve-se destacar que nem todos os tipos de nascentes foram abacados, em nenhuma das três classificações utilizadas. Com isso, pode-se perceber que se tomando por base a classificação de Bryan (1992) as nascentes do campus dividem-se em apenas dois tipos: as de fundo de vale e de concavidade. Explica-se esta homogeneidade, por se tratar de uma área de estudo não muito ampla, onde as nascentes estão sobre o mesmo sistema de aquíferos e também sobre o mesmo domínio, e assim, consequentemente, não abarcando todas as diferentes feições geológicas apontadas pelo autor.

Ademais, ainda deve-se ressaltar que nas nascentes inseridas no contexto de aquífero livre, a manifestação da água no meio subterrâneo é dada a partir das características geomorfológicas da nascente. Uma vez que o contexto da UFJF é uma grande concavidade, dentro de um interflúvio, a água vinda das zonas de recarga do campus já estão muito próximas da área de descarga, onde o nível de base controla não apenas o nível de base geomorfológico, mas o nível freático em si, que já é raso. Dessa forma, toda a água possui o mesmo percurso, engendrando uma configuração geomorfológica muito específica.

A Figura 3 ilustra os dois tipos de nascente encontrados no campus, sob a ótica de Bryan (1919).



FIGURA 3: Para Bryan (1919) Respectivamente: nascente UF01 (classificada como Fundo de Vale) e nascente UF03 (classificada como Concavidade)

Fonte: Arquivo dos autores

Observando-se as tipologias tanto sob a ótica de Springer e Stevens (2009) quanto de Felipe (2009), já se foi possível averiguar uma maior heterogeneidade de tipos, onde, ao classifica-las, constatou-se, respectivamente, cinco e seis tipologias diferentes. Contudo, mesmo diante de uma certa heterogeneidade, quando se leva em conta a tipologia de Springer e Stevens (2009), pode-se observar que as nascentes de tipo Reocrena (38,46%) são mais recorrentes, enquanto levando-se em conta a tipologia de Felipe (2009), as nascentes antropogênicas aparecem com maior frequência (30,76%).

Seguindo a classificação de Felipe (2009), para entender o porquê a maioria das nascentes do campus são antropogênicas, deve-se retomar à morfologia côncava desse, já mencionada. A concavidade do campus facilita o desencadeamento de fluxos rápidos e curtos convergindo em direção ao lago Manacás, fazendo com que o campus tenha um nível freático muito próximo da superfície. Isso, acrescido ao fato de que o relevo do campus é um relevo tecnogênico, com platôs,

recortes e terraplanagens, facilita, e muito, o afloramento da água subterrânea.

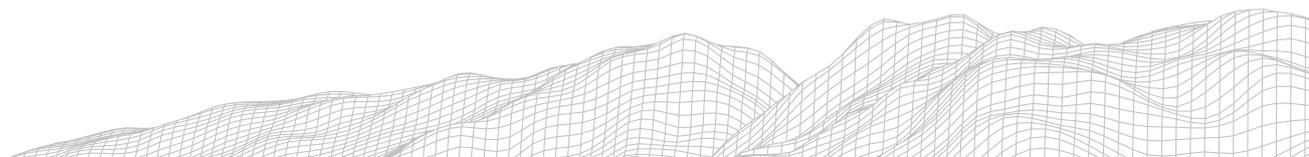
As nascentes Reocrenas de Springer e Stevens (2009) foram a maioria no campus, pois devido aos recortes no terreno, os processos erosivos lineares foram intensificados, engendrando processos de sulcamento. E como já é sabido que o nível freático do campus está muito próximo da superfície, bastam poucos centímetros de erosão para que esse aflore e exfiltre em forma de nascente.

A Figura 4 ilustra as tipologias mais vigentes no campus da UFJF, segundo a classificação de Springer e Stevens (2009) e de Felipe (2009).



FIGURA 4: Para Felipe (2009), nascente UF27 Antropogênica e em seguida, para Springer e Stevens (2009), nascente UF13 Reocrena  
Fonte: Arquivo dos autores.

Por fim, deve-se ressaltar que essas classificações possuem parâmetros diferentes, portanto classificam traços diferentes, o que significa que não há uma correspondência e um emparelhamento entre as classificações. O fato da maioria das nascentes serem Reocrenas segundo a concepção de Stevens e Springers (2009) não quer dizer que ela apresente as mesmas particularidades ambientais que as nascentes Antropogênicas de Felipe (2009), ou similares aspectos conforme Bryan (1919). Elas não são idênticas ou nem mesmo equivalentes. São apenas formas diferentes, com atributos distintos, para se caracterizar uma nascente. Dessarte, uma mesma nascente, levando em conta toda a sua hetero-



geneidade e multidisciplinaridade, pode ser ao mesmo tempo uma nascente em concavidade, reocrena e antropogênica.

## 5. Considerações finais

Existem muitas formas de se conhecer as nascentes, seja pela sua identificação, mapeamento, avaliação, ou interpretação da diversidade das características deste sistema. Todas essas ações são imprescindíveis para a proteção desses hidrossistemas tão relevantes ecológica e socialmente.

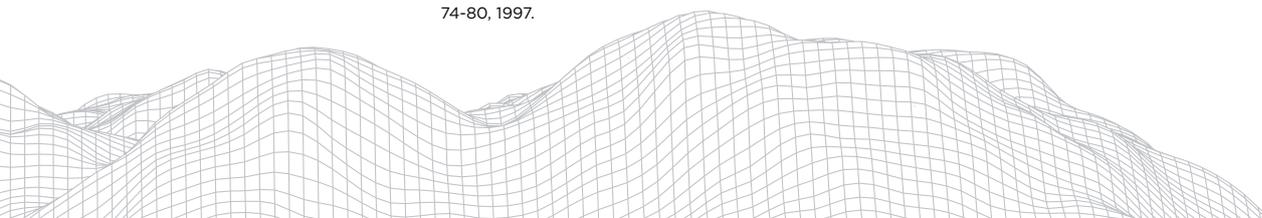
Realizar os trabalhos de campo, coletar as informações necessárias, elencar as características das nascentes e enquadrá-las em tipologias, evidenciou, ainda mais, a diversidade de elementos que as constituem. Isso só corrobora com a ideia de que, quanto mais se sabe sobre as nascentes, quanto mais fiel é a sua caracterização e quanto mais se respeita a sua heterogeneidade, complexidade e multidisciplinaridade, mais é possível de se alcançar um planejamento e gestão mais condizentes com a dinâmica da nascente e, conseqüentemente, mais eficazes para sua proteção. Como já mencionado, os esforços teóricos e metodológicos acerca deste tema, ainda que escassos, vêm possibilitando um bom andamento dos trabalhos e, conseqüentemente, resultados promissores.

Ademais, ao caracterizar e classificar as nascentes, enquadrando-as em tipologias, percebe-se que são suas características locais que determinam sua fisiografia, de modo que em um mesmo domínio de natureza exista uma enorme heterogeneidade de formas e tipos de nascentes. Todavia, não se deve deixar de se levar em conta o fato de que as ações humanas também se configuram como um importante fator de alteração das características das nascentes ou mesmo de determinação de sua gênese e dinâmica.

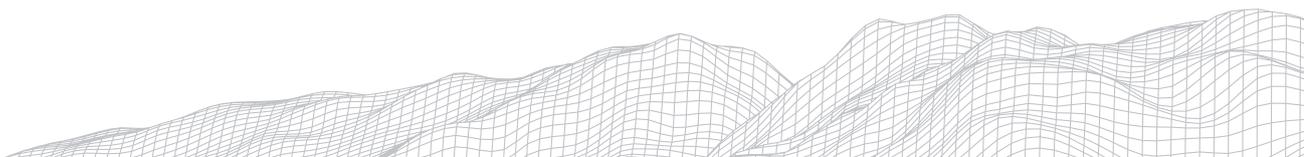
Certamente, ainda há um longo caminho a ser percorrido, mas os passos iniciais já foram dados. A cada novo estudo, uma nova resposta e muitas outras hipóteses e questionamentos, o que demonstra a necessidade de que os estudos sobre nascentes continuem avançando, buscando preencher as lacunas e solucionar os hiatos, e, acima de tudo, possibilitando o entendimento de algo tão imprescindível à dinâmica do meio ambiente e à vida.

## Referências

- ALVES, M.C.; SEMINOTTI, N. O pequeno grupo e o paradigma da complexidade em Edgar Morin. *Psicologia USP*, vol. 17, n. 2, p. 113-133, 2006.
- BRYAN, K. (1919) Classification of Springs *Journal of Geology* 27 522-561
- CALLISTO, M., FERREIRA, W. R., MORENO, P., GOUKART, M., PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.
- COSTA, Waldir. Hidrogeologia dos meios fissurados. In: FEITOSA, Fernando *et al.* Hidrogeologia: Conceitos e aplicações. 3ª. ed. rev. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2008. cap. Água subterrânea e meios heterogênicos.
- DIAS, J. S. ; MOURA, M. N. ; BARBOSA, M. J. ; FELIPPE, M. F. . Proposta de classificação dos Hidrossistemas do campus da UFJF com base em suas características Hidrogeomorfológicas. *Ravista Geonorte* , v. V.10, p. p.437-441, 2014.
- DUARTE B.P., HEILBRON M., VALLADARES C., NOGUEIRA J.R., TUPINAMBÁ M., EIRADO L.G., ALMEIDA, J.C., ALMEIDA, G.C. 2003. Geologia das Folhas Juiz de Fora e Chiador. 84 In: A.C. Pedrosa Soares, C.M. Noce, R. Trouw, M. Heilbron (coord.). Projeto Sul de Minas, Belo Horizonte, COMIG/SEME, vol. 1, cap. 6, p. 153-258.
- FARIA, A. P. A dinâmica de nascentes e a influência sobre os fluxos nos canais. *A Água em Revista*, Rio de Janeiro, v. 8, p. 74-80, 1997.



- FELIPPE, M. F. Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.
- FELIPPE, M. F. Gênese e dinâmica de nascentes: contribuições a partir da investigação hidrogeomorfológica em região tropical. Doutorado (tese do Programa de Pós Graduação em Geografia - área de concentração: Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2013, 254p
- FELIPPE, Miguel Fernandes; MAGALHÃES JR, A. P. Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes em Belo Horizonte-MG. ENCONTRO NACIONAL SOBRE MIGRAÇÕES, VI, p. 1-19, 2009
- FELIPPE, Miguel. F.; MAGALHAES JR., A. P. Desenvolvimento de uma tipologia hidrogeomorfológica de nascentes baseada em estatística nebulosa multivariada. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 15, p. 393-409, 2014.
- GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 17 (32). Jun. 2005b. p. 103-120
- HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A. C., CAMPOS NETO, M. C., SILVA, L. C., TROUW, R. A. J.; JANASI, V. A., Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V. BARTORELLI, A., CARNEIRO, C. D. R. e BRITO-NEVES, B. B., Orgs. Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Ed. Beca, p.203-236. 2004.
- KOTTEK, M., J. GRIESER, C. BECK, B. RUDOLF, F. RUBEL, 2006: World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. - Meteorol. Z. 15, 259-263.
- EIRADO, L.G. HEILBRON, M, ALMEIDA, J.C.H. - Os terrenos tectônicos da Faixa Ribeira na Serra da Bocaina e na Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil, Revista Brasileira de Geociências, 36 (2006), pp. 426-436
- MACHADO, P. J. O. [org]. Diagnóstico Físico - Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro: Um exercício acadêmico de Gestão dos Recursos Hídricos. Ed. Geographica. Ubá, 2010. p. 20-42.
- MEINZER, O. E. Large springs in the United States. Water Supply Paper 557 - U.S. Government Printing Office. Washington - DC, USA, 1927.
- MORIN, E. Introdução ao pensamento complexo. Lisboa, 5ª ed., Porto Alegre: Sulina, 2015<sup>9</sup>
- MOURA, M. N. de, *et al.* Grau de alteração ambiental dos hidrossistemas do campus da UFJF. Revista de Geografia. PP GEO. UFJF. Juiz de Fora, v.6, n.2, p.173-183, 2016.
- MOURA, M.N. Qualidade ambiental de nascentes: proposta metodológica. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora. 2020.
- OLIVEIRA, M.C.P ; ÁVILA, B.T ; FELIPPE, Miguel. F. ; MOURA, M. N. ; SILVA, B.M ; DIAS, J.S . Avaliação macroscópica da qualidade das nascentes do campus da universidade federal de juiz de fora. Revista de Geografia, v.3, 2013
- SPRINGER, A. E.; STEVENS, L. E. Spheres of discharge of springs. Hydrogeology Journal, v. 17, p. 83-93, 2009
- TUPINAMBÁ, M., HEILBRON, M., DUARTE, B.P., NOGUEIRA, J.R., VALLARADES C., ALMEIDA J., SILVA L.G.E., MEDEIROS, S.R., ALMEIDA, C.G., MIRANDA A., RAGATKY C.D., LUDKA I. 2007. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. Geonomos, 15:67-79.
- VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005



# CONDIÇÕES E IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS A PRODUÇÃO DO CAMARÃO DA PLANÍCIE COSTEIRA DOS MUNICÍPIOS DE LUÍS CORREIA E CAJUEIRO DA PRAIA - PIAUÍ

*Marcos Antonio Cavalcante de Oliveira Júnior*

*Instituto Federal do Piauí - IFPI*

*Avenida Rio dos Matos, S/N, Germano, Piripiri-Piauí, CEP:*

*64.260-000*

*E-mail: marcos.cavalcante@ifpi.edu.br*

*Glairton Cardoso Rocha*

*Instituto Federal do Piauí - IFPI*

*Avenida Rio dos Matos, S/N, Germano, Piripiri-Piauí, CEP:*

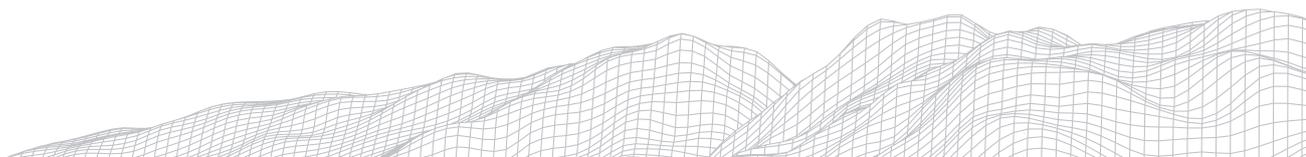
*64.260-000*

*E-mail: glairtongeo@ifpi.edu.br*

### Resumo

Este trabalho teve como objetivo analisar as condições ambientais e os impactos associados a produção de camarão na planície costeira do estado do Piauí. utilizou-se da pesquisa bibliográfica e também da análise multitemporal com uso da captura de imagens de satélite LANDSAT5, LANDSAT7, LANDSAT8 e CBERS-4A e aplicação através do *software Google Earth Explorer*. Espera-se assim, com o estudo, contribuir para o desenvolvimento da atividade de criação de camarão no estado do Piauí no sentido de verificar os componentes geoambientais que interferem na atividade produtiva de criação de camarão como relevo, solo e vegetação assim como mostrar a evolução da ocupação da atividade na planície costeira piauiense. Dessa forma, observou-se que o empreendedor deve ter uma visão sistêmica no sentido de entender as variáveis relacionadas aos diversos aspectos e condições ambientais e que estes contribuam para o incremento da produtividade e eficiência.

**Palavras-chave:** Carcinicultura. Teoria Sistêmica. Condições Ambientais. Componentes Ambientais.



## Introdução

A planície costeira é um ambiente de formação geológica recente, do Período Quaternário, que apresenta uma grande diversidade de sistemas ambientais. Estes sistemas estão sujeitos a processos dinâmicos que fazem com que essa unidade geomorfológica apresente características sujeitas a altas sensibilidades principalmente no que se refere às intervenções, modificações ou ações desenvolvidas pelo homem. Rocha (2015), avaliou a planície costeira piauiense, como um ambiente instável, dada a morfodinâmica acentuada e com alta vulnerabilidade. Características ambientais que se estendem por todas as feições geomorfológicas da mesma.

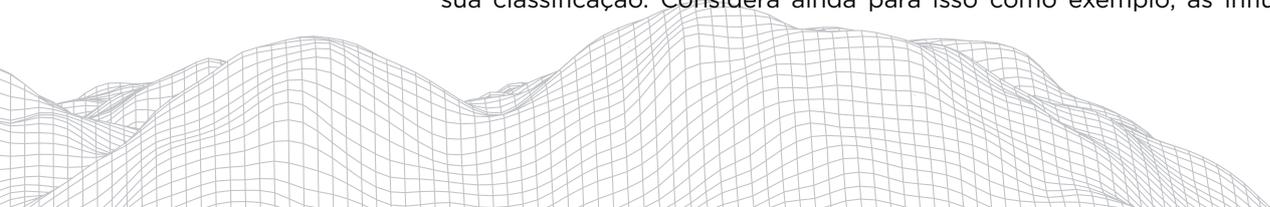
Dentre as atividades estão sendo desenvolvidas nas zonas costeiras têm-se a carcinicultura, que cresce nas regiões tropicais do mundo nas últimas décadas, e no Brasil tem tido especial êxito na costa semiárida do Nordeste. O desenvolvimento da atividade de carcinicultura sofre influência de fatores naturais ou componentes ambientais que são fundamentais para a análise e compreensão da atividade. Fatores como o clima, relevo, hidrografia, vegetação, enfim, boa parte dos componentes responsáveis pela complexa dinâmica natural associada a esse sistema produtivo. Além disso, essa inter-relação entre os diversos componentes ambientais criam particularidades que são necessárias ao desenvolvimento das atividades antrópicas, dentre elas a carcinicultura. Assim, a atividade da carcinicultura pode ser analisada a luz da Teoria Sistêmica (STRAHLER, 1950; CULLING, 1957; HACK; GOODLETT, 1960; CHORLEY; 1962; MOTTA, 1971; BERTRAND, 1972; CHRISTOFOLETTI, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1979; TROPPIAIR; GALINA, 2008; DO VALE, 2012) e das relações entre esses elementos, que atuam de forma interdependentes, interferem e impactam diretamente nos resultados e na forma de implantação e execução da atividade.

Estudos sobre a paisagem, associados aos geossistemas e às pesquisas em Geografia Física, apontam para um método que traz a relação sociedade-natureza. Neste sentido diversos autores relatam sobre a necessidade de entender e discutir conceitos sobre sistemas, geossistemas e paisagem (BERTRAND, 1972; CHRISTOFOLETTI, 1971; DO VALE, 2012; ROCHA, 2015).

Observa-se que, na composição dos elementos geossistêmicos aparece a figura humana como fator integrativo. Neste sentido, os autores entendem que na análise sistêmica, há a “integração de seus diversos elementos, oferecendo visão e ação holística, adquire importância fundamental para um planejamento correto da utilização e organização do espaço” (TROPPIAIR; GALINA, 2008, p. 87). Com isso, torna-se relevante definir ou identificar as partes que compõem um sistema geográfico, essas partes são chamadas de unidades ou componentes, em que cada unidade possui atributos ou qualidades que trazem características aos sistemas (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Trazendo a ideia de evolução da paisagem de Bertrand, as paisagens costeiras possuem como característica uma dinâmica extremamente acentuada (ROCHA, 2015) e partindo disso, no estudo da zona costeira, componentes ambientais deverão ser compreendidos, como o relevo, a hidrografia, os solos, vegetação, clima. Neste sentido, Do Vale (2012) relata que à medida que se aumenta o nível de detalhamento ou aproximação da área estudada, aumenta-se o número de sistemas que interferem na dinâmica da paisagem. Ainda para a autora, em uma relação individualizada entre sistemas há inúmeras variáveis passíveis de mensuração e análise que expressam seus atributos.

Cavalcanti (2000) relata que nos estudos das zonas costeiras adotam-se critérios morfológicos, dinâmicos, climáticos e oceanográficos para sua classificação. Considera ainda para isso como exemplo, as influências dos

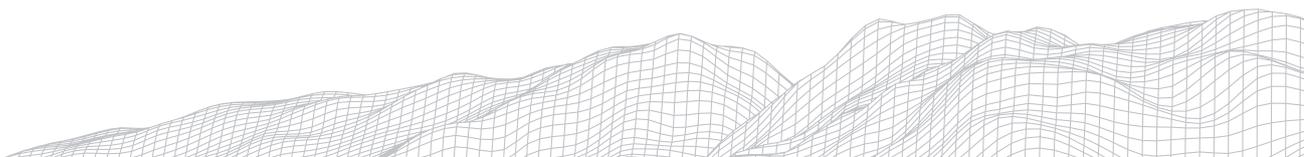


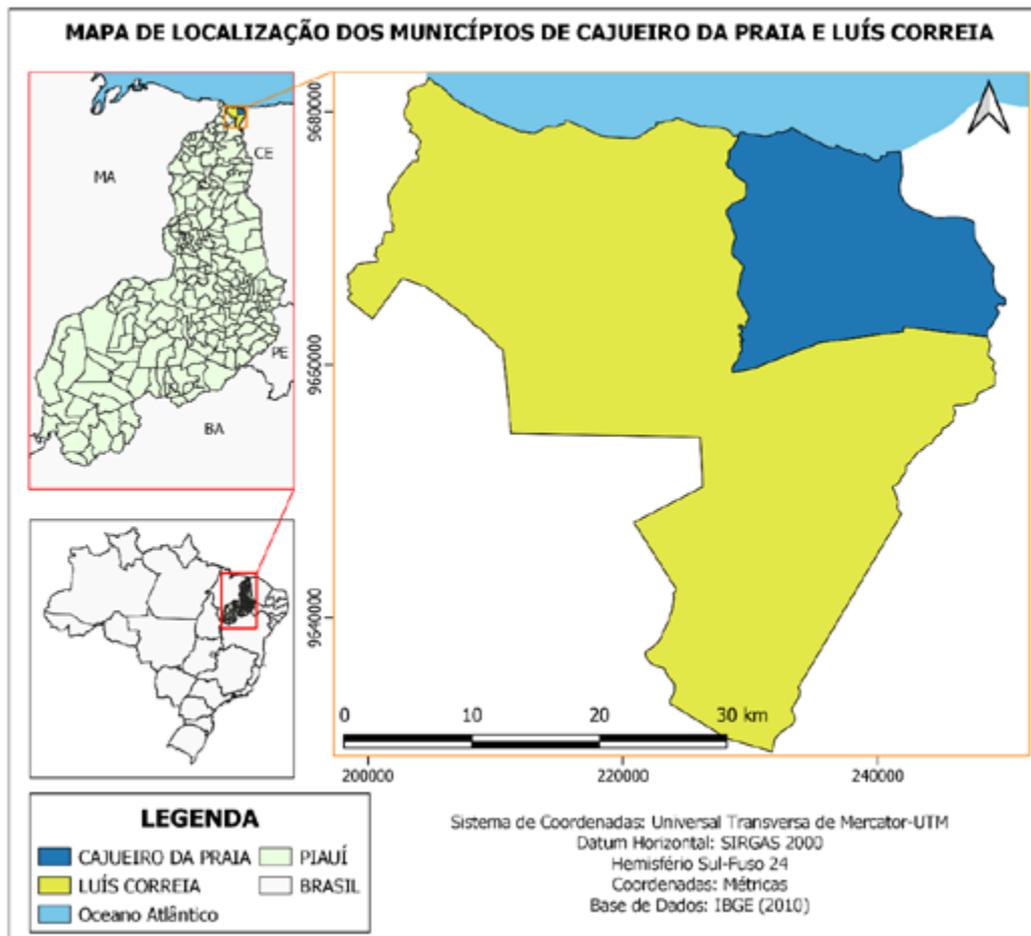
cursos d'água na evolução das costas ou os processos eólicos costeiros. O processo de formação do relevo costeiro é influenciado por diversos fatores morfogênicos, dentre eles a geologia, os movimentos da crosta e fatores climáticos, como temperatura e chuvas ao longo de milhares de anos. Além destes, nesses processos costeiros outros fatores como o movimento das marés podem influenciar o processo de formação do relevo costeiro (PAULA, 2013). Paula (2013) afirma ainda que foi no Holoceno que a atual planície costeira do Estado do Piauí veio a ser definido, diversas feições como sistemas fluviais, gerações de dunas, meandros, ilhas fluviomarinhas, estuários e outras feições formaram-se neste período geológico. Baptista (2016), identifica as feições geomorfológicas do litoral piauiense, que é formado pelas planícies fluviais, planícies lacustres, planícies fluviomarinhas, praias, campo de dunas, estuários e delta.

Assim, o artigo apresenta uma pesquisa bibliográfica sobre os componentes geoambientais da planície costeira piauiense, em específico os municípios de Luís Correia e Cajueiro da Praia, onde a prática da carcinicultura representa quase que 90% da produção do Estado. O objetivo deste artigo é, analisar os componentes ambientais e as relações entre estes componentes e a atividade de carcinicultura na planície costeira piauiense identificando também, possíveis impactos ambientais associados a atividade de criação de camarão.

### **Área de estudo**

A área de estudo é constituída pelos municípios de Cajueiro da Praia e Luís Correia, possui limites ao norte Oceano Atlântico, ao sul com o município de Cocal, ao leste com o Estado do Ceará e ao Oeste com os municípios de Parnaíba e Bom Princípio do Piauí. A figura 1 mostra o mapa de localização da área de estudo.





**FIGURA 1:** Mapa de Localização dos municípios de Cajueiro da Praia e Luís Correia  
Fonte: Autor com base de dados do IBGE (2010).

A cidade de Cajueiro da Praia fica localizada a 393,4 km da capital do Piauí, Teresina, está localizada na latitude  $02^{\circ}55'40''$  e longitude  $41^{\circ}20'10''$ , possuindo uma população estimada de 7.674 pessoas e área de 271,165 km<sup>2</sup> (IBGE, 2020). Possui faixa linear litorânea de 13 km (DA SILVA DUTRA; DO AMARAL PEREIRA, 2015), o que corresponde a 16,69% do litoral piauiense. Luís Correia fica localizada a 350 km da capital do Piauí, Teresina, está localizada na latitude  $02^{\circ}52'45''$  e longitude  $41^{\circ}40'01''$ , possuindo uma população estimada de 30.111 pessoas e área de 1.071,276 km<sup>2</sup> (IBGE, 2020). Possui faixa linear litorânea de 27 km, o que corresponde a 41% do litoral piauiense (BAPTISTA, 2010).

Destaca-se que os municípios foram elencados por serem os maiores produtores de camarão do estado. No Piauí, a atividade é desenvolvida desde a década de 70, sendo atualmente o quinto maior produtor do país com produção média estimada em 3.000 toneladas/ano. Dados da Associação de Piauiense de Produtores de Camarão - APCC, mostram que em 2019 o estado produziu cerca 2.300 toneladas de camarão em fazendas de carcinicultura ocupando uma área de 1.169 hectares e com uma produtividade média de 1,967 toneladas/hectare. Dados do Caderno Setorial ETENE do Banco do Nordeste (2021) mostram a produção do camarão piauiense entre 2016 e 2019, apresentando respectivamente 3.140 ton, 2.773 ton, 2318 ton e 2320 ton (XIMENES, 2021).

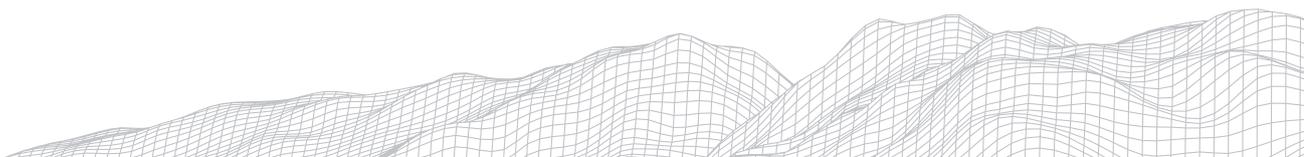
Mostram também uma situação de estabilidade na produção de camarão no Piauí entre 2018 e 2019 e coloca o município de Cajueiro da Praia como maior produtor do estado. Observa-se também que o município de Cajueiro da Praia possui metade das fazendas e da área em produção além de 33% dos laboratórios de produção de larvas (SAMPAIO, COSTA e SAMPAIO, 2008). Em 2013 Cajueiro da Praia apresentou uma produção de 2.177 toneladas e Luís Correia 1.688 toneladas estando ambos entre os 20 maiores produtores de camarão do Brasil.

### Metodologia

O artigo apresenta como metodologia uma revisão de literatura de natureza descritiva e exploratória, que utilizou da pesquisa bibliográfica para atingir os objetivos do estudo. Segundo Gil (2017), o estudo bibliográfico recorre a produções científicas presentes em bases de dados e produções acadêmicas. A consulta à literatura permitiu realizar a caracterização dos componentes geoambientais e as relações entre estes e a atividade de criação de camarão. Foram analisadas as produções acadêmicas sobre os componentes geoambientais presentes na planície costeira piauiense, em específico os municípios de Luís Correia e Cajueiro da Praia, onde a prática da carcinicultura representa quase que 90% da produção do Estado.

A revisão de literatura permitiu ainda identificar os principais impactos associados a atividade de criação do camarão e produzir um checklist para avaliação da atividade na área objeto de estudos. Neste sentido, os principais impactos negativos aos ambientes naturais listados pela literatura são: ocupação, degradação e supressão das áreas de manguezais e no seu entorno (apicuns) e desmatamento ou diminuição da cobertura florestal (MAIA *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2019; CAVALCANTE; ALOUFA, 2018; FERNANDES *et al.*, 2018; GOMES; BATISTA; LIMA, 2018); contaminação de corpos d'água, degradação da qualidade das águas (DE PAULA, 2019; MAIA *et al.*, 2019; CARVALHO; MELLO, 2018; DE PAULA, 2018; DE JESUS *et al.*, 2018); extinção de espécies pesqueiras e demais espécies da fauna costeira, perda da biodiversidade (DE PAULA, 2019; DE PAULA, 2018; DE JESUS *et al.*, 2018; DE ARAÚJO; NASCIMENTO; OLIVEIRA 2016); intensificação de processos erosivos (FERNANDES *et al.*, 2018); GOMES; BATISTA; LIMA, 2018; MOREIRA; JÚNIOR, 2017); modificação do fluxo dos corpos hídricos nos estuários ou interferência nos padrões de circulação da água nos estuários, modificação dos fluxos das marés (MAIA *et al.*, 2019; GOMES; BATISTA; LIMA, 2018; DE JESUS *et al.*, 2018); eutrofização do ambiente aquático (GOMES; BATISTA; LIMA, 2018); salinização de lençóis freáticos e das águas doces (GOMES; BATISTA; LIMA, 2018; ABREU; VASCONCELOS; ALBUQUERQUE, 2017); assoreamento e aterramento (GOMES; BATISTA; LIMA, 2018; DOS SANTOS; DA SILVA, 2016); modificação ou destruição da paisagem natural; danos cumulativos ao longo das bacias hidrográficas onde se situam as fazendas; alterações na morfologia dos ambientes costeiros e campos de dunas (DE OLIVEIRA, 2017; DOS SANTOS; DA SILVA, 2016).

A metodologia a ser aplicada para identificação de fazendas de camarão foi baseada em na captura de imagens de satélite LANDSAT5, LANDSAT7, LANDSAT8 e CBERS-4A. Além disso foram capturadas imagens disponíveis no *software* do *Google Earth Explorer* através da plataforma *online*. Posteriormente, foram desenvolvidos mapas a partir da aplicação e da interpretação das imagens e das técnicas de geoprocessamento utilizando o *software* QGIS 2.18.0. Com isso a partir dos resultados do processamento e da classificação das imagens, foi possível a realização do mapeamento das áreas ocupadas pela carcinicultura na zona costeira piauiense ao longo dos últimos 35 anos. Assim foi realizada uma série histórica com a evolução das áreas ocupadas em hectares pela atividade de aquicultura nos anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020.



#### 4. Resultados e Discussões

A atividade da carcinicultura no estado, desenvolve-se principalmente nas planícies fluviomarinhas da costa piauiense, que se caracterizam pela constituição de “sedimentos lanosos orgânicos, argilas plásticas e fragmentos vegetais, típicos de pântanos, alagados e regiões semi-submersas de água doce ou salobra” (BAPTISTA, 2010, p. 151). Estas áreas correspondem às áreas de manguezais, que são zonas de influência direta das marés, cursos d’água e lagoas localizadas nas planícies dos rios Parnaíba, Igarassú, Cardoso e Camurupim (CAVALCANTI; CAMARGO, 2002). Essas áreas são também denominadas como alagados de maré ou apicuns, que são áreas de transição dos manguezais.

Assim, a carcinicultura na zona costeira piauiense, tem ocorrência principalmente em compartimentos da planície costeira que estão localizados próximos a leitos de rios e cursos d’água e que também sofrem influência das marés, esta pode ser uma possível justificativa para que os empreendimentos de criação de camarão sejam desenvolvidos nestes locais, devido à grande necessidade de água para abastecimento dos tanques de criação. Além disso diversos estudos sobre carcinicultura identificam e justificam a realização da atividade nestes compartimentos (CREPANI e MEDEIROS, 2003; NATORI *et al.* 2011; PAULA, 2013; ROCHA, 2015).

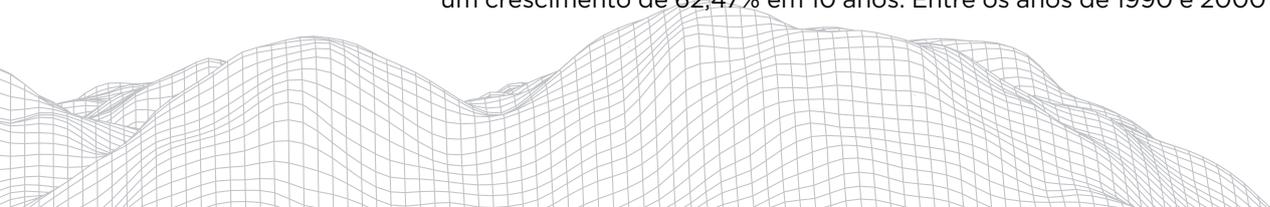
No trabalho de Crepani e Medeiros (2003) é identificado a evolução da ocupação destas áreas na planície costeira piauiense, este estudo analisa através de imagens por satélite e em períodos de tempo diferentes (1984, 1986, 1990, 2000 e 2001) a evolução de ocupação das áreas de ocorrência da atividade de carcinicultura em “dunas fixas e móveis, apicuns, mangues...e áreas onde a vegetação de mangue foi retirada para instalação de tanques” Crepani e Medeiros (2003, p. 1541). Apesar de não ser um estudo recente, evidencia-se que as áreas de planície fluviomarinhas são as que mais acabam por absorver a atividade de carcinicultura, devido principalmente as condições oferecidas por este meio para o desenvolvimento da atividade.

Neste mesmo sentido, a figura 2 abaixo mostra a evolução das áreas ocupadas com aquicultura desde 1985. Assim, foi realizada uma série histórica com a evolução das áreas ocupadas em hectares pela atividade de aquicultura nos anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020, conforme a figura 2 abaixo.

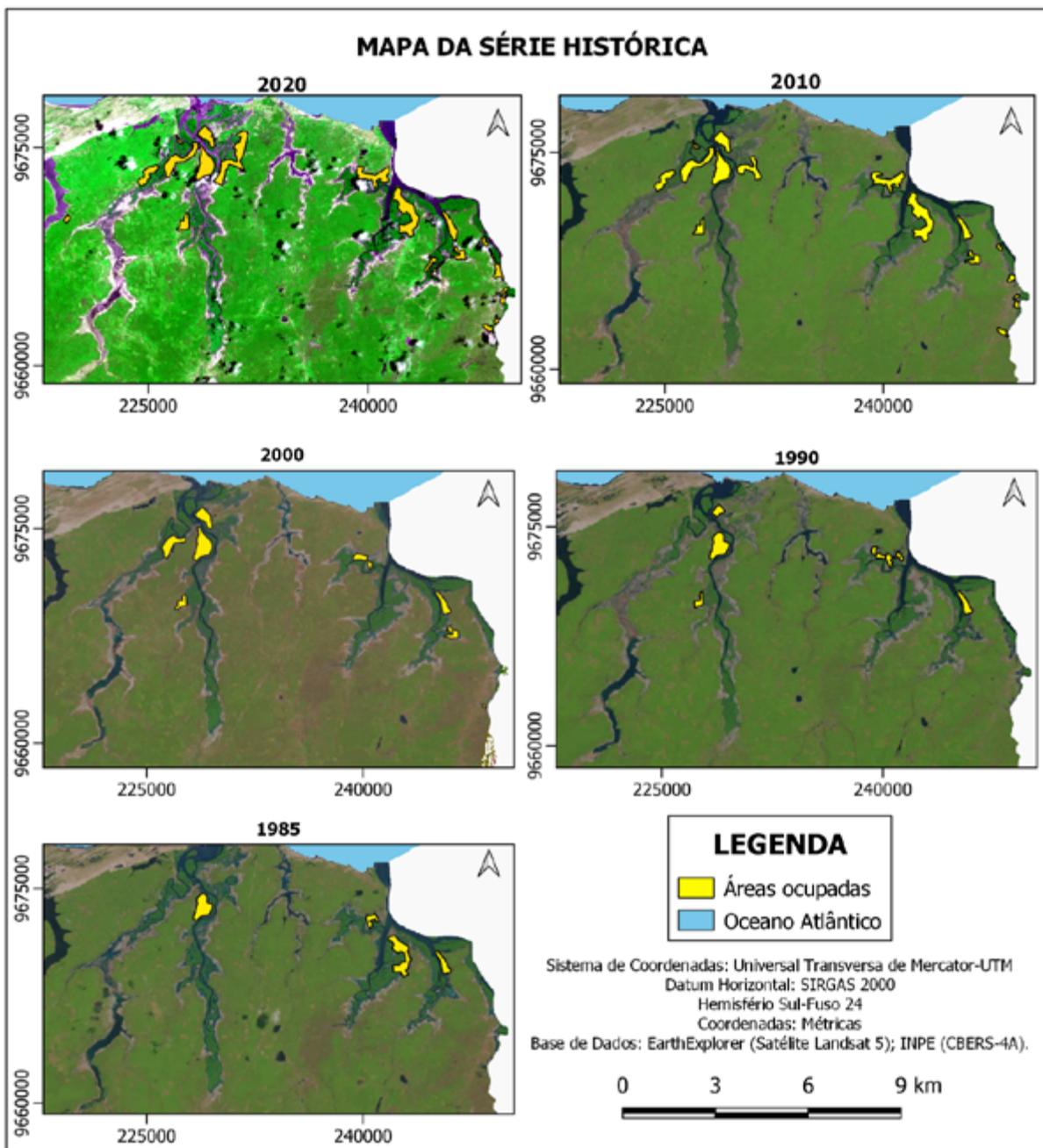
Com isso, inicialmente em 1985, observou-se que a maioria (três unidades produtoras) das fazendas se localizavam no município de Cajueiro da Praia e que a área ocupada por tanques em Luís Correia era de apenas 1 produtor. No ano de 1985 as atividades de aquicultura ocupavam aproximadamente 432,067 ha e observa-se que a atividade de criação de camarão em cativeiro no Piauí tem sua origem em meados dos anos de 1970. No ano de 1990, observou-se a redução da área ocupada em Cajueiro da Praia com a identificação de alguns tanques inativos na área do município. Porém, em Luís Correia observou-se um aumento da área ocupada. Ainda em 1990 a área ocupada era de 349,982 ha, esta redução pode ser explicada pelo processo de adaptação do camarão *Litopenaus Vannamei* no Estado do Piauí.

No ano 2000, observou-se a manutenção da área ocupada em Cajueiro da Praia e ainda foram identificados tanques inativos na área do município, estes tanques inativos podem ser refletidos em possíveis impactos ambientais negativos pelo abandono de tanques em áreas de manguezais. Porém, em Luís Correia observou-se mais uma vez um aumento da área ocupada.

No 2000, a área ocupada pela atividade era de 560,229 ha o que representa um crescimento de 62,47% em 10 anos. Entre os anos de 1990 e 2000 o comércio



de camarão começou a ganhar força no mercado brasileiro tendo um incremento de produção em todo território nacional. No ano de 2010, a área ocupada já era de 1.190,534 ha. O período de 2000 a 2006 foi marcado pelo grande aumento da produção de camarão a nível mundial, porém após esse período o vírus mancha branca dizimou grandes produções de camarão a nível mundial. Mesmo assim, entre 2000 e 2010 a área ocupada pela atividade de aquicultura no estado do Piauí teve um acréscimo de 112,51%. No ano 2010, observou-se a grande aumento da área ocupada com a atividade de aquicultura em Cajueiro da Praia, foram identificados que alguns tanques antes estavam inativos foram reativados. Em Luís Correia, observou-se mais uma vez um aumento da área ocupada pela atividade. No ano 2020, observou-se aumento da área ocupada com a atividade de aquicultura em Cajueiro da Praia e em Luís Correia.



**FIGURA 2:** Mapa da série histórica das áreas ocupadas com aquicultura na Zona Costeira piauiense  
Fonte: Elaborado pelo autor com uso do software Google EarthExplorer (2020).

Atualmente, em 2020 foram identificados 1.477,226 ha com a atividade de carcinicultura no estado do Piauí. Em 2019 a produção registrada pela Associação de Criadores de Camarão do Estado do Piauí foi de 2.600 toneladas entre seus associados, com uma área ocupada de 1.169 ha.

Com isso, verificou-se a evolução da ocupação da planície costeira dos municípios de Luís Correia e Cajueiro da Praia, com a atividade de aquicultura. No estado do Piauí, a atividade ocorre principalmente na planície costeira, tendo como característica ser realizada em áreas de manguezais ou apicuns, estas áreas são consideradas de alta sensibilidade e além disso são áreas de Proteção Ambiental.

Estas planícies fluvio-marinhas, na área de estudo apresentam-se representadas por desembocaduras como a dos rios Cardoso e Camurupim, que estabelecem os limites geográficos entre os municípios de Luís Correia e Cajueiro da Praia (ROCHA, 2015) e Ubatuba/Timonha em Cajueiro da Praia (SOUSA, 2019), tendo o manguezal como vegetação que se desenvolve ao longo dos estuários, além disso nesses locais a salinidade apresenta variações diárias controladas, em especial, pela variação das marés, observando que a salinidade também sofre variações significativas nos períodos chuvosos.

Neste sentido, há outras desembocaduras fluviais que formam planícies fluvio-marinhas e são usadas para a produção do camarão, em Cajueiro da Praia, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020), os principais cursos d'água que drenam o município são os rios Arraia, Camurupim, Carpina, Carmelo, Timonhas, Ubatuba. Sousa (2019, p. 101) coloca que na planície fluvio-marinha encontram-se os tanques da atividade de carcinicultura, estes estão localizados em áreas de apicum e salgados, e são os principais responsáveis pela "interferência na dinâmica desse ambiente".

Na carcinicultura, alguns minerais são importantes no processo de formação do camarão como por exemplo os níveis de cálcio presentes no solo que influenciam no processo de formação da carcaça do camarão e esta quantidade de calcário costuma ser proveniente do processo de decomposição animal presente neste meio em algum período do tempo. Partindo disso, e sabendo que os solos são formados a partir da decomposição de rochas e minerais, outros elementos são importantes em sua formação como a água, o ar, os minerais e a matéria orgânica. As características dos solos são importantes na medida em que interferem nos processos ambientais e humanos. Com isso, nas atividades humanas como a carcinicultura mostra-se relevante entender a composição dos solos onde a atividade é desenvolvida. Diversos estudos mostram que características físico-químicas como textura e composição do solo são fatores que devem ser considerados na escolha dos locais onde serão construídos os tanques de criação de camarão, principalmente características dos solos relacionados à drenagem, além disso relacionam e analisam características dos solos associados a atividade de criação de camarão (MANTEL; FARMER, 1983; DAVIS; LAWRENCE, 1997; ZWEIG; MORTON; STEWART, 1999; BOYD, 2002; CREPANI; MEDEIROS, 2003; ROCHA, 2006; LIMA; LIMA, 2007; FERREIRA; DE MELO; DA COSTA NETO, 2008; FERREIRA, 2009; BORBA; NOGUEIRA, 2013).

Assim, características do solo podem influenciar diretamente na atividade e no consumo de água das fazendas, trazendo como exemplo que as fazendas com solo arenoso requerem uma maior quantidade de água para poder repor a perda de água por infiltração. Na análise do solo deve-se verificar o nível de ferro e alumínio, visto que podem ter efeitos negativos na saúde dos animais caso estejam em quantidade superior aos parâmetros do meio. Uma das maneiras para corrigir e neutralizar o alumínio no solo é a aplicação de cálcio que também corrige o pH do solo, assim, na construção dos viveiros, primeiramente é feita a



correção do solo, através do revolvimento do solo com o uso de cal virgem ou calcário para desinfecção e neutralização da acidez. Este procedimento também é realizado para diminuir a possibilidade de patógenos no processo produtivo. Assim, na escolha do local de instalação dos viveiros, a qualidade do solo é essencial para o sucesso do empreendimento.

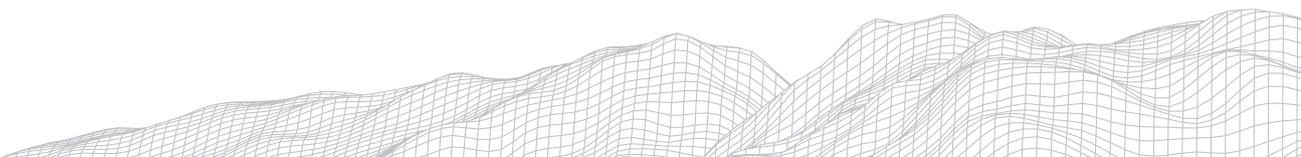
Apesar da variedade de solos a área ocupada pela atividade apresenta solos predominantemente representado por Gleissolos. Isto se explica devido a atividade acontecer de forma geral próxima a corpos d'água, ou seja, a carcinicultura na região costeira do Piauí ocorre nos locais próximos aos leitos dos rios e lagoas da região (planícies fluviomarinhas), pois há a necessidade de grande quantidade de água para abastecimento dos tanques e desenvolvimento da atividade. Além da presença de água a atividade de carcinicultura e outras atividades produtivas podem exigir determinadas características do solo como a presença de materiais orgânicos e minerais como cálcio, sódio, magnésio para um melhor desenvolvimento da atividade produtiva. Além disso outra característica como a drenagem do solo pode ser relevante no desenvolvimento da atividade. A presença desses e outros elementos e características dos solos adequados para o desenvolvimento da carcinicultura serão discutidos em seções posteriores que tratam sobre os parâmetros de monitoramento e da escolha do local para instalação de viveiros e tanques.

Quanto à vegetação presente nos compartimentos da planície costeira piauiense, em específico nos compartimentos geomorfológicos dos municípios de Cajueiro da Praia e Luís Correia, onde a atividade de carcinicultura é desenvolvida, observa-se que nas planícies onde instalou-se a atividade observa-se que a pressão humana sobre os ambientes costeiros tem gerado impactos que vão desde a retirada da vegetação nativa para dar lugar à urbanização (no caso em questão aos tanques), quanto à retirada da vegetação ciliar (ao longo das margens fluviais bem como nos ambientes lacustres) para realização de atividades econômicas (PAULA, 2013). Aponta-se ainda que, por vezes a carcinicultura semi-intensiva acontece de forma insustentável e impacta diretamente na disponibilidade dos recursos naturais, dentre eles a vegetação, além de outros problemas ambientais não relacionados à vegetação.

Outros trabalhos como Crepani e Medeiros (2003); Araripe, Lopes e Bastos, (2006) e Sousa, Valladares e De Espindola (2016), relacionam a transformação de áreas em que a carcinicultura tem ocupado, especificamente em áreas com espaços arenosos em torno dos manguezais (região denominada de vegetação apicum). Para o Código Florestal Brasileiro as áreas de manguezal são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP). Porém a atividade de carcinicultura tem sido ao longo do tempo desenvolvida em áreas de apicuns.

De acordo com as características da vegetação presente na zona costeira piauiense, estas constituem ecossistemas essenciais para a vida de diversas espécies animais e vegetais. Durante muito tempo e em diversos trabalhos e pesquisas citados anteriormente, descreve-se e coloca-se em evidência os diversos impactos negativos da implantação da carcinicultura sobre estas vegetações e ambientes, principalmente as áreas de manguezal e apicuns (MAIA *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2019; CAVALCANTE; ALOUFA, 2018; FERNANDES *et al.*, 2018; GOMES; BATISTA; LIMA, 2018; DE JESUS *et al.*, 2018; ABREU; VASCONCELOS; ALBUQUERQUE, 2017; DE OLIVEIRA, 2017; MOREIRA; JÚNIOR, 2017; NETO, 2016; SANTOS *et al.*, 2016; DE MELO SOARES *et al.*, 2016; DOS SANTOS; DA SILVA, 2016).

Quanto aos impactos ambientais associados aos componentes analisados, diversos estudos relacionam estes a atividade de carcinicultura. Neste sentido, há uma vasta literatura que associam diversos impactos ambientais negativos



ligados a produção de camarão: contaminação de corpos d'água, degradação da qualidade das águas (DE PAULA, 2019; MAIA *et al.*, 2019; CARVALHO; MELLO, 2018; DE PAULA, 2018; DE JESUS *et al.*, 2018; ABREU; VASCONCELOS; ALBUQUERQUE, 2017; LOPES; LOURENÇO; REUSS-STREZEL, 2016; DOS SANTOS; DA SILVA, 2016); extinção de espécies pesqueiras e demais espécies da fauna costeira, perda da biodiversidade (DE PAULA, 2019; DE PAULA, 2018; DE JESUS *et al.*, 2018; DE ARAÚJO; NASCIMENTO; OLIVEIRA 2016; SANTOS *et al.*, 2016; DOS SANTOS; DA SILVA, 2016); intensificação de processos erosivos (FERNANDES *et al.*, 2018); GOMES; BATISTA; LIMA, 2018; MOREIRA; JÚNIOR, 2017; DOS SANTOS; DA SILVA, 2016); modificação do fluxo dos corpos hídricos nos estuários ou interferência nos padrões de circulação da água nos estuários, modificação dos fluxos das marés (MAIA *et al.*, 2019; GOMES; BATISTA; LIMA, 2018; DE JESUS *et al.*, 2018; DE OLIVEIRA, 2017; DOS SANTOS; DA SILVA, 2016) eutrofização do ambiente aquático (GOMES; BATISTA; LIMA, 2018); salinização de lençóis freáticos e das águas doces (GOMES; BATISTA; LIMA, 2018; ABREU; VASCONCELOS; ALBUQUERQUE, 2017); assoreamento e aterramento (GOMES; BATISTA; LIMA, 2018; DOS SANTOS; DA SILVA, 2016); modificação ou destruição da paisagem natural; danos cumulativos ao longo das bacias hidrográficas onde se situam as fazendas; alterações na morfologia dos ambientes costeiros e campos de dunas (DE OLIVEIRA, 2017; DOS SANTOS; DA SILVA, 2016).

Assim, atividades produtivas quando instaladas nestes locais devem considerar adaptar o processo produtivo com o objetivo de que este, possa minimizar ou reduzir os impactos negativos da atividade empreendedora para estes sistemas ecológicos, além disso ações mitigadoras que controlem e reduzam estes impactos devem estar presentes em seus planos de manejo, além da necessidade de adequação às normas o que inclui por exemplo o licenciamento ambiental.

### **Considerações finais**

O artigo permitiu verificar a relevância em considerar variáveis ambientais na gestão de um empreendimento de carcinicultura. Quanto ao relevo e a estrutura geológica e geomorfológica, este componente pode influenciar por exemplo na disponibilidade e qualidade da água, pois costuma-se executa-la em compartimentos planos e próximos a corpos d'água, pois canais de abastecimento costumam ser construídos nas áreas mais baixas das propriedades, para que facilitem processos como despesca e renovação da água dos viveiros, sendo que o ideal é que esses canais sejam construídos para que possam também ser utilizados como canais para futuras bacias de decantação.

Quanto ao solo e sua composição mineralógica, pode ser um fator relevante ao desenvolvimento da atividade pois estes podem influenciar diretamente nos resultados de produtividade e eficiência da atividade. Para isso estudos geológicos e pedológicos são importantes instrumentos neste processo para uma escolha de locais que permitam uma melhor acessibilidade e que permitam um local mais adequado para instalação dos viveiros.

Em relação a vegetação, identificou-se que de forma geral a atividade de carcinicultura vem sendo desenvolvida no Piauí em áreas de mangue e apicuns desde os anos 80. O estudo verificou diversos impactos que a atividade de criação de camarão pode causar ao meio ambiente, sendo assim relevante que o empreendedor/produtor entenda as características ambientais destes compartimentos e assim possa fazer com que a atividade gere o menor impacto ambiental possível nesses compartimentos. Conforme dispositivo legal, a atividade não deve ser instalada em Áreas de Proteção Permanente (APP), assim, ações de mitigação de possíveis impactos ambientais se tornam necessários como: construção de bacias de decantação e tratamento de resíduos gerados no processo produtivo, além disso observa-se que os empreendimentos desenvolvidos nestes compartimentos devem passar pelo processo de Licenciamento Ambiental.

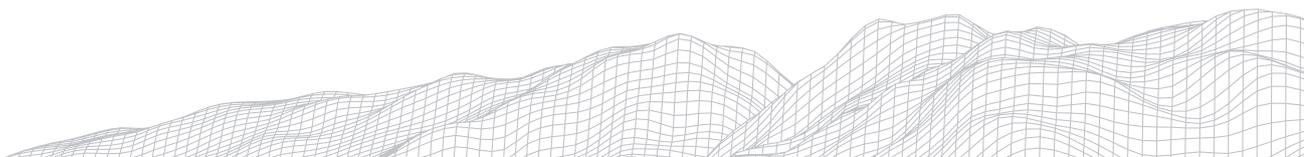


## Agradecimentos

Agradecimento ao Programa de Pós Graduação em Geografia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI, através do MAPEPROF - Mestrado Profissional em Planejamento e Análise Espacial.

## Referências

- ABREU, F. L.; VASCONCELOS, F. P.; ALBUQUERQUE, M. F. C. A diversidade no uso e ocupação da zona costeira do Brasil: a sustentabilidade como necessidade. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 5, p. 8-16, 2017.
- ARARIPE, H. G. de A.; LOPES, J. B.; BASTOS, M. E. G. Aspectos do licenciamento ambiental da carcinicultura na APA do Delta do Parnaíba. **Ambiente & Sociedade**, v. 9, n. 2, p. 143-173, 2006.
- BAPTISTA, E. M. C. **Estudo morfossedimentar dos recifes de arenito da zona litorânea do estado do Piauí**, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2010. p. 305.
- BAPTISTA, E. M. DE C. Geomorfologia e Geodiversidade do litoral piauiense para fins de Geoconservação. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 1250-1258, 27 out. 2016.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: Esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo: USP, 1972.
- BORBA, M.; NOGUEIRA, J. Carcinicultura Brasileira: o perfil do setor em cada unidade federativa produtora em 2011. **Revista ABCC**, v. 15, n. 2, p. 26-29, 2013.
- BOYD, C. E. Parâmetros da qualidade de água: o oxigênio dissolvido. **Revista ABCC**. Recife, 4 (1), pag. 66-69, 2002.
- CARVALHO, M. E. S.; MELLO, R. S. (Re)Conhecendo a Geodiversidade sergipana: elementos para valoração e geoconservação do litoral e sertão / (RE) Knowing the sergipan geodiversity: elements for valuation and geoconservation of the coastal and wilderness. **Geographia Meridionalis**, v. 4, n. 2, p. 206-226, 2018.
- CAVALCANTE, J. DA S. I.; ALOUFA, M. A. I. Gerenciamento costeiro integrado no Brasil: uma análise qualitativa do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro / Coastal management integrated in Brazil: a qualitative analysis of national coastal management plan. DRd - **Desenvolvimento Regional em debate**, v. 8, n. 2, p. 89-107, 29 jun. 2018.
- CAVALCANTI, A. P. B. 2000. **Impactos e condições ambientais da zona costeira do Estado do Piauí**. Rio Claro. 356p. Tese de Doutorado em Geografia, Universidade Estadual Paulista - UNESP.
- CAVALCANTI, A. P. B.; CAMARGO, J. C. G. **Impactos e condições ambientais da zona costeira do estado do Piauí**. In Do natural, do Social e de suas Interações. Rio Claro: UNESP/AGETEO, 2002. 272 p.
- CHORLEY, R. J. **Geomorphology and general systems theory**. 1962. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/pp/0500b/report.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2019.
- CHRISTOFOLETTI, A. A teoria dos sistemas. In: **Boletim de Geografia Teorética**, 1 (2) p.43-60. 1971.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: HUCITEC, 1979.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de. Carcinicultura em apicim no litoral do Piauí: uma análise com sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Anais eletrônicos, Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto-XI**, 2003.
- CULLING, W. E. H., 1957, Multicyclic streams and the equilibrium theory of grade: **Jour. Geology**, v. 65, p. 259274.
- DA SILVA DUTRA, A.; DO AMARAL PEREIRA, R. M. F. O município de Cajueiro da Praia (PI), Brasil: características naturais e a conservação de um patrimônio socioambiental. **Resgate: Revista Interdisciplinar de Cultura**, v. 23, n. 2, p. 57-68, 2015.
- DAVIS, D. A.; LAWRENCE, A. L. Minerals. In: D'ABRAMO, L. R., CONKLIN, D. E., AKIYAMA, D. M. (EDS.), **Crustacean Nutrition**,



vol. 6. Word Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, p. 150-163, 1997.

DE ARAÚJO, I. M. M.; NASCIMENTO, M. M. B.; DA COSTA OLIVEIRA, A. G. R. Recursos hídricos e saúde humana: impactos industriais e estratégias de manejo e proteção ambiental no município de Goiana/PE. **INTERthesis: Revista Internacional Interdisciplinar**, v. 13, n. 3, p. 163-181, 2016.

DE JESUS, E. N.; FEITOSA, F. R. S.; SOBRAL, I. S.; DA SILVA, H. P. Educação Ambiental e o Licenciamento: um olhar sobre os relatórios de impactos ambientais do estado de Sergipe. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 23-35, 2018.

DE MELO SOARES, R. H. R.; DOS SANTOS, D. B.; RIBEIRO, K.; BORGES, D. A.; PONTES, C. S. Licenciamento Ambiental como Ferramenta para Sustentabilidade: Análise da Carcinicultura do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Interfaces da Saúde**, ano 3, n. 1, p. 8-17, 2016.

DE OLIVEIRA, J. A. R. Zoneamento ambiental e ocupação territorial geográfico do distrito de Pontas de Pedra no município de Goiana litoral norte de Pernambuco - Brasil. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 8, n. 21, 2017.

DE PAULA, C. Q. Impactos ambientais na pesca artesanal brasileira: uma interpretação geográfica. **Revista PerCursos**, Florianópolis, v. 19, n.41, p. 79 - 106, set./dez. 2018.

DE PAULA, C. Q. A Pesca artesanal na geografia brasileira: impactos/conflitos, ambientes/territórios. **Para Onde!?**, v. 12, n. 1, p. 01-08, 2019.

DOS SANTOS, J. da S.; DA SILVA, D. B. INTERAÇÕES AMBIENTAIS E RISCOS NA PLANÍCIE COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE ITAPORANGA D'AJUDA. **Seminários Espaços Costeiros**, 2016.

DO VALE, C. C. Teoria geral do sistema: histórico e correlações com a geografia e com o estudo da paisagem. **ENTRE-LUGAR**, v. 3, n. 6, p. 85-108, 2012.

FERNANDES, R. T. V.; DE OLIVEIRA, J. F.; DE OLIVEIRA, J. C. D.; FERNANDES, R. T. V.; NASCIMENTO, L.; PINTO, A. R. M.; NOVAES, J. L. C. Impacto da carcinicultura no manguezal do rio das Conchas, Porto do Mangue, Rio Grande do Norte. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 3, p. 64-84, 2018.

FERREIRA, D. M.; DE MELO, J. V.; DA COSTA NETO, L. X. INFLUÊNCIA DA CARCINICULTURA SOBRE A SALINIZAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DO MUNICÍPIO DE GUAMARÉ/RN. **HOLOS**, v. 2, p. 72-80, 2008.

FERREIRA, N. C. **Aplicação de índices de qualidade de água (IQA) como apoio à carcinicultura marinha**. 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOMES, E. J. S.; BATISTA, I. S.; LIMA, Z. M. C. Cobertura, ocupação do solo e erosão no entorno da Laguna Guarairás/RN, Brasil. **HOLOS**, v. 34, n. 1, p. 140-156, 2018.

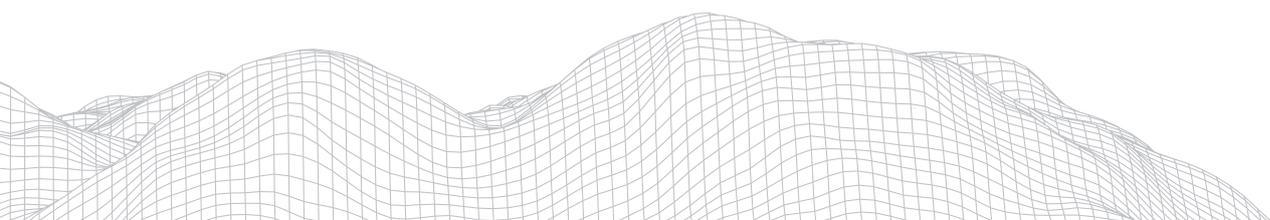
IBGE. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/luis-correia/panorama>>. Acesso em: 20. fev. 2020.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R. **Formação do solo**. LIMA, CV *et al.* O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. 1ed. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, p. 1-10, 2007.

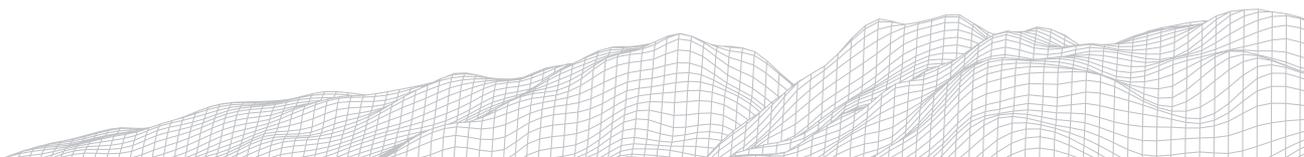
LOPES, E. R. DO N.; LOURENÇO, R. W.; REUSS-STRENZEL, G. M. Análise multicriterial aplicada a elaboração de zoneamento de unidade de conservação na zona costeira da Bahia, Brasil. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 37, p. 65 - 90, aug. 2016. ISSN 2177-2738.

MAIA, R. C.; SILVA, K. N.; BENEVIDES, J. D. A. J.; AMORIM, V. G.; DE SOUSA, R. M. Impactos ambientais em manguezais no Ceará: causas e consequências. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 5, p. 69-77, 2019.

MANTEL, L. H.; FARMER, L. L. Osmotic and ionic regulation. In: Mandel, L. H. (Ed.), *The Biology of Crustacea*, Vol. 5, Internal Anatomy and Physiological Regulation, **Academic Press**, New York, USA, 1983; p. 54-162.



- MOREIRA, Z. E. A.; JUNIOR, E. C. de A. (2017). Impactos socioeconômicos e ambientais do desenvolvimento industrial no município de Goiana-Pernambuco, Brasil. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, (2017-01).
- MOTTA, F. C. P. A teoria geral dos sistemas na teoria das organizações. **Revista de Administração de Empresas**, v. 11, n. 1, p. 17-33, 1971.
- NATORI, M. M. *et al.* DESENVOLVIMENTO DA CARCINICULTURA MARINHA NO BRASIL E NO MUNDO: avanços tecnológicos e desafios. **Informações Econômicas**, SP, v. 41, n. 2, fev. 2011.
- NETO, L. P. F. Impacto à efetivação de direitos econômicos e sociais da população tradicional da Bacia do Pina. **Neari em Revista**, v. 1, n. 2, 2016.
- PAULA, J. E. A. de. **Dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí: evolução, comportamento dos processos costeiros e a variação da linha de costa**. 2013. 247 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais. Instituto de Ciências do Mar (Labomar), Universidade Federal do Ceará (UFC), 2013.
- ROCHA, I. P. Impactos socioeconômicos e ambientais da carcinicultura brasileira: mitos e verdades. **Revista da ABCC**, v. 7, n. 4, p. 29-36, 2006.
- ROCHA, G. (2015). **Propostas para a elaboração de planos de gestão para a praia de Macapá - Luís Correia - Piauí /** Glairton Rocha. - Rio Claro, 213 f.: il., figs., tabs., quadros. Acesso em: 15 Mar 2019.
- SAMPAIO, Yony; COSTA, Ecio de Farias; SAMPAIO, Erica Albuquerque Breno Ramos. Impactos socioeconômicos do cultivo de camarão marinho em municípios selecionados do Nordeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, p. 1015-1042, 2008.
- SANTOS, E. A.; DOS SANTOS, S. S. C.; MELO, R.; DE ALMEIDA SAMPAIO, R. M. Conflitos Socioambientais em comunidades pesqueiras da Grande Aracajú, Sergipe, Brasil. **Revista Geografar**, v. 11, n. 1, p. 113-132, 2016.
- SOUSA, R. dos S. **Zoneamento geocológico do complexo fluviomarinho dos rios Cardoso/Camurupim e porção costeira adjacente, litoral leste piauiense**. 2019. 153 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- SOUSA, R. S.; VALLADARES, G. S.; DE ESPÍNDOLA, G. M. Análise do índice de vegetação (NDVI) e vulnerabilidade ambiental da planície costeira do estado do Piauí. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 18, n. 2, p. 3, 2016.
- SOUZA, A. P. S.; SOUZA, I. S.; OLAVO, G.; LOBÃO, J. S. B.; SÃO JOSÉ, R. B. Mapeamento e identificação de vetores responsáveis pela supressão do manguezal na Zona Costeira do Baixo Sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 07, p. 2503-2521, 2019.
- STRAHLER, A. N., 1950, Equilibrium theory of erosional slopes, approached by frequency distribution analysis: **Am. Jour. Sci.**, v. 248, p. 673-696, 800-814.
- TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. GEOSISTEMAS (Geosystems). **Mercator**, Fortaleza, v. 5, n. 10, p. p. 79 a 90, nov. 2008. ISSN 1984-2201. Available at: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/69>>. Date accessed: 03nov. 2019.
- XIMENES, L. F. Produção de pescado no Brasil e no Nordeste brasileiro. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 5, n.150, jan. 2021. (**Caderno Setorial ETENE**, n.150).
- ZWEIG, R. D.; MORTON, J. D.; STEWART, M. M. **Source water quality for aquaculture**. The World Bank, Washington, USA, p. 66. 1999.



# CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONTRIBUIÇÃO DA GEOMORFOLOGIA AMBIENTAL NA ANÁLISE DE ÁREAS DEGRADADAS NA CIDADE DE TIMON/MA

763

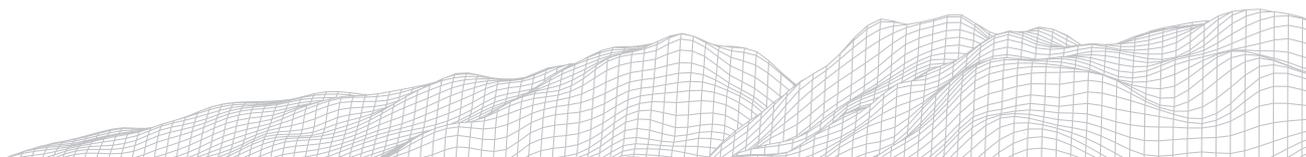
---

*Rafael José Marques*  
Universidade Federal do Piauí-UFPI  
E-mail: [rafaeljmarques.geo@gmail.com](mailto:rafaeljmarques.geo@gmail.com)  
*Iracilde Maria de Moura Fé Lima*  
Universidade Federal do Piauí-UFPI  
E-mail: [iracildefelima.edu.br](mailto:iracildefelima.edu.br)

## RESUMO

A da geomorfologia ambiental é uma importante abordagem de conhecimento que pode auxiliar análises de áreas degradadas na região, um estudo da paisagem morfológica. Por tanto, o presente trabalho aborda a importância do conhecimento geomorfológico na análise de áreas degradadas causada pela atividade de extração de minerais não metálicos, utilizadas para a construção civil. Mostrar a aplicação do conhecimento geomorfológico nos estudos de reabilitação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia de solos, como também a formulação de estratégias para o planejamento para o desenvolvimento sustentável. O objetivo geral relacionar os estudos geomorfológicos nas questões ambientais, na alteração do relevo, gerando formas derivadas dessas apropriações, analisando os impactos ambientais decorrentes das atividades de extração. A metodologia utilizada inicialmente foi a pesquisa bibliográfica disponível, pesquisa de campo para observação do local degradado com registro fotográfico e ortofotoimagens do *google earth* e mapas produzidos em SIG. Os resultados obtidos foram as identificações dos efeitos negativos, causando alterações bastante visíveis, em determinados espaços urbanos. E assim, consequentemente, apresentar a relevância da ciência do relevo para atuar na conservação dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** geomorfologia, degradação, meio ambiente.



## 1. Introdução

A ciência geomorfológica tem um importante papel, juntamente com outras ciências afins e que possam auxiliar nos estudos do ambiente, da paisagem, tanto no rural como no urbano. Muitas atividades humanas desenvolvidas, são e se utilizam do recurso que pode ser a superfície terrestre, sobre alguma forma de relevo, causando muitas vezes significativas modificações e gerando uma geomorfologia antropogênica.

O conhecimento da ciência do relevo, a Geomorfologia, tem sido cada vez mais relevante no que diz respeito aos aspectos relacionados nas questões ambientais, particularmente, nos estudos de áreas degradadas. A Geomorfologia é a ciência que integra aspectos que envolvem conhecimento das atividades sociais e ambientais, que são fundamentais aos estudos e pesquisas voltados às ações de caráter aplicativo, ou seja, usar verdadeiramente a teoria em atividades de campo (CHRISTOFOLETTI, 1980; MARQUES, 2007).

A ciência geomorfológica procura compreender as formas de relevo em diferentes escalas espaciais e temporais, explicando sua gênese e evolução, Marques (2007). Para tanto, associa os conhecimentos em vários campos do saber, como a Pedologia, a Climatologia, a Geologia, a Biogeografia, e a própria Geografia. Isso porque as formas de relevo e os processos associados têm sua origem na combinação dos eventos que ocorrem no interior do planeta, forças endógenas, que são forças geradas pelas correntes de convecção no interior do manto terrestre. São elas as responsáveis pela movimentação das placas tectônicas.

A Geomorfologia pode contribuir na recuperação dessas áreas, em conjunto com a Engenharia, Geologia, Pedologia, Bioengenharia e outras ciências afins. Muitas vezes, outras técnicas, ditas naturais e de custo mais baixo, podem trazer os mesmos benefícios, sem transformar tanto a paisagem anterior. Além disso, sua durabilidade pode ser igual ou até maior do que as obras tradicionais de contenção de encostas feitas pela engenharia.

Espera-se com este artigo possa contribuir para análises de impactos ambientais, áreas degradadas com o auxílio do conhecimento geomorfológico, através da produção de informações sobre as características físicas e ambientais, que são fundamentais para subsidiar tomadas de decisões das autoridades públicas, nas três esferas do poder, e novos estudos com vistas ao planejamento e à conservação dos recursos naturais, bem como o parcelamento, o uso e ocupação dos solos urbano e rural.

Este trabalho tem como objetivo geral relacionar os estudos geomorfológicos nas questões ambientais, na degradação do relevo, analisando os impactos ambientais decorrentes das atividades de extração de material de construção civil, no perímetro urbano de Timon/MA.

Os objetivos específicos foram: realizar a revisão do conceito da Geomorfologia Ambiental; identificar os impactos e degradação na superfície no relevo; apresentar possíveis meios para a mitigação dessas áreas. A metodologia utilizada inicial foi a pesquisa bibliográfica disponível em teses, dissertações e artigos que tenham a mesma abordagem de conteúdo, pesquisa de campo para observação do local degradado com registro fotográfico e análise de imagens de satélite em Sistema de Informação Geográfica - (SIG) gratuito, SIG QGIS, versão 3.16, e imagens adaptadas do *Google Earth Pro*.

Por tanto, para o entendimento das ocorrências das alterações do relevo, causados pela ação humano por diversos meios, a Geomorfologia que possa ser



uma boa ferramenta para entender melhor os processos, sendo é uma ciência que integra atividades sociais e ambientais, relevante relacionamento do homem, relevo e solo nas áreas impactadas da paisagem.

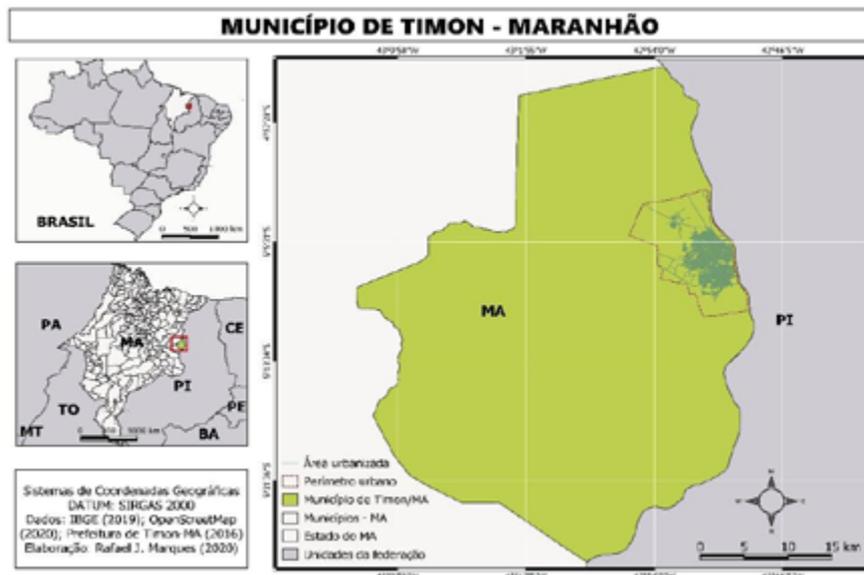
## 2. Metodologia

Na elaboração deste artigo científica utilizou-se, inicialmente o levantamento bibliográfico de teses, dissertações, livros, artigos, em periódicos, relacionados ao tema discutido, com o objetivo de buscar fundamentação teórica para a sustentação e elaboração desta pesquisa. Em seguida foram identificadas as bacias hidrográficas e seu respectivo mapeamento com o apoio de Sistemas de Informação Geográficas - SIG's, de uso e código abertos, para representação em mapas e imagens de satélites para compor uma visualização que possa explicar melhor o tema discutido.

Foi acrescido registros fotográficos de características e feições que possam elucidar acerca do conteúdo abordado a fim de promover uma melhor visualização das condições reais da implantação da área foco do tema, assim como realizar análise do ambiente ali existente.

### 2.1 Localização

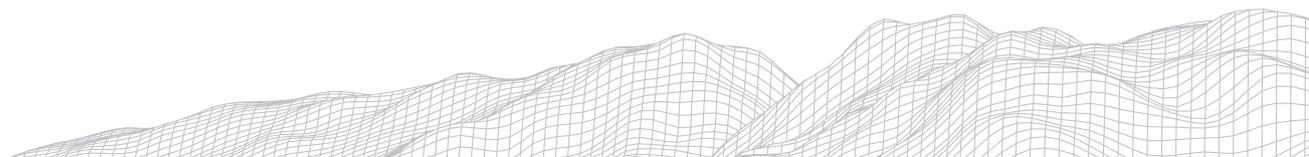
Timon-MA abriga uma população estimada de 170.869 mil habitantes, com área territorial de 1.764,610 Km<sup>2</sup>, densidade demográfica de 89,18 hab/Km<sup>2</sup> (IBGE, 2020), figura 1.

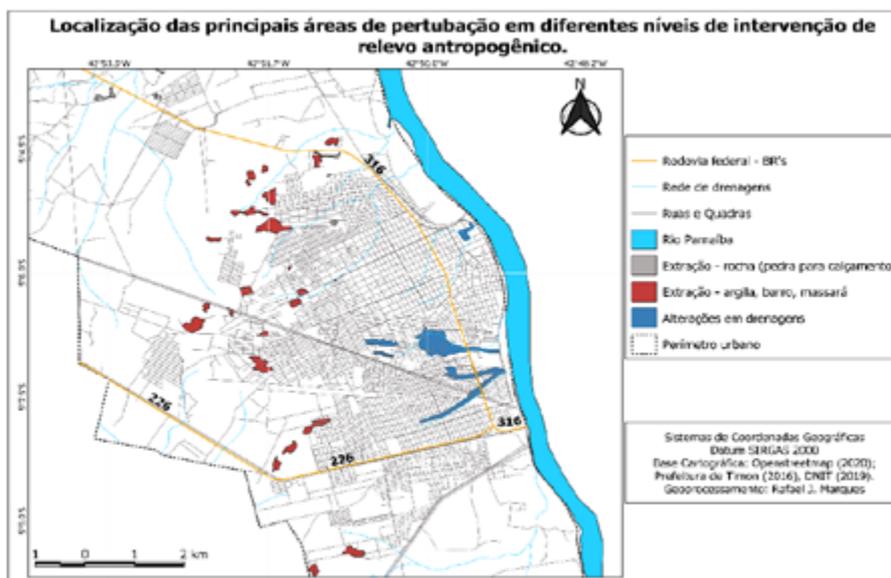


**Figura 1:** localização geográfica do município de Timon-MA  
Fonte: autores, 2021, elaborado no QGIS

As várias áreas existentes na cidade, são diversas e localizados em vários pontos do perímetro urbano, figura 2, e praticamente em todo o limite do perímetro urbano.

Foram identificadas na região oeste da cidade em especial nas proximidades na Rod BR 226, BR 316 e nos bairros Vila Bandeirantes, Mutirão, Bela Vista, Marimar e Boa Esperança.





**Figura 2:** Localização das áreas de extração.  
Fonte: autores, 2021, elaborado no QGIS.

Fujimoto (2005) destaca que pode se identificar configurações menores produzidas por processos morfogenéticos atuais e quase sempre induzidas pela ação humana, tais como sulcos erosivos, depósitos tecnogênicos ou cicatrizes de solapamento.

### 3. A relação Geomorfologia e áreas degradadas

O diagnóstico de uma área degradada é o primeiro passo para atuar em possíveis soluções de mitigação ou recuperação de maneira efetiva. Neste sentido, é que foi abordada a Geomorfologia em uma de suas linhas de atuação, a ambiental, por se preocupar em entender as formas de relevo, no tempo e no espaço, ou seja, entender os processos de formação de desgaste do relevo, especialmente no tocante da ação do ser humano como agente modificador do ambiente, do relevo.

A inserção da Geomorfologia nos estudos ambientais está direcionada para a compreensão das formas do relevo, procurando-se estabelecer a explicação genética e as inter-relações com os demais componentes da natureza. Nesse contexto, a erosão dos solos ganha destaque nos estudos geomorfológicos.

O meio ambiente é considerado como um conjunto de todos os fatores e elementos que cercam uma dada espécie de seres vivos (MARTINS, 1985), e como uma natureza mutante, que evolui segundo leis próprias, apresentando grande complexidade. Partindo dessa interação sociedade e natureza, Tricart (1977) deu ênfase ao estudo de organização do espaço como determinante a uma ação inserida na dinâmica natural para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio ambiente oferece.

De acordo com a legislação brasileira, exposto no Art. 3º da Lei Federal Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 que trata da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), meio ambiente “é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abrigam e regem a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981, p. 2).

Sobre a conceituação de meio ambiente é relevante ressaltar que falar de meio ambiente não é somente relatar sobre aspectos da natureza em si. Deve-se relatar também sobre tudo que está presente no espaço geográfico, incluindo o que foi construído pela sociedade, que constituem os componentes culturais, ou seja, aqueles que foram introduzidos ou transformados pela mesma no processo de modificação do espaço geográfico, pois, todos os elementos presentes no meio ambiente são passíveis de modificações, praticadas pelos seres humanos ou pela própria ação da natureza.

Sánchez (2007, p.18) afirmou que:

*“[...] meio ambiente no campo do planejamento e gestão ambiental é amplo, multifacetado e maleável, pois no seu entendimento este é de grande extensão, sendo também flexível, ou seja, passível de mudanças e continuamente, dinâmico e ao mesmo tempo é um campo de estudo que possui muitas faces devendo ser analisado em todos seus aspectos. [...]”*

Christofoletti (2011, p. 128), por outro lado, mostrou que o meio ambiente representa o conjunto dos componentes da geosfera revelando que:

*“(...) A natureza organiza-se e alcança um equilíbrio ao nível dos ecossistemas e geossistemas [...]. Por meio da ocupação e estabelecimento das suas atividades, os seres humanos vão usufruindo esse potencial e modificando os aspectos do meio ambiente, inserindo-se como agente que influencia nas características visuais e nos fluxos de matéria e energia, modificando o ‘equilíbrio natural’ dos ecossistemas e geossistemas. Para avaliar a intensidade da ação humana na modificação do meio ambiente, ao longo dos séculos, penetra-se nos estudos dos impactos ambientais, que têm origem e são causados pelas atividades socioeconômicas. (...)”*

É importante frisar que esse meio ambiente, onde o natural e social se misturam, é o espaço onde a sociedade como um todo retira aquilo que é necessário à sua subsistência e ao desenvolvimento socioeconômico, correspondendo assim ao espaço habitado pelos seres humanos e passíveis de mudanças. Nesse sentido o meio ambiente é visualizado como sendo uma variedade de objetos que podem ser analisados em várias escalas podendo ser local ou global.

Então é necessária a conscientização em torno da conservação dos recursos naturais sendo que o uso deve ser de forma sustentável, de forma controlada, diminuindo os danos ao meio ambiente.

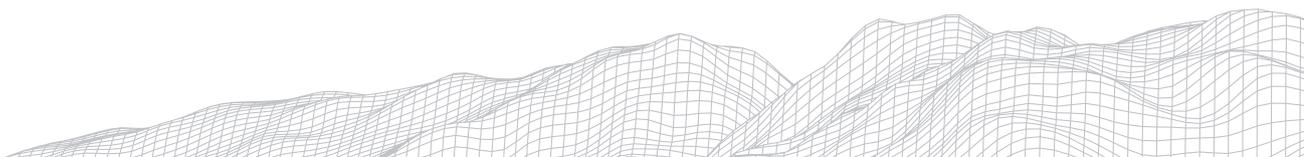
### **3.1 A Geomorfologia**

As abordagens teóricas relacionadas e direcionadas aos estudos da Geomorfologia merecem atenção por conhecimentos à compreensão e explicação dos arranjos espaciais na superfície terrestre e paisagem morfológica dominante.

A Geomorfologia, de acordo com Christofoletti, (2011):

*“É a ciência que estuda as formas do relevo e sua respectiva evolução. Etimologicamente o termo significa o estudo das formas da Terra. Entretanto, faz-se necessário um completo entendimento dos processos geomorfológicos para a compreensão dessas formas.”*

A geomorfologia engloba um conjunto de técnicas de investigações sobre o modelado terrestre, capaz de estipular a evolução natural do relevo e prever suas transformações futuras.



Para Christofolletti (2011), a Geomorfologia analisa:

*As formas de relevo focalizando suas características morfológicas, materiais componentes, processos atuantes e fatores controlantes, bem como a dinâmica evolutiva. Compreende os estudos voltados para os aspectos morfológicos da topografia e da dinâmica responsável pelo funcionamento e pela esculturação das paisagens topográficas. Dessa maneira, ganha relevância por auxiliar a compreender o modelado terrestre, que surge como elemento do sistema ambiental físico e condicionante para as atividades humanas e organizações espaciais (CHRISTOFOLETTI, 2011).*

A análise sistemática das formas do relevo em termos de estrutura, processos e tempo parece ser inevitável. As paisagens não são imutáveis, na verdade elas passam uma idéia que estão em contínuo processo de transformação.

Os processos geomorfológicos envolvem os agentes físicos e químicos que modificam as formas do relevo terrestre. Um fator geomórfico pode ser definido como qualquer meio natural capaz de transformar ou transportar um determinado elemento da superfície. A água corrente, a ação do gelo, vento, ondas e marés são consideradas grandes agentes geomorfológicos. A combinação desses agentes resulta em diferentes processos que atuam na modificação do modelado terrestre.

A geomorfologia deve ser entendida como um importante elemento do planejamento ambiental, devido suas características que estão interligadas aos múltiplos aspectos da realidade ambiental, que deve considerar não só elementos de ordem física, mas também socioeconômica e cultural.

### 3.2 A Geomorfologia Ambiental

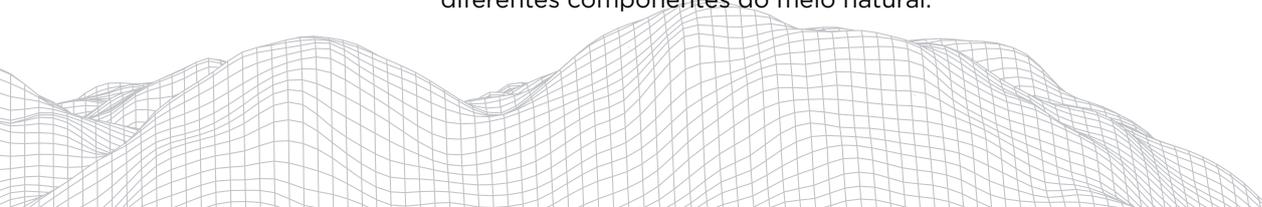
A Geomorfologia Ambiental é o ramo da ciência que dá suporte teórico e conceitual para o levantamento de questões relacionadas ao uso dos recursos naturais, análise das propriedades do terreno, como também aponta medidas a serem tomadas para amenizar a ação impactante das ações humanas sobre o ambiente.

Guerra e Marçal (2009) define a geomorfologia como estudos das formas de relevo, levando-se em conta a sua natureza, origem, desenvolvimento de processos e a composição dos materiais envolvidos. E ainda diz:

*Geomorfologia ambiental tem como tema integrar as questões sociais às análises da natureza e deve incorporar, em suas observações e análises, as relações políticas e econômicas e sociais que são fundamentais na determinação dos processos e nas possíveis mudanças que acontecem e podem acontecer no ambiente. (GUERRA e MARÇAL, 2009).*

A Geomorfologia Ambiental procura abordar as temáticas que se relacionam às questões ambientais e ao planejamento no âmbito urbano e rural, destacando diversas aplicações do conhecimento geomorfológico em várias atividades socioeconômicas, como turismo, recursos minerais, recursos hídricos, em estudos ambientais, erosão de solos, diagnóstico de áreas degradadas e sua recuperação e tantos outros.

Em consonância com Guerra e Marçal (2009) o conhecimento no aporte teórico que envolve o conceito de paisagem é fundamental para que possam ser estabelecidas propostas de trabalhos, no âmbito da Geomorfologia Ambiental. A própria Geomorfologia, através de seu caráter ambiental, pode ser privilegiada, tendo em vista possuir metodologias e ferramentas de grande importância para as pesquisas ambientais que podem definir e espacializar as interações entre os diferentes componentes do meio natural.



O estudo da geomorfologia tem contribuído para o planejamento e manejo de várias ações humanas no ambiente, seja na aplicação dos recursos minerais, hídricos, dinâmicas de encostas, turismo, unidades de conservação, entre outros.

Guerra e Marçal (2009, p.17) conceituam a geomorfologia como “o estudo de relevo, levando-se em conta a sua natureza, origem, desenvolvimento de processos e a composição dos materiais envolvidos.” As intervenções do homem na natureza têm se intensificado no decorrer dos anos, fato que traz a necessidade de maiores estudos que venham contribuir para evitar maiores catástrofes e danos ambientais.

As temáticas que tratam das características dos objetos e das ações humanas fundamentam o debate de todos os outros temas do planejamento, estes temas revelam a coerência (ou incoerência) entre a estrutura espacial, dinâmica populacional e condições de vida da população e ainda, traduzem o significado social e político do que foi descrito como estado do meio físico e biológico.

Dentro dessa perspectiva desenvolve a Geomorfologia Ambiental, que surge “a partir do reconhecimento do papel da ação do homem nos processos geomorfológicos e na evolução das formas de relevo, ou seja, o homem agindo como agente geomorfológico” (GUERRA; MARÇAL, 2009, p.21).

### 3.3 Áreas degradadas

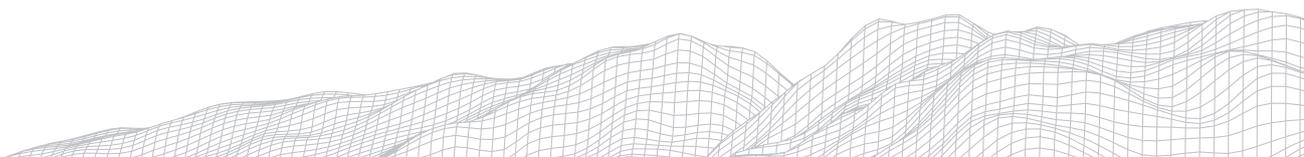
De maneira geral, as atividades causadoras de impactos ambientais e degradação de áreas são: agropecuária, construção de estradas, barragens, hidrelétricas, urbanização, industrialização e mineração. Segundo a Resolução Nº 001/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1986, p 1), Impacto Ambiental pode ser definido como:

*[...] Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e) a qualidade dos recursos ambientais. [...]*

De acordo com Williams *et al.* (1990), a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas, e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico for alterado. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e inviabiliza o desenvolvimento socioeconômico. Em um sentido específico, terras degradadas são aquelas quando a modificação ou remoção substancial da composição e/ou estrutura de sua cobertura vegetativa e/ou quando o consequente esgotamento da fertilidade do solo pela agricultura tem prejudicado a estabilidade da ecologia e economia local e regional.

A degradação de uma área ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento socioeconômico da região. Em um sentido mais específico, terras degradadas são aquelas quando a modificação ou remoção substancial da composição ou estrutura do solo pela mineração ou a consequente esgotamento da fertilidade do solo pela agricultura tem prejudicado a estabilidade da ecologia e economia local e regional.

De maneira geral, as atividades causadoras da degradação das áreas são: agropecuária, construção de estradas, barragens, hidrelétricas, urbanização, industrialização e mineração.



Na mineração, pelas suas peculiaridades, é uma das atividades que mais degrada a paisagem, num curto espaço de tempo, sendo responsável por significativas mudanças sobre este. Na extração mineral de materiais para construção civil, sendo uma atividade comum em áreas adjacentes às zonas urbanas visando principalmente a extração de areia, seixos e massará para a construção civil.

As áreas degradadas podem ser definidas como a perda da produtividade da terra, quantitativamente ou qualitativamente, através de vários processos como erosão, ação eólica, salinização, diminuição dos nutrientes, deterioração da estrutura do solo e poluição. A perda da produtividade pode ser parcial ou total. Os danos causados pela degradação de terras são primeiramente analisados em relação aos aspectos físicos do ambiente, como solo, relevo e clima. Outro aspecto muito importante no processo de degradação é a ação antrópica.

A erosão é um dos principais processos de modificação da paisagem, podendo ser intensificada pela ação antrópica; essa interferência pode ser percebida de forma direta em áreas urbanas e rurais. Nos centros urbanos, onde a transformação da paisagem apresenta-se de forma desordenada, sem que haja um planejamento adequado, os problemas ambientais são eminentes, como erosão, assoreamento, poluição e contaminação dos recursos hídricos entre outros que afetam a qualidade de vida da população (GUERRA, 2002).

No estado do Maranhão, esse processo demonstra-se cada vez mais intenso, tendo como uma das principais causas, o desmatamento frequente em áreas de rápido crescimento urbano. Esses fenômenos estão sendo registrados com maior intensidade nas áreas de expansão demográfica recente, onde são identificadas zonas de risco ambiental (MENDONÇA *et al.*, 2001; BEZERRA; BEZERRA & GUERRA, 2007; BEZERRA *et al.*, 2009).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 A Geomorfologia Ambiental na análise de áreas degradadas em Timon-MA

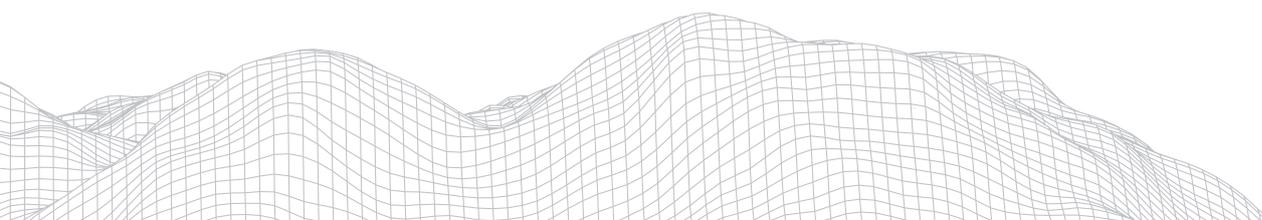
Uma das principais causas da degradação de áreas no município de Timon (MA) se relaciona a atividade de extração de materiais destinados à construção civil.

A mineração está entre as atividades de exploração econômica realizada pela sociedade humana que mais agride o meio ambiente por modificar, impactar negativamente a superfície terrestre, o relevo, o solo, por isso é necessária a avaliação de impacto ambiental que é uma ferramenta de controle e mitigação de ações degradantes ao meio.

O tipo de degradação aqui estudada é a causada por extração mineral, sendo que a própria, pelas suas peculiaridades, é uma das atividades que mais degrada o solo, num espaço de tempo muito curto, sendo responsável por significativas mudanças sobre este.

A respeito de degradação, Cunha e Guerra (2003, p. 20), diz:

*[...] O estudo da degradação ambiental não deve ser realizado, para que o problema possa ser entendido de forma global, integrada, holística, deve-se levar em conta as relações existentes entre a degradação ambiental e a sociedade causadora dessa degradação que, ao mesmo tempo, sofre os efeitos e procura resolver, recuperar, reconstituir as áreas degradadas. [...]*



No município de Timon, encontram-se vários trechos em que se identificam fenômenos caracterizados como áreas degradadas logo sendo áreas ou lugares que passam por erosão em larga escala, destacando-se as voçorocas próximas a conjuntos habitacionais.

Ao longo da área de estudo foram identificadas áreas de extração irregular (figura 3), com processos erosivos em alto estágio de evolução, como as voçorocas, o que vem a ser um agravante, devido ao elevado índice de urbanização da bacia, tendo também características físicas e sócioambientais propícias à ocorrência desses processos.



**Figura 3:** Localização de outras áreas degradadas em processo de erosão.  
Fonte: Adaptado de Google Earth, 2021.

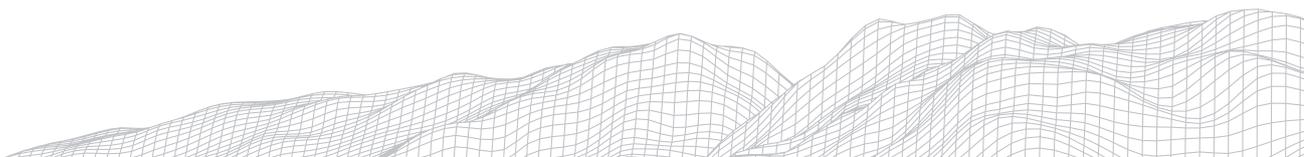
Associado a essas características, a interferência antrópica, através do uso inadequado do solo, como o desmatamento, obras de engenharia, especulação imobiliária, retirada de material para construção (laterita, areia fina, silte e argila), desconsiderando os limites impostos pelo ambiente, está acelerando a evolução dos processos erosivos na área de estudo.

A associação do conhecimento geomorfológico, com outras áreas de conhecimento, como a Bioengenharia, pode oferecer ferramentas que auxiliem na contenção desses processos.

Sendo que a unidade geológica da Bacia Sedimentar do Parnaíba de maior expressão geográfica em toda a área investigada é a formação Pedra de Fogo, sendo que o conjunto de rochas desta formação possui um largo emprego na construção civil, pois a sua alteração e desagregação formaram depósitos secundários, sendo representados por areias, argilas, barro, massará, seixos (CORREIA FILHO, 1997, p.7).

A atividade extrativa mineral para a obtenção de materiais na construção civil, no caso de Timon, é a exploração do massará, responsável por diversos impactos ambientais presentes no relevo.

O método de extração realizada em Timon é de rustica e sem segurança, sem técnicas específicas na extração, mas com utilização de maquinário para retirada imediata da vegetação e posteriormente a retirada do material de exploração, representado pelo massará que é um sedimento conglomerado de cores e coloração variada com matriz areno-argilosa, média a grosseira, facilmente desagregável contendo seixos brancos de sílica bem arredondados.



O problema ambiental presente está condicionado à exploração desordenada e predatória dos recursos naturais locais, não se tendo percebido uma ação ambiental de recuperação, conservação e sustentabilidade por parte dos



agentes envolvidos para um melhor uso e ocupação do solo. A figura 04 identifica o ponto de degradação ambiental no Conjunto Residencial Padre Delfino em Timon, imagens A e B.

**Figura 4:** Área degradada nas proximidades do Conjunto Residencial



**Figura 5:** extração de barro com retroescavadeira e caçambas

Fonte: autores, 2021

É demonstrado aqui, figura 5, o quanto a influência antrópica é nítida nas alterações das características e feições do relevo, indicando que o ser humano é um elemento modelador dessas transformações e deve-se reconhecer a sua capacidade de desconstruir elementos do relevo baseados nos seus próprios interesses ao longo do tempo e do espaço. Então, para compreender melhor as formas, processos e materiais decorrentes das mais variadas interferências, requer uma análise integrada, sistêmica.

Na figura 4, imagens C e D, logo acima, é indicada outra área afetada. Mediante toda a explanação conceitual da geomorfologia ambiental em relação às áreas alteradas ou degradadas pela atividade de extração, o foco aqui foi realmente demonstra que se pode utilizar o conhecimento geomorfológico para analisar e diagnosticar esses casos em várias escalas, territórios e nas diversas causas que degradam na superfície terrestre, causando erosões significativas.

Na experiência de Nir (1983) e Rodrigues (2005), foi abordado uma análise analítica e comparativa de formas naturais do relevo e as formas modificadas pela ação humana, as formas antropogênicas do relevo.

E para ampliar a discussão, também trazemos a abordagem da geomorfologia antropogênica ou antropogeomorfologia, que a partir dos anos 1980, dentro das pesquisas da Geomorfologia Ambiental e Geomorfologia Urbana, passam a ser amplamente utilizados por vários pesquisadores das áreas de geociências. Um nome em especial é o de Nir (1983), que em seu trabalho intitulado *Man, a geomorphological agent: An introduction to anthropic geomorphology* (RODRIGUES, 2005), traz o termo Antropogeomorfologia que é utilizado, fazendo referência ao homem como agente Geomorfológico.

Para Nir (1983) as ações antropogênicas podem ser representadas pelo desmatamento, agricultura, mineração, construções de pontes, rodovias entre outras, e que tais alterações apesar de serem fundamentais para o processo de desenvolvimento urbano não devem ser consideradas como processos padrões, pois, em primeiro lugar é preciso levar em consideração o processo histórico, social, e econômico característicos de cada espaço.

Rodrigues (2005) faz referência à capacidade de transformação do meio físico, provocada pelo ser humano, chamando atenção para a distinção entre a 'antropogeomorfologia' e outras abordagens ao afirmar que:

*A diferença fundamental para outras abordagens é a consideração da própria interferência antrópica como ação geomorfológica, ação essa que pode: modificar propriedades e localização dos materiais superficiais; interferir em vetores, taxas e balanços dos processos e gerar, de forma direta e indireta, outra morfologia, aqui denominada de morfologia antropogênica (RODRIGUES, 2005, p. 101).*

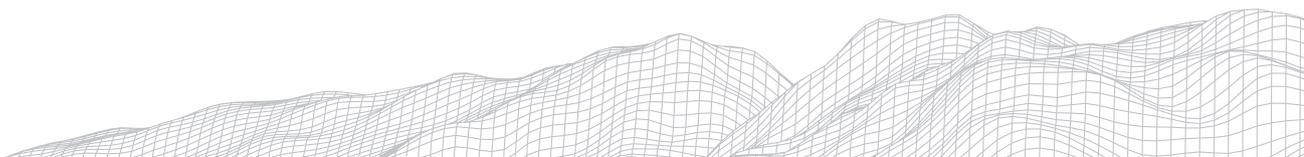
A Geomorfologia Antropogênica não é uma abordagem tão recente nos estudos científicos, talvez seja mais correto dizer que seja recente como categoria de análise, como conceito, sobretudo no Brasil, mas no sentido prático muitos autores já reconheciam a importância de se estudar os processos antrópicos principalmente através do histórico de desenvolvimento das cidades e a alteração geológica e geomorfológica resultante disso.

#### 4.2 Mitigação

Para atenuar os efeitos da degradação gerada pela alteração da paisagem causado pela ação antropogênica, foi preciso verificar primeiramente os meios legislação ambiental.

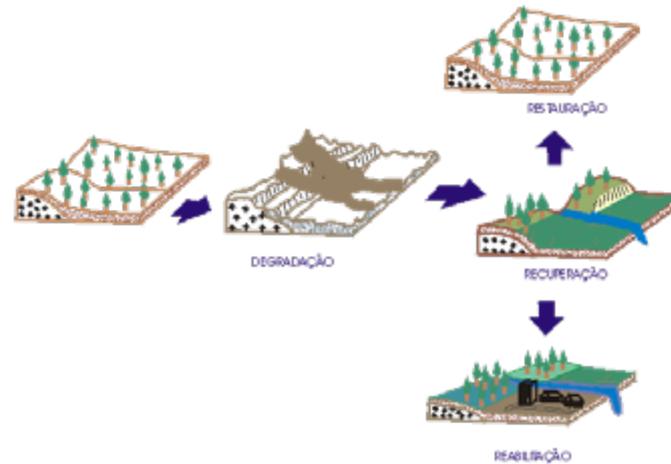
Na atual Constituição Federal brasileira que, em seu artigo 225, parágrafo 2º, estabeleceu que "aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o ambiente degradado de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente" (BRASIL, 1988), e que estabelece a necessidade da elaboração de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para todas as atividades de mineração.

Com base na legislação há necessidade de se adotarem medidas de prevenção aos danos do impacto da atividade da mineração, com emprego de técnicas adequadas para se evitar ou reduzir os impactos ambientais negativos durante as operações de mineração, como a demarcação das áreas de intervenção, proteção do solo contra a erosão após a remoção da vegetação, sistema de drenagem de águas pluviais e de dispositivos de retenção de sedimentos, a instalação de caixas separadoras de óleos e várias outras soluções que são consideradas boas práticas neste ramo de atividade (SÁNCHEZ, 2007).



Para Bitar (1997) das atividades, sejam observados taludes com grandes inclinações e/ou alturas, haverá deslocamentos de material com utilização dos tratores para a diminuição de inclinações e/ou alturas.

Com base na Legislação, Lei nº 9.985/2000, em seu art. 2º, distingue, para seus fins, um ecossistema “recuperado” de um “restaurado”, da seguinte forma: Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por: [...] XIII - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original; XIV - restauração: restituição de um ecossistema, figura 5. E ainda pode-se aplicar as técnicas de revegetação em áreas como essas para abordadas neste artigo.



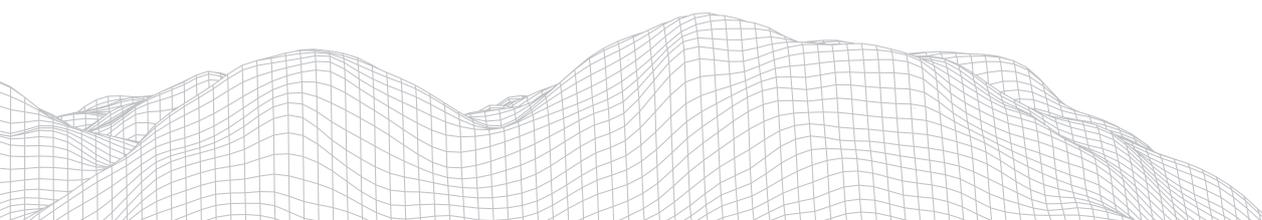
**Figura 6:** blocos diagramas de técnicas de recuperação ambiental  
Fonte: rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/estudos. Adaptado de Bitar & Braga, 1995

Para a revegetação da área o processo deverá proporcionar a recuperação de funções do ecossistema por meio do plantio de mudas. O processo de plantio engloba aproximadamente quinze diferentes espécies com preferência para os grupos ecológicos das pioneiras e secundárias de rápido crescimento: leguminosas florestais, frutíferas, assim, como espécies nativas no geral.

A escolha das espécies a serem utilizadas na revegetação está relacionada à disponibilidade de obtenção de sementes e mudas e a utilização de espécies nativas será reduzida por uma questão de oferta de mercado.

Para Bezerra (2011) informar que desconsiderando os limites impostos pelo ambiente, está acelerando a evolução dos processos erosivos na área de estudo. A associação do conhecimento geomorfológico, com outras áreas de conhecimento, como a Bioengenharia, pode oferecer ferramentas que auxiliem na contenção desses processos, figura 7.

As técnicas de bioengenharia são meios especiais de estabilização biotécnica, no qual plantas e partes de plantas são arranjadas no solo em padrões e configurações especiais.





**Figura 7:** aplicação de técnicas de bioengenharia Fonte: Bezerra, (2011)

Na imagem, são apresentados exemplos de aplicações de técnicas de bioengenharia em local degradado por atividades de retirada, irregular, de material para construção civil. Aplicado por Bezerra (2011), em pesquisa abordada com profundidade meios, acessíveis, que possibilitar a recuperação ambiental do ambiente ou paisagem modificada pela ação antropogênica.

Couto *et al.* (2010) estudando as principais técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil, consideraram que:

*O princípio básico que norteia a bioengenharia de solos compreende a utilização de elementos inertes como concreto, madeira, aço e fibras sintéticas em sinergismo com elementos biológicos, como a vegetação, no controle da erosão. As espécies vegetais contribuem com o sistema radicular e o caule, sendo utilizadas em diferentes arranjos geométricos como elementos estruturais e mecânicos para contenção e proteção do solo, melhorando as condições de drenagem e retenção das movimentações de terra (COUTO et al., 2010).*

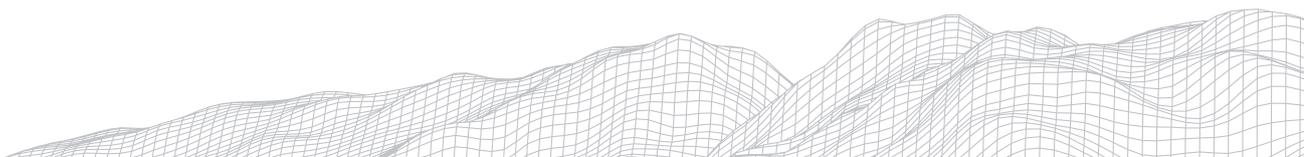
Dessa forma, em relação às áreas identificadas em Timon, neste trabalho, a técnica de revegetação se configura como a mais adequada para a recuperação destas. O órgão ambiental do município deveria também ter mais condições, tanto estruturais como de equipamentos para que se possa atuar nas fiscalizações perante a esses casos que ocorrem nas áreas identificadas.

O problema ambiental presente está condicionado à exploração desordenada e degradante aos recursos naturais no município de Timon, não se tendo percebido uma ação ambiental de recuperação, conservação e sustentabilidade por parte dos agentes envolvidos visando um melhor uso e ocupação adequada do solo, e a inexistência de estudos ambientais prévios.

Portanto, a mineração, da forma que é realizada e do tipo de material extraído, e seus impactos, provocam danos ao meio ambiente configurando-se numa das atividades antrópicas mais degradantes, considerando os diversos impactos que gera, como alteração da paisagem, retirada do solo, modificação do relevo, perda da biodiversidade, provocando problemas para as comunidades que habitam nas proximidades das áreas exploradas.

## **5. Considerações finais**

Assim exposto, este artigo trouxe a importância da ciência do relevo, a Geomorfologia, que estuda toda a superfície da Terra, para análises de áreas degradadas, levando em conta os processos geomorfológicos que modelam o relevo terrestre. E o mau uso da terra, relevo, pode provocar danos ambientais que



repercutem em prejuízos para o homem ou mesmo em perdas de vidas humanas.

Neste sentido, foi exposto aqui, a importância do papel da Geomorfologia, que com outras ciências auxiliam nas pesquisas e soluções para recuperação do ambiente, nos diagnósticos e busca de soluções, porque quase ou todas as atividades humanas desenvolvida na superfície traz algum tipo de ação ou impacto negativo.

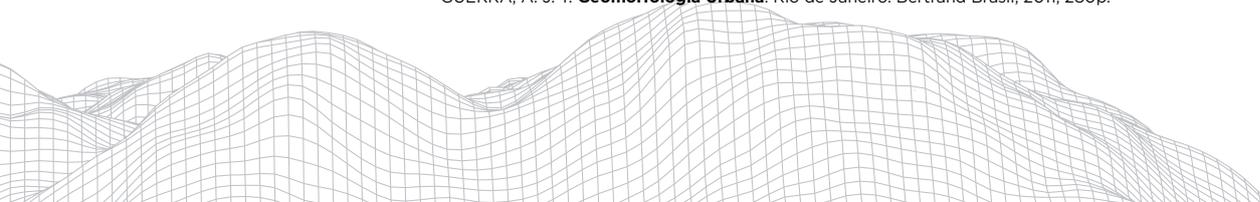
Ao procurar conceituar a Geomorfologia Ambiental teve que levar em conta aspectos à exploração de recursos naturais, mudanças físicas nos ecossistemas terrestres, quando de intervenção de ordem natural ou neste caso pesquisa e demonstrado com causa humana.

A Geomorfologia Ambiental é de fundamental importância no auxílio de diagnósticos de espaços degradados e seu prognóstico, para uma possível recuperação ambiental, tomando como exemplo o caso na cidade de Timon/MA, que mostrou locais que passam por este fato de degradação da superfície. Somando a pesquisas da Geomorfologia antropogênica, que traz relações dos feitos do homem como agente de transformação ou desconstrução do relevo, e mais ainda com usos de técnicas da Bioengenharia que traz técnica de mitigação e recuperação ambiental para áreas degradadas.

E assim, conseqüentemente, essa ciência atua para a conservação dos recursos naturais, como um todo, e o conhecimento geomorfológico utilizado para o esse fim, bem como para a recuperação das áreas degradadas, assim se dá consistência, e mais significado à Geomorfologia Ambiental como um ramo de conhecimento para a sociedade.

## 6. Referências

- BEZERRA, Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia de solos na bacia do Rio Bacanga, São Luís - MA. 249 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.
- BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997. 185p. (Tese de Doutorado).
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Art. 225. Texto constitucional promulgado em 05 de outubro de 1988. Brasília: Senado Federal. Subsecretaria de Edição Técnica, 2005, p 142.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed - São Paulo. Blucher, 1980. 13ª reimpressão - 2011.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Nº 001/86**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em 2 de abril de 2011.
- CORREIA FILHO, F. L. **Projeto Avaliação de depósitos minerais para a construção civil - PI / MA**. Teresina: CPRM, 1997.
- COUTO, L.; GONÇALVES, W.; COELHO, A. T.; PAULA, C. C. de; GARCIA, R.; AZEVEDO, R. F.; LOCATELLI, M. V.; ADVÍNCULA, T. G. de L.; BRUNETTA, J. M. F. C.; COSTA, C. A. B.; GOMIDE, L. C.; & MOTTA, P. H. Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil. In: **Boletim Técnico** CBCN, No 001, Viçosa, 2010.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 337 - 376.
- FUJIMOTO, N. S. V. M. Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na geomorfologia urbana. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.º 16, p. 76-80, 2005.
- GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2011, 280p.



GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, Mônica dos Santos. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 2009, 190p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA <sup>2</sup> **IBGE**. Disponível em <http://cod.ibge.gov.br/CVL>. Acessado em 17 de dez. 2015.

MARTINS, C. **Biogeografia e ecologia**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1985.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Org. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7ª Ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2007, 23 - 45.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalem: Keper Publishing House; Dordrecht: D. Reidel Publishing, 1983.

RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: Exemplo na Metrópole Paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 17, p. 101-111, 2005.

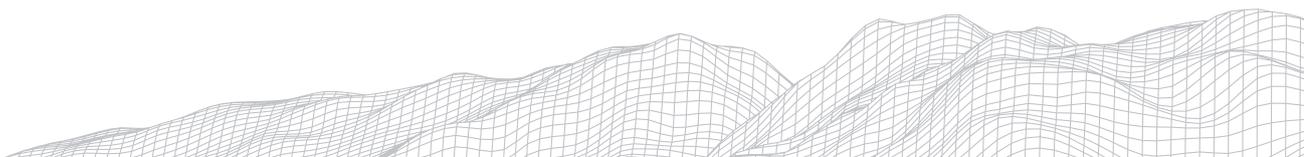
RODRIGUES, C.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido. Exemplos da Grande São Paulo. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**.: São Paulo: Oficina de Texto, 2013.

SÁNCHEZ, L. E. Mineração e Meio Ambiente. In: SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Tendências Tecnológicas Brasil 2015**: Ggeociências e Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2007. p 191 - 207.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. Projeto de Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia do Parnaíba. Programa de Levantamentos geológicos básicos do Brasil, 1978. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br>. Acesso em: 09 de maio de 2014.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE / SUPREN, 1977.

WILLIAMS, D. D.; BUGIN, A; REIS, J. L. B. C. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração**: técnicas de revegetação. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais - IBAMA,1990. 96p.



# CONTRIBUIÇÃO DO MAPEAMENTO DE PADRÕES DE RELEVO PARA O ESTUDO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NO ENTORNO DE MONTES CLAROS-MG

*Patrícia Mara Lage Simões*

*Serviço Geológico do Brasil – CPRM*

*Av. Brasil 1731, Funcionários – BH/MG CEP: 30.140-002*

*E-mail: patricia.simoes@cprm.gov.br*

*Marcelo Eduardo Dantas*

*Serviço Geológico do Brasil – CPRM*

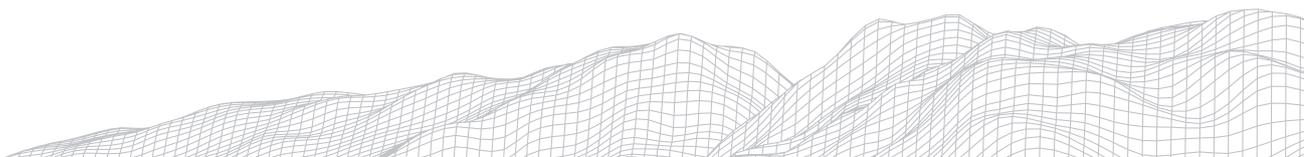
*Av. Pasteur 404, Urca – Rio de Janeiro/RJ CEP: 22.290-240*

*E-mail: marcelo.dantas@cprm.gov.br*

### Resumo

O mapeamento de padrões de relevo identifica as formas de acordo com a declividade e amplitude. Os estudos que se originam na compreensão do modelado da superfície, identificando padrões de dissecação e compreendendo os fatores que influenciaram a formação da paisagem geomorfológica são uma fonte de análise para diversas outras áreas, como a hidrogeológica. O objetivo desse mapeamento de padrões de relevo é subsidiar o estudo das águas superficiais e subterrâneas de uma área no norte de Minas Gerais. Este região apresenta um histórico de alta demanda pelo uso de água para a agricultura, e ainda uma pluviosidade, com uma alta variabilidade na precipitação ao longo dos anos. Este trabalho indica onde estão as formas de relevo mais favoráveis para a recarga do aquífero, e também, propõe um zoneamento do relevo, de acordo com o padrão de dissecação e os lineamentos presentes. Este estudo demonstra que a formação do relevo desse local está direcionada pelas principais estruturas geológicas.

**Palavras-chave:** Mapeamento geomorfológico; hidrogeologia; rochas carbonáticas.



## 1. Introdução

A área estudo está inserida em uma região que registra um conflito histórico pelo uso da água, desde o final da década de 1980, devido ao desenvolvimento intenso do uso de irrigação na agricultura ao longo dos anos 1970 e 1980 (ANA, 2013). Desde então, tal conflito não reduziu, uma vez que a demanda por água tornou-se cada vez maior, entre todos os tipos de usuários, desde o grande empreendimento agrícola até os pequenos agricultores.

Para além da crescente demanda pela água, esta área configura-se pelo clima Aw tropical quente e úmido com uma estação bem acentuada (classificação de Köppen-Geiger) (Reboita et al. 2015). Sendo esta área caracterizada por um regime pluviométrico com grande variabilidade interanual. Sendo possível observar na série de dados pluviométricos sete anos em que os valores são inferiores a 650 mm/ano, provocando períodos de maior estiagem (1982,1984, 1986, 1990, 1993, 1996 e 2001) (ANA, 2013).

Esta associação entre a crescente demanda por água e um regime pluviométrico extremamente variável entre os anos gera a necessidade de estudos para conhecer melhor a disponibilidade hídrica dessa área. De maneira que, este trabalho de mapeamento de padrões de relevo se insere em um estudo mais abrangente da ANA (Agência Nacional de Águas) para a Implementação da Gestão Integrada de Águas Superficiais e Subterrâneas na Bacia Hidrográfica do São Francisco: sub-bacias dos rios Verde Grande e Carinhonha. Esse trabalho, executado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, abrange diversas áreas temáticas com o objetivo avançar no conhecimento dos sistemas hidrogeológicos e hidrológico em domínios de aquíferos cársticos ou fissuro-cársticos, com o objetivo de entender a disponibilidade hídrica dos mesmos e sua compatibilidade com o uso atual do recurso (ANA/CPRM, 2018).

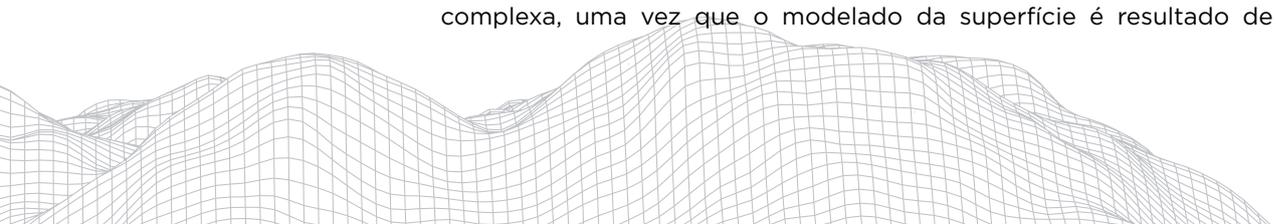
De forma a colaborar com os objetivos desse projeto, o mapeamento de padrões de relevo que é apresentado neste trabalho tem como principais objetivos identificar e indicar os tipos de relevo que favorecem a recarga hídrica, e ainda compreender as principais características e padrões de dissecação da paisagem geomorfológica da área para contribuir para o entendimento do modelo hídrico e hidrogeológico da mesma.

## 2. Área de estudo

A área de estudo abarca porções dos municípios de Montes Claros, Mirabela, Brasília de Minas, Coração de Jesus, São João do Pacuí, São João da Lagoa e Claro dos Poções na região norte do estado de Minas Gerais. Esta área é caracterizada por abranger a bacia hidrográfica do rio Vieira, afluente do rio Verde Grande, e o alto e médio curso da área drenada pelos rios Riachão, Pacuí e São Lamberto, pertencentes à bacia do rio São Francisco (Figura 1).

Esta área é caracterizada pela presença das rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, destacando-se os calcários e metarritimitos da Formação Lagoa do Jacaré; os siltitos e argilitos da Formação Serra de Santa Helena, assim como essas mesmas rochas da Formação Serra da Saudade; e ainda os arenitos do Grupo Areado e as Coberturas Elúvio-coluvionar (Iglesias & Uhlein, 2009).

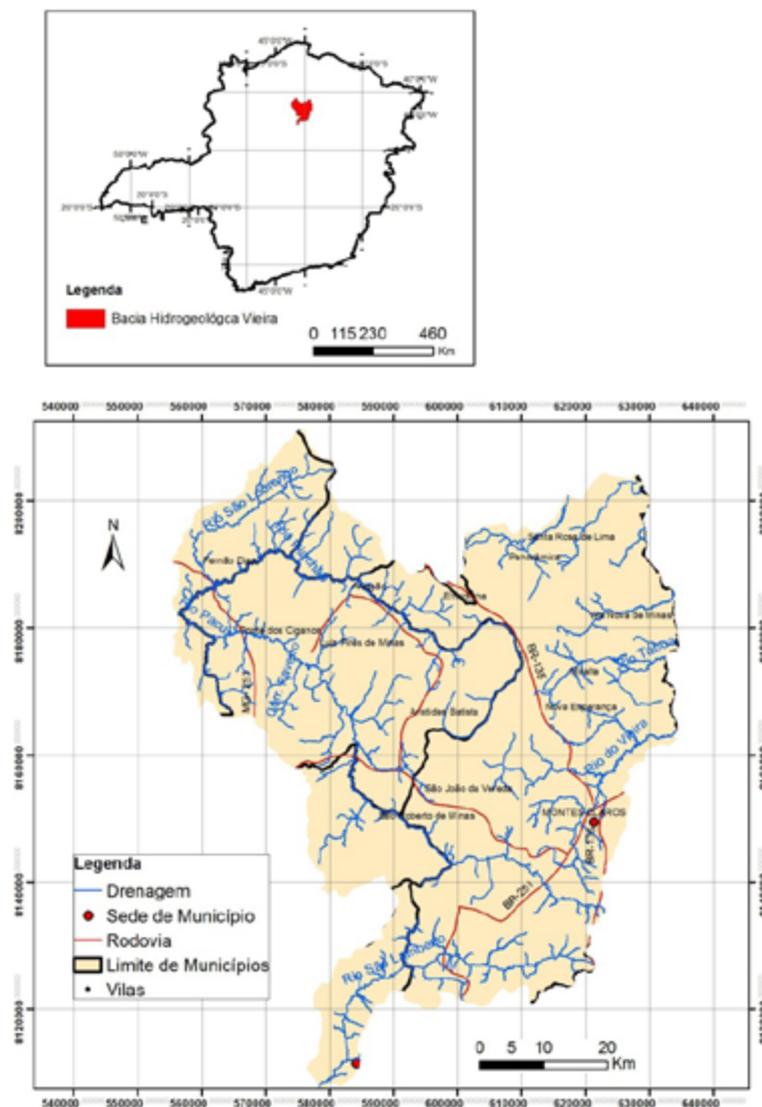
A paisagem geomorfológica nessas regiões é influenciada pela presença marcante das rochas carbonáticas. O desenvolvimento da morfologia da superfície no ambiente cárstico está diretamente associado ao processo de dissolução dessas rochas (Stoke et al. 2010 e Rodet, 2014). Essa particularidade geomorfológica dessas regiões torna a gênese das formas de relevo nessas áreas mais complexa, uma vez que o modelado da superfície é resultado de um longo



processo de formação de condutos hídricos subsuperficiais, gerando formas de relevo como as dolinas, uvalas e lapiés. A formação do relevo cárstico é marcada por um forte controle litológico e estrutural, uma vez que o desenvolvimento de formas típicas, como dolinas, comumente é favorecida pela porosidade secundária da rocha, como falhas, juntas, planos de acamamento (Ford e Williams, 2007 e Piló, 2000) através da qual ocorre o processo gradativo de dissolução da rocha e formação do relevo. Já com relação à constituição do material, Piló (2000) relata que o grau de impureza da rocha carbonática também exerce influência na morfologia, já que em calcários que apresentam mais de 20% de sílica, o processo cárstico não avança, como o que ocorre em rochas com teor menor de sílica.

De acordo com essas especificidades não só da morfologia, mas também da gênese desse tipo de ambiente deve-se atentar nesse mapeamento para as características dos diversos tipos de rochas cársticas, seus aspectos litológicos e estruturais, assim como seu processo de formação. Tais informações são importantes, uma vez que essas irão auxiliar no direcionamento do mapeamento dos padrões de relevo.

782



**FIGURA 1:** Mapa de localização da área de estudo, a bacia hidrogeológica do Vieira em Minas Gerais e a divisão municipal da mesma.

Esta região apresenta um histórico de déficit hídrico e conflitos relacionados à demanda pelo uso da água. E o uso de água subterrânea é muito corriqueiro, uma vez que a disponibilidade de água superficial é escassa e sazonal (ANA, 2013). Devido a estas características tão específicas se fez necessário entender a disponibilidade hídrica do aquífero dessa área. Contudo, por se tratar de um aquífero cárstico os sistemas hidrológico e hidrogeológico são mais complexos, uma vez que este tipo de ambiente litológico desenvolve uma série de condutos e feições cársticas, como dolinas, que tornam a circulação entre a água superficial e subterrânea bem mais complexa e multifacetada do que em outros ambientes. Por este motivo o limite da área de estudo extrapola a bacia do Rio Verde Grande, se estendendo para a porção oeste em áreas drenadas por rios pertencentes a outras bacias hidrográficas. Como no ambiente de rochas carbonáticas o limite da bacia hidrográfica pode ser bem distinto do aquífero, o limite da área de estudo foi expandido para abranger toda a área de influência hídrica do aquífero.

### 3. Procedimentos Metodológicos

Para produzir um mapa de padrões de relevo que auxilie o estudo de águas superficiais e subterrâneas nessa área de estudo, foi preciso planejar o estudo geomorfológico de acordo com objetivo de salientar áreas favoráveis à infiltração da água, e conseqüentemente a recarga hídrica. Sendo assim, a elaboração do mapa, assim como a análise dos tipos de relevo, suas características, grau de dissecação, declividade foram voltadas para produzir informações pertinentes ao objetivo da análise hidrológica e hidrogeológica da área.

Para tanto o mapeamento se baseou em uma etapa de escritório e uma etapa de campo, sendo que esta primeira foi dividida em duas fases, uma anterior ao campo e outra posterior. Primeiramente, elaborou-se um mapa de relevo pré-campo, com base na biblioteca de relevo da CPRM (Dantas, 2016).

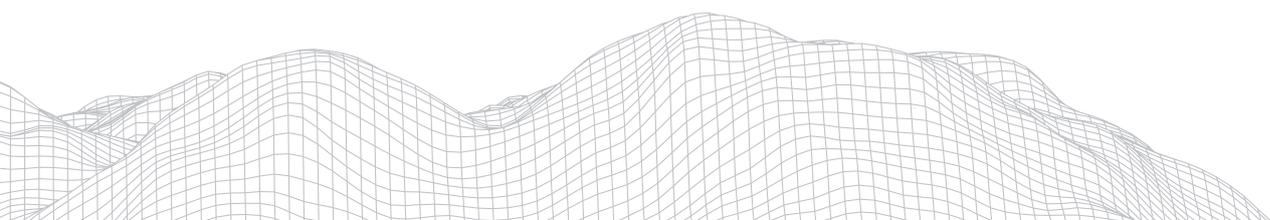
Esse mapeamento preliminar para verificação em trabalho de campo foi produzido por fotointerpretação com base na imagem disponibilizada pelo Arcgis 10.6 (fonte: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community), e no MDE Alos Palsar, com resolução espacial de 12,5 metros. Para subsidiar tanto na definição das formas de relevo quando na análise da paisagem geomorfológica utilizaram-se alguns produtos gerados a partir desse MDE: mapa hipsométrico, com intervalo de classe de 100 em 100 metros; mapa de declividade, com o intervalo de classe de 0-3°, 3°- 5°, 5°- 10°, 10°- 30°, 30° - 45°, acima de 45°; Curvas de nível, com equidistância de 5 e 20 metros; e o relevo sombreado, com iluminação artificial azimute de 315° e inclinação de 45°.

Além de subsidiar a elaboração do mapa de padrões de relevo, estes produtos do MDE, foram a base da interpretação geomorfológica da área de estudo, de maneira a entender as diferenças e similaridades entre os tipos de relevo da área de estudo. E ainda, se existe ou não alguma influência litológica ou estrutural muito marcante na formação da morfologia.

Através dessa análise elaborou-se, ainda, um mapa de domínios morfoestruturais, no qual foram compartimentados os tipos de relevos com graus de dissecação semelhantes e que apresentavam os mesmos padrões de lineamentos, direção e frequência. Este tipo de mapeamento contribuiu para o entendimento da organização da paisagem geomorfológica da área.

As informações desses mapeamentos foram verificadas em uma campanha de campo que ocorreu no período de 27 de maio até 07 de junho de 2019. Durante esta atividade a área de estudo foi percorrida para validar as informações mapeadas por fotointerpretação.

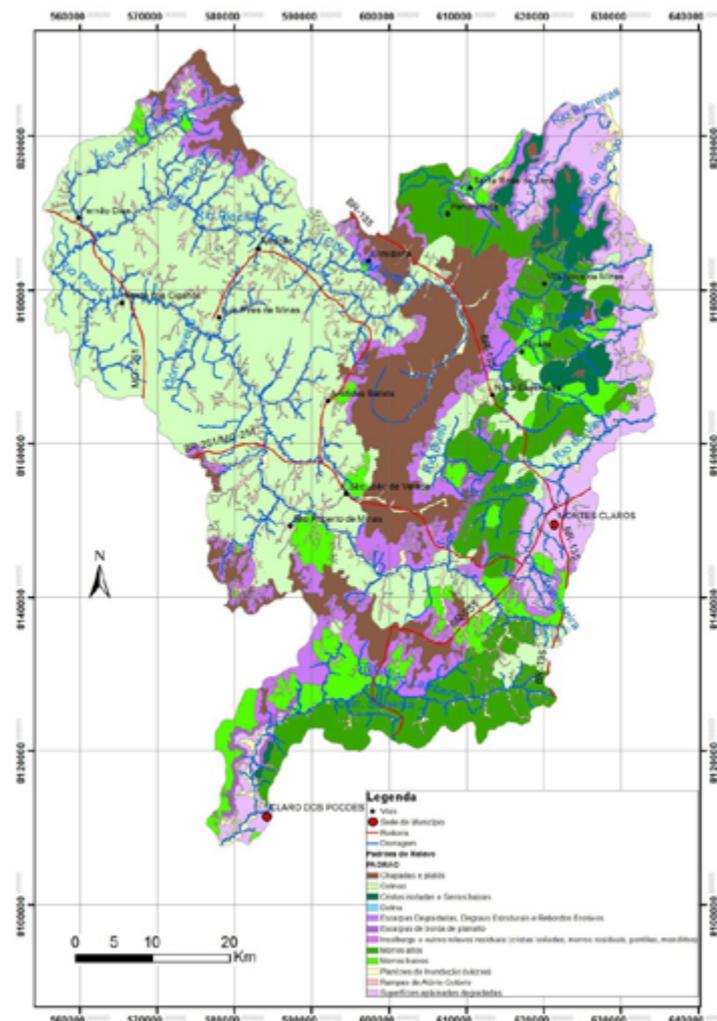
Após essa incursão ao campo os dados de campo foram utilizados para corrigir e elaborar os mapas finais.



#### 4. Resultados e discussões

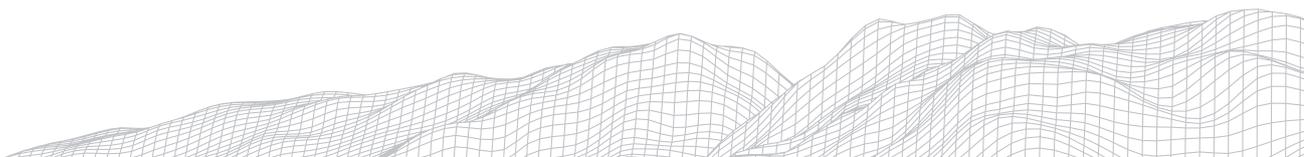
A área de estudo tem sua paisagem geomorfológica marcada por formas características de rochas carbonáticas, como já descrito por outros trabalhos em áreas semelhantes (Pilot, 2000; Rodet, 2014; Pereira, 2018), destacando não só as cavidades cársticas, como também maciços com presença de lapiés, poliés e dolinas. Estas últimas são importantes para a compreensão da dinâmica hidrogeológica da área, uma vez que se configuram como conduto de recarga hídrica.

No mapa de padrões de relevo da área observa-se que a morfologia das porções leste e oeste apresentam características de dissecação bem diferentes, resultando em um modelado bem distinto nesses dois setores (Figura 2).



**FIGURA 2:** Mapa de padrões de relevo da bacia hidrogeológica Vieira.

A parte oeste da área é ocupada, em grande extensão, por colinas. Apenas nos interflúvios ao norte, na nascente do rio São Lourenço e Ribeirão das Pedras, e ao sul, no córrego Inhaúmas próximo à vila de São Roberto de Minas, ocorrem chapadas e platôs com escarpas de alta declividade em suas bordas. A divisão dessa porção para a parte leste é caracterizada pela presença de uma extensa chapada, também bordejada por escarpas, entre as localidades de Aristides Batista e Nova Esperança.

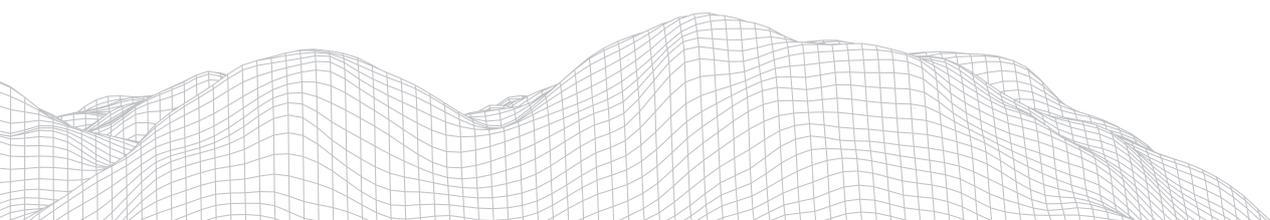


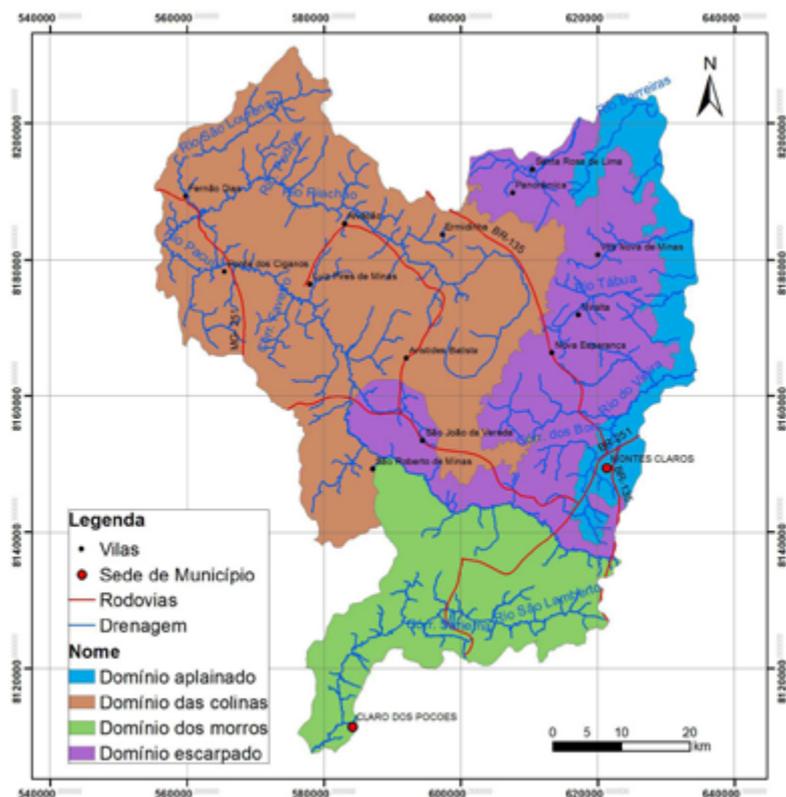
Ao longo da porção leste da área de estudo existe uma variedade maior de padrões de relevo, configurando uma paisagem bem mais dissecada, com morros altos e baixos, e uma superfície aplainada degradada ao longo das bacias hidrográficas dos rios Vieira, Tábua, Cana-brava, Barreiras, córrego do Bengo e ribeirão Santa Rosa (Figura 2).

Nota-se, ainda, na parte sul que o relevo ao longo do rio São Lamberto é semelhante a toda a porção leste, com a marcante presença dos morros altos. Nessa área ocorre, também, a superfície de aplainamento degradada, bordejada por uma escarpa ao longo da margem direita do rio São Lamberto, que ocorre também, em um pequeno trecho, na margem esquerda do mesmo, caracterizando o confinamento do rio, semelhante a um vale encaixado.

O mapa de domínios morfoestruturais (Figura 3) produzido com base nas características dos tipos de formas de relevo, principalmente com relação ao grau de dissecção predominante, e nas direções dos lineamentos, demonstra que esta distinção no tipo de padrões de relevo na área pode ser influenciada pela estrutura geológica. Nesse mapeamento foram identificados quatro domínios, cada qual com as seguintes características:

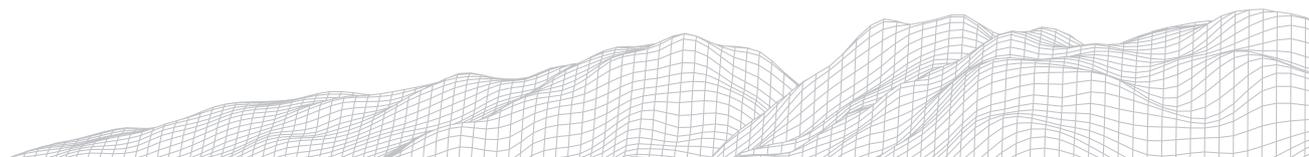
- Domínio Escarpado - apresenta relevo mais dissecado, com predomínio de escarpas e morros altos; e grande densidade de lineamentos de direção NNE - SSW;
- Domínio dos Morros - caracterizado por formas com relevo dissecado, mas também apresenta relevo mais suave como colinas e morros baixos; e lineamento com menor densidade e direções preferenciais NNE-SSE e E-W;
- Domínio das colinas- relevo de baixo grau de dissecção, com predominância de colinas; e baixa densidade de lineamentos com direção NNE-SSW.
- Domínio aplainado - relevo muito aplainado, com predominância da superfície aplainada degradada; e com lineamentos de direção NNE - SSW.





**FIGURA 3:** Mapa de Domínios Morfoestruturais da bacia hidrogeológica Vieira.

O mapa de declividade (Figura 4) auxilia na definição desses domínios, e ainda confirma essa clara diferenciação entre a configuração do relevo ao longo da área de estudo, uma vez que demonstra o diferente grau de declividade. Portanto, observa-se que as maiores declividades, acima de  $10^\circ$ , estão na parte leste e norte da área de estudo, mas especificamente nas nascentes do córrego dos Bois e do rio Buriti; e no médio curso do rio Tábua. Na porção oeste ocorre o predomínio de declividades menores, abaixo de  $5^\circ$ , ao longo dos cursos dos rios Riachão e Pacuí. Essa setorização da declividade reforça a constatação da abrupta distinção que existe no grau de dissecação do relevo entre as porções leste e oeste da área ampliada de investigação da bacia do rio Vieira.





**FIGURA 4:** Mapa de Declividade da bacia hidrogeológica Vieira.

Dentre os padrões de relevo identificados na área de estudo, aqueles que são favoráveis à recarga hídrica apresentam características de baixas declividade e amplitude de relevo. Nessas formas mais suavizadas, a água permanece mais tempo na superfície favorecendo sua infiltração em relação ao escoamento superficial (Selby, 1993).

A Tabela 1 mostra os critérios de declividade e amplitude de relevo (Dantas, 2016) de cada um dos padrões mapeados na área de estudo. Neste quadro, destacam-se os tipos de relevo que possuem as características consideradas propícias à recarga hídrica, que são: chapadas e platôs, colinas e superfícies aplainadas degradadas, os quais apresentam declividade de até 10°. Deve-se destacar que as dolinas também são essenciais para a recarga hídrica, contudo não especificamente devido à sua condição morfológica, mas por se configurar, na maioria das vezes, como um conduto direto da superfície com o endocarste (Stokes *et. al.*, 2010).

**TABELA 1**

Relação dos padrões de relevo identificados na área de estudo e suas amplitudes e declividades predominantes (Dantas, 2016)

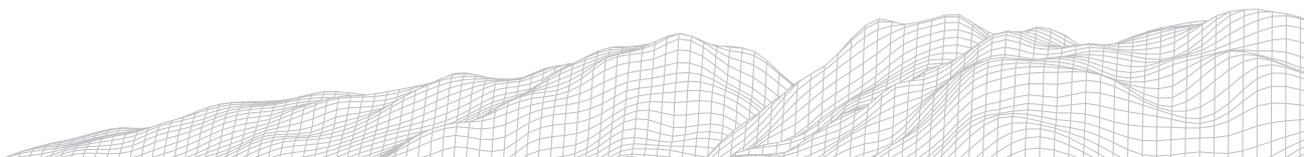
Padrões de Relevo	CÓDIGO/CPRM RGB	Amplitudes Predominantes metros	Declividades Predominantes	
			Graus	%
Planície de Inundação (várzea)	R1a 255,255,190	Zero	0-3	0-5
Rampas de Alúvio-Colúvio	R1c1 255,190,190	Variável	5-10	9-18
Chapadas e Platôs	R2c 137,90,68	0 a 20	Topo plano: 0-3	0-5
Superfícies aplainadas degradadas	R2a2 232,190,255	10 a 30	0-5	0-9
Inselbergs e outros relevos residuais (cristas isoladas, morros residuais, pontões, monólitos)	R3b 223,115,255	50 a 500	25-45 Ocorrem paredões subverticais 60-90	47-100 Paredões >100
Colinas	R4a1 211,255,190	20 a 50	3-10	5-18
Morros baixos	R4a2 85,255,0	50 a 120	5-20	9-36
Morros altos	R4b1 56,168,0	80 a 250	10-35	18-70
Escarpas de borda de planalto	R4d 170,102,205	>300	30-45 Ocorrem paredões subverticais 60-90	58-100 Paredões >100
Escarpas Degradadas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	R4e 202,122,245	50 a 200	10-25 Ocorrem vertentes > de 45	18-47 >100
Feições Erosivas (dolinas, uvalas, poliés, sumidouros)	R5a 115,223,255	Variável	Variável	Variável

Fonte: DANTAS, 2016.

### 5. Considerações Finais

A maior contribuição do mapeamento do relevo para o estudo de gestão integrada das águas subterrâneas e superficiais refere-se à descrição das formas de relevo, especificando as características que configuram essas como favoráveis à recarga hídrica ou como restritiva ou menos favoráveis à recarga.

Segundo o mapeamento geomorfológico, grande parte da área da bacia hidrogeológica do rio Vieira é composta de tipos de relevo que correspondem a formas com baixo grau de declividade, e conseqüentemente que favorecem a infiltração da água no solo. Os principais tipos de relevo que proporcionam tal infiltração são: colinas, presentes em grande extensão na porção oeste e noroeste;

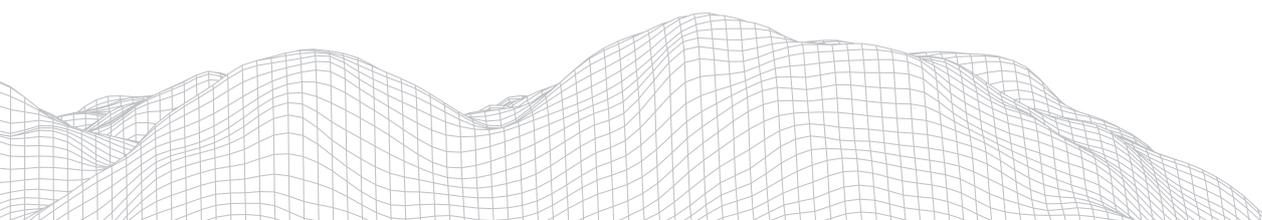


chapadas e platôs, que ocorrem na parte central em maior área e nos interflúvios; e as superfícies aplainadas degradadas situadas principalmente na porção leste.

Ainda, deve-se destacar que a paisagem geomorfológica da região se caracteriza pela influência da estrutura geológica na formação do modelado, como foi possível observar no mapa de domínios morfoestruturais. Sendo assim, é importante atentar que assim como as formas de relevo e a dissecação do mesmo é conduzido pelas estruturas presentes, os condutos, surgências e sumidouros, e até mesmo as dolinas e uvalas, tão importantes para a configuração do sistema hidrológico/hidrogeológico, provavelmente também são muito direcionadas e influenciadas por tais estruturas.

### Referências

- ANA (2013) Plano de Recursos Hídricos do Rio Verde Grande. Agência Nacional de Águas, Brasília. 12p.
- DANTAS, M. E. (2016) Biblioteca de Padrões de Relevo. In: Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação. CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.
- FORD, D.; WILLIAMS, P. (2007) Karst Hydrogeology and Geomorphology. John Wiley & Sons. 562p.
- IGLESIAS, M. UHLEIN, A. (2009) Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais. Revista Brasileira de Geociências. 39(2): p. 256 - 266.
- PEREIRA, M. C. (2018). O Carste sob os olhares da superfície: fragilidade, antropismo e planejamentos urbano e ambiental na região cárstica de Lagoa Santa - MG. (Tese de doutorado) IGC/UFMG. 229p.
- PILÓ, L. B. (2000) Geomorfologia Cárstica. Revista Brasileira de Geomorfologia. V.1, n.1, AGB. P. 88 - 102.
- REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. (2015) Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Climatologia. Ano11. Vol.17. Jul/Dez. p. 206-226.
- RODET, J. (2014) The primokarst, ormer stages of karstification, ou how solution caves can born. Geologia Belgia V.17. N.1. p.58 - 65.
- SELBY, M.J. (1993) Hillslope Materials and Process. Oxford University Press. Oxford, p.451.



# CORRELAÇÕES ENTRE SUSCEPTIBILIDADE NATURAL E MUDANÇAS ANTROPOGÊNICAS NO AUMENTO DOS EVENTOS DE INUNDAÇÃO E ALAGAMENTOS EM RIO DAS PEDRAS - RJ

790

*Marcela Figueiredo Cáceres Nnunes*

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

*Rua Sá Ferreira, 156, Copacabana, Rio de Janeiro*

*CEP:22071-100*

*E-mail: marcelafcaceres@gmail.com*

*Cássia Barreto Brandão*

*Instituição de referência ou de trabalho*

*R. São Francisco Xavier, 524 - Maracanã, Rio de Janeiro - RJ,*

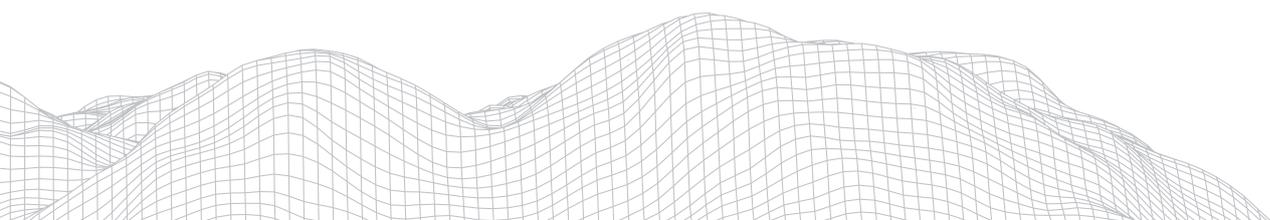
*CEP:20550-013*

*E-mail: cassiabbgeo@gmail.com*

### Resumo

As inundações acompanham a história da cidade do Rio de Janeiro e da comunidade do Rio das Pedras. A mesma está localizada na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro e possui 63.484 habitantes. Rio das Pedras se expande pela Baixada de Jacarepaguá, dominada pela Geomorfologia de planícies costeiras, solos cobertos por turfa e mangue, além de sofrer influência do relevo montanhoso do maciço da Tijuca, onde as nascentes do seu principal rio estão localizadas. Neste contexto, o presente estudo buscou avaliar o risco a inundações e alagamentos em Rio das Pedras baseado nas análises do meio físico natural e construído. Mudanças ambientais como o aumento de lixo nas ruas e rios, esgoto a céu aberto, ocupações desordenadas com construções nas áreas de matas ciliares influenciam no aumento das inundações e alagamentos, a falta de gestão do poder público somada as mudanças ambientais aumentam a exposição da população aos riscos.

**Palavras-chave:** Inundação; risco; mudanças ambientais.



## 1. Introdução

Segundo Coelho (2010) a urbanização é a transformação da sociedade. Os efeitos causados no meio ambiente, promovidos pelas aglomerações urbanas são, concomitantemente, fruto do processo de transformações dinâmicas e mútuas da natureza e da sociedade estruturada em classes sociais.

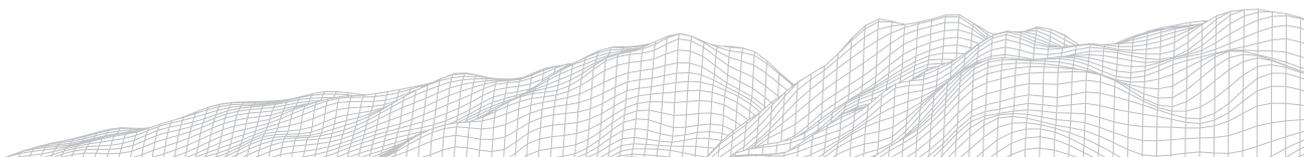
Neste contexto, a cidade do Rio de Janeiro sofre com as inundações desde o início do seu povoamento urbano, sendo que sua história se confunde com esses eventos recorrentes. As inundações ocorridas devido aos fortes temporais de verão, desde muito provocam tragédias na cidade, com desabamento de casas, alagamento de ruas, destruição do comércio, problemas de transporte, doenças, falta de comida e outras mazelas como a morte de cidadãos. De acordo com Costa (2011) a primeira inundação histórica de grandes proporções que se tem notícia ocorreu no século XVI. Com o decorrer das décadas e séculos, a cidade do Rio de Janeiro se transformou em um grande centro urbano. De acordo com Nunes (2015) esses avanços urbanos também se refletem no aumento dos deslocamentos da população dentro da cidade, gerando mais poluição e gasto energético, contribuindo assim, para as heterogeneidades intraurbanas, com áreas pouco conectadas. A autora retifica que os desarranjos e as desigualdades pesam negativamente na ocorrência de eventos extremos, pela falta de equidade de estrutura nos diferentes lugares.

Baseado nisso Sobral explica:

As ameaças entendidas como inundação, enchente, deslizamento de terra etc. podem contribuir para a ocorrência e a severidade dos desastres, mas a vulnerabilidade humana, resultante da pobreza e da desigualdade social, potencializa os riscos. Essa vulnerabilidade está relacionada à capacidade da comunidade suportar e responder adequadamente a determinado evento. Ou seja, a magnitude do evento desencadeador representa um fator importante na ocorrência do desastre, mas o grau de vulnerabilidade da área geográfica e/ou da comunidade afetada é um dos fatores preponderantes para a intensificação de suas consequências (SOBRAL, 2010 p.390).

A susceptibilidade natural aos desastres de inundação e alagamento influencia diretamente no risco que a população de uma determinada área sofre, o conceito de suscetibilidade pode ser considerado como uma pré-disposição natural de uma área ou região tem de sofrer um processo perigoso devido as suas condições intrínsecas. A suscetibilidade é o quão provável um determinado fenômeno pode ocorrer independente dos fatores sociais, mas tendo a sociedade como elemento de interferência que acelera ou retarda (GIRÃO, RABELO e ZANELA, 2018).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo investigar as mudanças antropogênicas correlacionadas entre a susceptibilidade natural da comunidade de Rio das Pedras, localizada na Zona Oeste do Rio de Janeiro, perante os eventos recorrentes de inundação. Essa região possui condições que colaboram para as inundações e alagamentos, como a sua morfologia, drenagem e modificações realizadas pelo homem que intensificam o risco à desastres. Apesar da comunidade sofrer muito com os desastres de inundação e alagamento, constata-se que existe pouco material de estudo sobre a área, servindo de grande motivação para a realização do trabalho. Portanto a maior justificativa para essa monografia ser realizada nesse recorte é por ser desproporcional a quantidade de eventos que ali ocorrem com a quantidade de material de estudo produzido.



## 2. Área de estudo

A ocupação da comunidade do Rio das Pedras é relativamente recente comparada com as demais favelas do Rio de Janeiro, se iniciando em 1951, próximo ao rio denominado Rio das Pedras. Com o desenvolvimento do bairro da Barra da Tijuca, um grande contingente de mão de obra foi atraído para a região que foi se fixando em abrigos precários ao longo da Estrada de Jacarepaguá.

Silva (2006) explica que a ocupação populacional é em geral nordestina, chegando a 54% de seus moradores que, fugiram da escassez de água, comida e desemprego do Nordeste, atraídos pelo mercado de trabalho da construção civil e do setor de serviços que empregava mão de obra gerada pela proximidade com a Barra da da Tijuca que estava em expansão.

O processo de ocupação espacial da favela se iniciou pelas áreas mais frágeis, como as margens dos rios, e com o passar do tempo foi se adensando e ocupando o entorno das principais vias de acesso, como a Rua Engenheiro Souza Filho e a Estrada Jacarepaguá. Com o tempo, devido ao aumento da densidade de ocupação nessa área, as construções começam a tomar a parte baixa do terreno. Esse processo de urbanização causou significativas mudanças no meio físico natural acarretando numa série de consequências danosas ligadas ao esse crescimento desordenado como o aumento das inundações e dos alagamentos.

Ao analisar os aspectos físicos referentes à comunidade de Rio das Pedras, observa-se características acerca do; clima, relevo, solo, e uso da terra. Consta-se que a região apresenta clima tropical úmido caracterizado pela presença de chuvas fortes durante o verão com variações dos totais anuais pluviométricos entre 1200 mm e 1600 mm ocorrendo nas proximidades do maciço da Tijuca (SERRA, 1970 e DEREZYNSKI; OLIVEIRA; MACHADO, 2009

Rio das Pedras está localizada na Baixada de Jacarepaguá, dominada pela Geomorfologia de Baixada litorânea, planícies costeiras ou planícies litorâneas, conceitos sinônimos para designar ambientes localizados nas zonas litorâneas que apresentam topografia plana ou com pouca declividade e de baixa altitude sendo, portanto, áreas de sedimentação (MARQUES, 1990).

No Estado do Rio de Janeiro as planícies costeiras estão associadas a ocorrência de eventos geológicos, climáticos e principalmente variações do nível relativo do mar. Transgressões e regressões marinhas no período Quaternário recente fizeram com que os sedimentos disponibilizados na costa sofressem processos sucessivos de retrabalhamento pela ação das ondas e correntes. A deposição contínua de areia paralela ao mar formou as restingas que ao se desenvolverem confinaram parcelas de água salgada denominadas de lagunas (SUGUIO, et. al. 1992). O solo encontrado na área de estudo corresponde a solos hidromórficos, resultado de sistemas geomorfológicos, processos geológicos globais e condições-s ecológicas ideais ao acúmulo de água e de material orgânico (PEREIRA, 2005). Os solos originais da região correspondem a solos indiscriminados de mangue localizados nas proximidades das lagoas e a Organossolos Tiomórficos, que correspondem a solos orgânicos que estão associados a ambientes mal drenados.. Assim, os próprios solos originais da localidade evidenciam as características de má drenagem da água e conseqüente acúmulo.

A bacia hidrográfica do rio das Pedras está localizada entre os bairros de Jacarepaguá, Itanhangá, Anil e Barra da Tijuca, na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, possuindo dois rios afluentes: o rio Retiro e o rio das Pedras. Na bacia foram identificados 18 canais pela base de dados do INEA.

A comunidade do Rio das Pedras é marcada por grandes eventos de



inundação durante a sua história, e paralelo ao seu processo de urbanização massivo, esses eventos foram tomando proporções catastróficas. Segundo Costa (2001) as inundações em Fevereiro de 1996 foi a de maior magnitude. No dia 13, houve elevação do nível dos rios do bairro de Jacarepaguá, que possuem pequena capacidade de escoamento, afetando as residências construídas de forma impropria junto às margens. No dia 14, do total precipitado, 200mm ocorreram somente 8 horas. Nas áreas de planície, os leitos dos rios desapareceram, nivelando-se aos terrenos marginais. O total foi de 1500 desabrigados e 59 mortes em toda cidade.

Em 2010 toda cidade do Rio de Janeiro sofreu com temporais no dia 06 de abril. Em menos de 24 horas, foram 288 milímetros de precipitação que causaram inundações e deslizamentos, gerando um total de 48 mortes e 1400 desabrigados (COSTA, 2010).

Em 2012 e 2019 as chuvas causaram grandes problemas aos moradores do baixo curso do rio das Pedras, sendo que desta vez sem índices extremos de precipitação.

### 3. Metodologia

Na primeira etapa do estudo, foram levantadas bibliografias em livros e artigos sobre os principais conceitos e temáticas que embasaram o trabalho, como: desastres naturais, risco, susceptibilidade, inundação e alagamento. Conceitos estes que ajudaram na formulação do objetivo e na interpretação dos resultados, dando uma maior compreensão sobre a frequência, magnitude e consequências que o desastre da inundação causa em diferentes escalas.

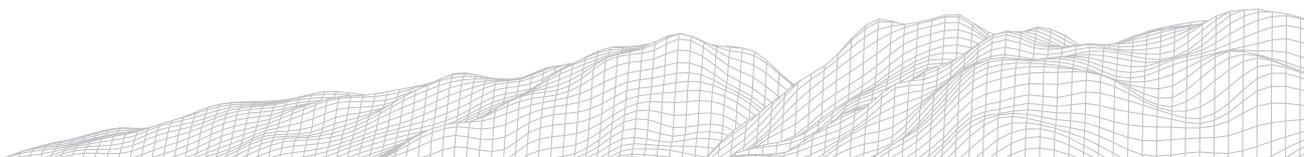
O levantamento bibliográfico foi utilizado também na busca da caracterização da área de estudo, tanto no histórico de ocupação, explicando os porquês da falta de estrutura da localidade, quanto com as imagens aéreas, e dados geomorfológicos e hidrográficos retirados do site do Instituto Estadual do Ambiente - INEA e no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE para uma maior compreensão dos aspectos físicos da região.

As saídas a campo para os registros fotográficos foram realizadas entre março de 2019 a fevereiro de 2020. As atividades de campo foram essenciais para o desenvolvimento do trabalho e para o reconhecimento da área de estudo, pois através deste foi possível entender os riscos de inundação da região pela percepção dos moradores. A primeira ida a campo foi em março de 2019, onde foram aplicados 40 questionários.

Para a elaboração do mapa da figura 1X, foram obtidos dados digitais do limite da Sub-Bacia Rio de Pedras em formato Shapefile (shp) disponíveis no sítio eletrônico do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). A partir desse arquivo foram adicionadas as camadas de curvas de nível, hidrografia, área urbanizada e limite dos bairros, todos retirados do mesmo sítio do INEA, e processadas com geoprocessamento por meio do SIG - Sistemas de Informação Geográfica (ArcMap 10.8) e projetados no Sistema de Coordenadas Geográficas Sirgas 200, visando produzir o mapa dos aspectos físicos da Sub-Bacia do Rio das Pedras.

Na criação da figura “X” apresentadas nos resultados, foram construídas representações (com imagens de satélite do Google Earth Pro) da ocupação das margens do rio das Pedras nos anos de 2003, 2010, 2015 e 2020, com a ferramenta “imagens históricas”.

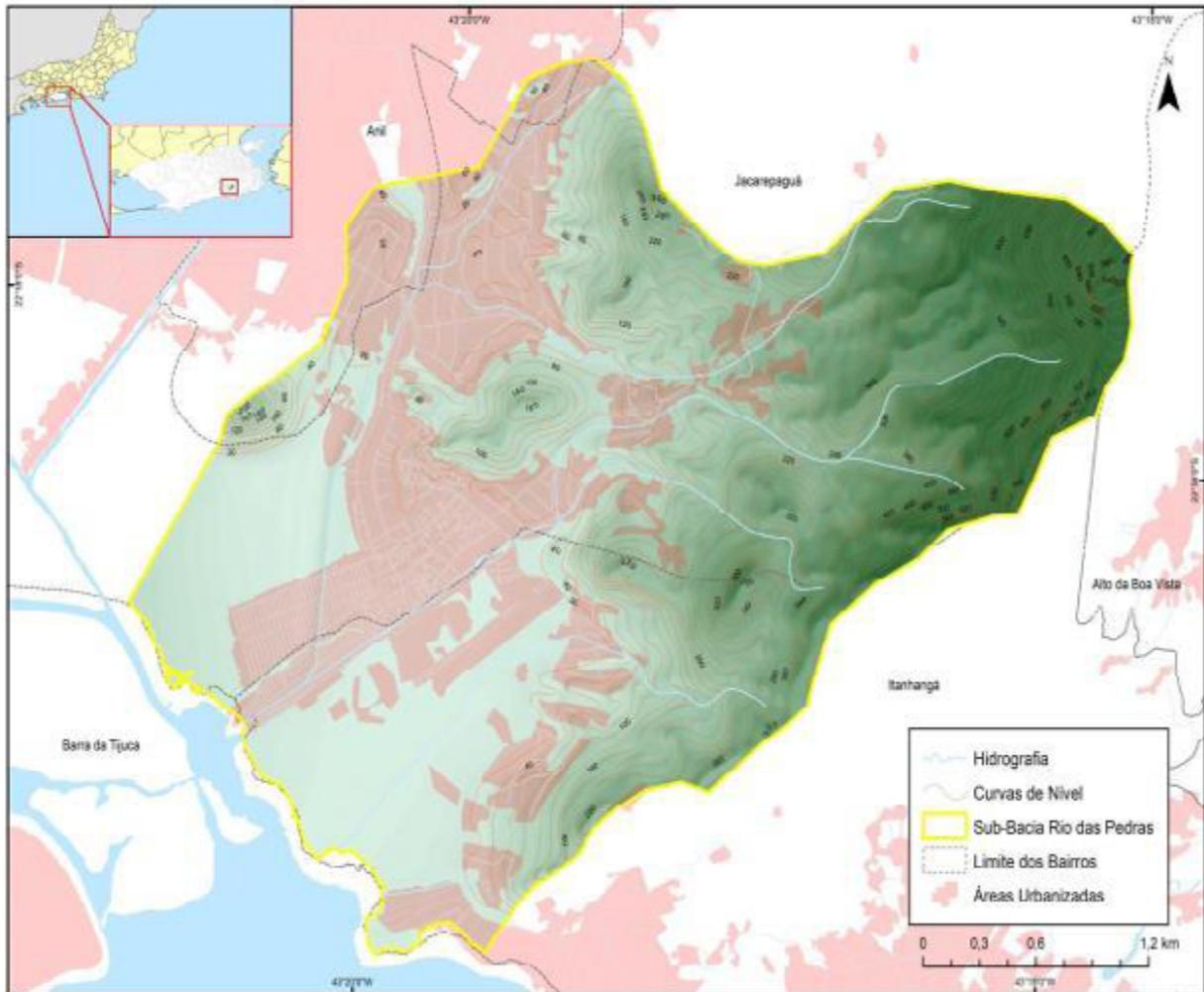
Posteriormente todos os dados coletados foram analisados e organizados em formato de artigo, desde o acervo bibliográfico até as conclusões finais.



#### 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A comunidade do Rio das Pedras é marcada por grandes eventos de inundação durante a sua história, paralelo ao seu processo de urbanização massivo, esses eventos foram tomando proporções catastróficas. A susceptibilidade à inundações e alagamentos da área de estudo e a vulnerabilidade social da comunidade somam-se com as mudanças ambientais antropogênicas, tornando esses eventos mais graves e causando um maior impacto nas áreas afetadas.

O mapa da figura 1 mostra em rosa, a área urbanizada da comunidade de Rio das pedras, A bacia Rio das Pedras possui duas formas geomorfológicas principais;



**Figura 1:** Mapa da bacia hidrográfica de Rio das Pedras Fonte: Elaborado pela autora.

A de relevo montanhoso, formada pelo maciço da Tijuca, compostas por rochas de embasamento cristalino, onde a vegetação ainda é presente, assim como as nascentes que permanecem preservados pela dificuldade de se construir em áreas muito íngremes e pela criação do Parque Nacional da Tijuca. Outra influência do maciço é no índice pluviométrico, fazendo com que as chuvas nessa região sejam mais intensas por conta da altitude, segundo Castro (2003) em decorrência do processo de urbanização e modificação dos canais fluviais, os eventos de inundação são cada vez mais recorrentes na bacia do rio das Pedras. Apesar do alto curso da bacia apresentar áreas vegetadas, a combinação de solos rasos, altos índices pluviométricos, elevado gradiente e áreas impermeabilizadas possibilitam o cenário de inundações e alagamentos.

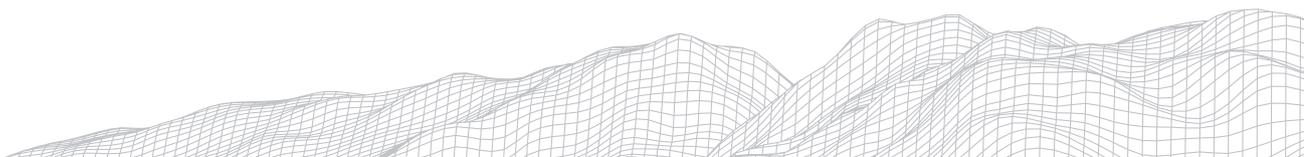
A segunda forma geomorfológica encontrada na região é a planície costeira, que corresponde a uma grande superfície de inundação, pantanosa e suscetível à inundação e alagamentos. Essa área sofreu um intenso processo de urbanização e recebe o curso médio e baixo do rio das Pedras, sendo que nessa altura do rio o esgoto doméstico sem tratamento é jogado diretamente no rio retificado e canalizado. A jusante do rio das Pedras encontra-se a sua desembocadura no complexo lagunar de Jacarepaguá, mais precisamente na lagoa da Tijuca.

O INEA (2014) informa que o conjunto de resultados obtidos ao longo de trinta anos revela, em síntese, que o Complexo Lagunar de Jacarepaguá, bem como os rios e canais de sua bacia hidrográfica, encontra-se sob intensa influência de águas residuárias, ricas em matéria orgânica, oriundas de fontes urbanas e/ou industriais. No Sistema Lagunar de Jacarepaguá, o impacto antropogênico pode ser observado, principalmente, a partir dos parâmetros de natureza orgânica - oxigênio dissolvido (OD), demanda biológica de oxigênio (DBO), nitrogênio e fósforo, indicadores típicos do grau de degradação e/ou eutrofização do ambiente. Além disso, destaca-se a redução do espelho d'água, por causa dos aterros clandestinos, da ocupação inadequada da faixa marginal de proteção e da formação de ilhas por assoreamento.

O presente trabalho, baseado em registros fotográficos e imagens de satélite traz como resultado as mudanças ambientais em Rio das Pedras, sendo que tais mudanças agravam o risco à inundações e alagamentos da comunidade.

O aumento de construções é uma mudança ambiental antropogênica que mais se destaca nas imagens de satélite, com um acompanhamento temporal utilizando a ferramenta Google Earth. As construções dentro da margem do rio das Pedras, o principal rio da comunidade e que a atravessa, do Maciço da Tijuca até a Lagoa da Tijuca, em 2003 ainda possuía mata ciliar minimamente conservada, porém em 2020 é possível observar sua completa ocupação. Esse desmatamento também é um fator que corrobora para os alagamentos, como a área já está muito urbanizada e já foi muito desmatada, ele se destaca nas mudanças ambientais desenfreadas, que não possui controle ou gestão do Estado.

Na sequência de imagens de satélite na figura 2 a seguir é possível observar o avanço das construções em direção ao rio e o aumento da área impermeabilizada, o que eleva o risco de alagamentos e inundações. Essa ocupação da margem do rio, atrelada com os aspectos físicos em que a comunidade está inserida como; solo hidrofizado, relevo de planície costeira, alto índice pluviométrico (devido à proximidade com o maciço da Tijuca), gera esse ambiente mal drenado como as áreas baixas de várzeas e depressões que são submetidas a constante ou intermitente período de saturação por água (PEREIRA, 2005).





**Figura 2:** Imagem de satélite de Rio das Pedras em 2003, 2010, 2015 e 2020 Fonte: Google Earth.

Essa sequência de imagens de satélite dos anos de 2003, 2010, 2015 e 2020 traz como resultado o avanço de construções, para TUCCI (2000), com o desenvolvimento urbano, ocorre a impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas, pátios e entre outros. Dessa forma, a parcela da água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade de escoamento das seções e muito mais planejamento e desenvolvimento da área para suportar essa demanda de água acumulada, pois em localidades que não possuem essa estrutura acabam ocorrendo inundações em diferentes áreas da drenagem, já canalizada e impermeabilizada, além de alagamentos nos perímetros urbanos.

Em Rio das Pedras também é possível observar a verticalização das construções em virtude da alta densidade de áreas edificadas e pelo risco a inundação na comunidade. Também se observa novos empreendimentos imobiliários no entorno da comunidade, fazendo com que a área impermeabilizada aumente ainda mais na região.

O esgoto a céu aberto é mais um fator que corrobora para o agravamento dos alagamentos assim como no aumento de vetores. O esgoto sem tratamento e com elevado número de coliformes fecais são direcionados para o rio, que por sua vez aumentam a proliferação de vetores que fazem com que a população entre em contato com as águas contaminadas durante os episódios de alagamento e inundação.

A figura 3, retirada do site da Veja, mostra o reflexo desse conjunto de fatores que elevam o risco às inundações e alagamentos em Rio das Pedras, na figura o rio ultrapassa seu leito maior, inundando as ruas e casas ao redor. Pelo

excesso de lixo nas vias e pela deficiência do sistema de escoamento e drenagem do rio, os alagamentos podem durar semanas.

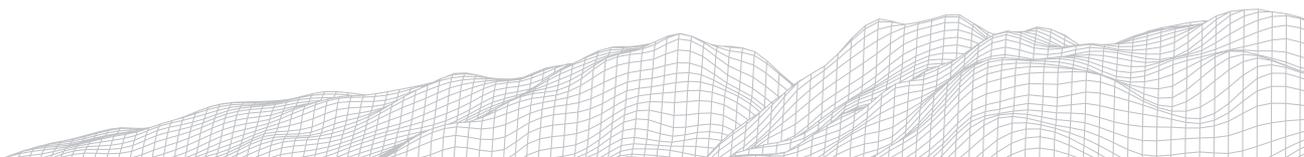


**Figura 3:** Ruas inundadas em Rio das Pedras

Fonte: <https://veja.abril.com.br/galeria-fotos/imagens-da-semana-rio-de-janeiro/>

Quanto maior a ineficiência da coleta e limpeza urbana, maior é o volume total de resíduos sólidos que chegam na drenagem. A grande maioria dos resíduos sólidos demora muito tempo para desaparecer na natureza, colaborando para a poluição e contaminação dos rios uma vez que transportam poluentes agregados aos resíduos. Além de todos os malefícios que esse esgoto a céu aberto traz para o meio ambiente, ele gera inúmeros problemas para a população como proliferação de doenças e de vetores (ratos, baratas, insetos). Cabe destacar que a ocupação do leito menor do rio é a que está mais sujeita a inundações com maior frequência. As inundações e os alagamentos estão associados a falta de dragagem, limpeza dos canais e das ruas, visto pela quantidade de lixo flutuante e presença de esgoto.

A contribuição do excesso de lixo revela o tamanho do impacto que ele gera na vazão do rio ao obstruir seu fluxo. A figura 4 são dois momentos diferentes em ângulos distintos de um mesmo ponto de recolhimento de lixo em uma das principais ruas que cortam a comunidade, a Estrada de Jacarepaguá, a primeira antes do caminhão da prefeitura realizar o recolhimento – com uma quantidade significativa de lixo dentro e fora da caçamba; a segunda após o recolhimento do lixo onde é notória a quantidade de resíduos sólidos deixado ao redor da caçamba, provando a ineficiência dos serviços de recolhimento prestados pela prefeitura do Rio de Janeiro na comunidade.





**Figura 4:** Lixo antes e depois da COMLURB recolher Fonte: Retirada pela autora

O autor TUCCI (2000) destaca que muitos alagamentos que ocorrem são devidos, não à falta de capacidade projetada do conduto hidráulico, mas por conta de obstruções provocadas pelo material sólido. Para que seja possível atuar sobre este problema é necessário conhecer melhor como os componentes da produção e transporte deste material ocorrem em bacias urbanas. Em Rio das Pedras esse material sólido que fica pelas calçadas, com as chuvas é escoado para o rio, e prejudica o escoamento do rio, intensificando as inundações e alagamentos.

A figura 5 foi retirada em campo, dois dias depois de uma chuva moderada, onde as calçadas continuavam alagadas, havendo a presença de vetores e mal cheiro. Ela mostra as consequências que esses impactos ambientais causam na rede de galerias e escoamento na comunidade, afetando diretamente o cotidiano dos moradores da região.



**Figura 5:** Calçada alagada em Rio das Pedras Fonte: Retirada pela autora

Os estudos demonstram que a comunidade de Rio das Pedras possui características físicas naturais que intensificam os riscos a inundações, portanto a comunidade é susceptível à esse tipo de desastre. Somadas às características físicas naturais, as mudanças ambientais antropogênicas registradas no atual trabalho (aumento de construções, excesso de lixo e esgoto a céu aberto) corroboram ainda mais para as inundações e alagamentos fazendo com que ocorra um aumento da comunidade vulneravelmente exposta aos riscos.

## 5. Conclusão

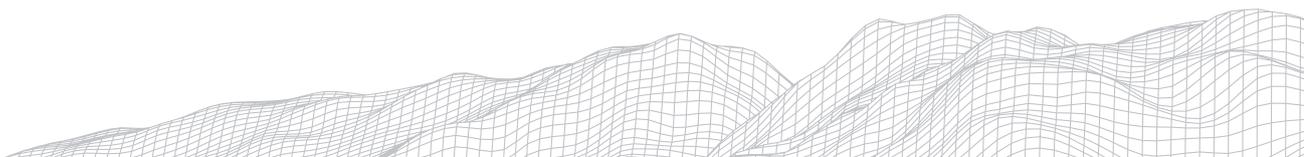
Como constatado no trabalho apresentado, Rio das Pedras possui condicionantes físicos naturais que corroboram para as inundações e os alagamentos, sendo uma planície alagadiça com solos mal drenados, localizada próximo aos maciços costeiros com alto índice pluviométrico e a complexos lagunares para onde a água tende a desembocar.

Esses condicionantes físico naturais citados, atrelados a modificações antropogênicas estruturais, como aumento de construções, excesso de lixo, e esgoto a céu aberto, essa região com o passar das décadas se tornou cada vez mais passível ao risco de inundações e alagamentos, ao mesmo tempo que se verifica o aumento da população vulnerável e exposta aos riscos.

É nítida a ausência do poder público no que se refere ao sistema de saneamento e coleta de lixo, assim como no controle da ocupação irregular nas margens do rio, como constatado por imagens de satélite e registros fotográficos.

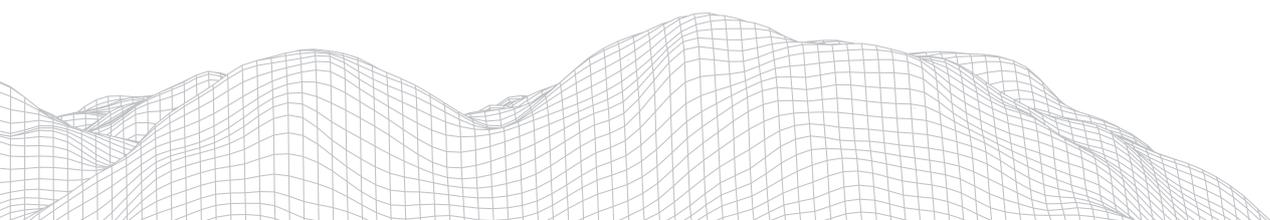
O Estado vem negligenciando a gestão das infraestruturas nessa parte da cidade, assim como a grande parte da periferia do Rio de Janeiro, portanto é essencial que os riscos sejam reconhecidos, as vulnerabilidades da população identificadas e que as ações sejam planejadas visando um gerenciamento de riscos mais eficiente.

É essencial que a prefeitura do Rio de Janeiro proporcione um maior investimento estrutural e de serviços em Rio das Pedras pelo seu alto nível de susceptibilidade natural e vulnerabilidade social, buscando criar um desenvolvimento sustentável que possa melhorar a qualidade do ambiente urbano ali construído, desenvolver programas especiais de logística para; controlar as construções irregulares, melhorar o tratamento do esgoto que é jogado diretamente no rio, ter uma coleta de lixo mais eficiente e que vise promover a reciclagem com os moradores com centros de coleta seletiva, ou seja, identificar ações que possam solucionar problemas de infraestrutura e de logística.



## Referencial:

- CASTRO, A. L. C. Manual de Desastres: desastres naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003, 174p. 45
- COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas - Teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, Cap.1, p.19-45.
- COSTA, H. Enchentes no Estado do Rio de Janeiro - Uma Abordagem Geral / Rio de Janeiro: SEMADS, 2011, 160p.
- GIRÃO, I.R.F.; RABELO, D.F.; ZANELLA, M.E. Análise Teórica dos conceitos: Riscos socioambientais, vulnerabilidade susceptibilidade. REGNE, Vol. 4, 1 Especial p.71-83, 2018.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). Sistema Lagunar de Jacarepaguá. Disponível em :  
<Disponível em: [tp://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/Lagoas/SistemaLagunardeJacarepagua/PrincipalSLJ/index.htm](http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/Lagoas/SistemaLagunardeJacarepagua/PrincipalSLJ/index.htm) >. Acesso em: set. 2014.
- MARQUES, J. S. A participação dos rios no processo de sedimentação da baixada de Jacarepaguá. 435f. Dissertação de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 1990
- NUNES, L.H. Urbanização e desastres naturais, abrangência América do Sul. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.p. 28.
- PEREIRA, M. G. Organossolos: ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. Tópicos em Ciência do Solo/Topics in Soil Science, Viçosa, SBSCS, v. 4, p. 233-276, 2005
- SERRA, A. B. Clima da Guanabara. Boletim Geográfico, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia, ano 29, n.214, p.31,1970.
- SILVA J.G.M.E.; A segregação espacial em Rio das Pedras. 2006. 129 f. Dissertação Curso de Mestrado em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Rio de Janeiro, 2006.
- SOBRAL, A. et. al. Desastres naturais sistemas de informação e vigilância: uma revisão da literatura. Epidemiol. Serv. Saúde v.19 n.4 p.389-402, 2010.
- SUGUIO, K; MARTIN, L. & TURCQ, B. Problems in forecasting possible near future climate change based on past and present climate. In: 37º Congresso Brasileiro de Geologia. Anais ..Resumos Expandidos. São Paulo. 1: 87-90,1992.
- TUCCI, C.E.M. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas.Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, v.5, n.1, p.61-68,2000.



# DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARAIVAÍ, SOROCABA – SP: INTERAÇÕES ENTRE OS SISTEMAS ANTRÓPICOS E AMBIENTAIS NO ORDENAMENTO URBANO

802

*João Braz Custódio de Oliveira*

*Laboratório de Estudos do Quaternário, Universidade Federal de São Carlos*

*Rodovia João Leme dos Santos – Km 106 ao 107 –*

*Parque Reserva Imperial, Sorocaba – SP, Brasil. CEP. 18052780*

*E-mail: joao.oliveira@estudante.ufscar.br*

*Emerson Martins Arruda*

*Laboratório de Estudos do Quaternário, Universidade Federal de São Carlos*

*Rodovia João Leme dos Santos – Km 106 ao 107 –*

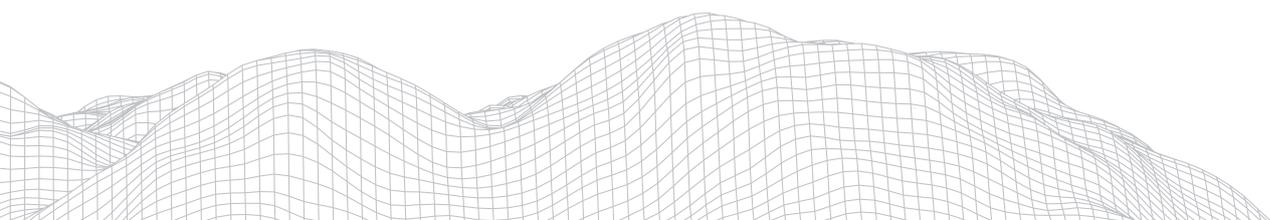
*Parque Reserva Imperial, Sorocaba – SP, Brasil. CEP. 18052780*

*E-mail : emersonge@ufscar.br*

## Resumo

Este trabalho analisou os impactos ambientais, baseando-se nas interações entre os sistemas antrópicos e ambientais que constituem o ordenamento urbano existente na bacia hidrográfica do rio Taquaravaí. Com a expansão urbana entre meados das décadas de 80 e 90, a bacia hidrográfica do rio Taquaravaí recebeu intensas transformações antrópicas em sua paisagem, ocasionando novos impactos negativos de curto e longo prazo. Pautou-se nas abordagens propostas por Rodriguez, Silva e Leal (1997), Rodriguez e Silva (2013) e dos sistemas ambientais (Christofolletti, 1999) como arcabouço teórico metodológico para a análise ambiental, associando a mapeamentos temáticos e trabalhos de campo, foi possível identificar e analisar os impactos ambientais. Observou-se que os usos e ocupações relacionadas a urbanização mal planejadas foi o principal conjunto de processos que transformou e gerou impactos ambientais. As contribuições dessa pesquisa fornecem dados que auxiliam gestores na elaboração do planejamento ambiental, possibilitando a tomadas de decisões que respeite o meio ambiente e a sociedade civil.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica do rio Taquaravaí, Uso e ocupação do solo e Impactos ambientais.



## 1. Introdução

A presente estudo integra pesquisas desenvolvidas no âmbito do Grupo de Estudos do Quaternário - UFSCar, o qual tem se dedicado aos estudos geomorfológicos e ambientais na Região de Sorocaba, São Paulo. Este trabalho apresenta resultados de uma pesquisa mais ampla, que tem utilizado abordagens da Geomorfologia Aplicada na compreensão da dinâmica ambiental de bacias hidrográficas urbanizadas.

O diagnóstico ambiental é uma das etapas que envolve o planejamento ambiental, para que se obtenha êxito em sua elaboração, Rodriguez, Silva e Leal (1997) propõe que durante seu desenvolvimento realize as seguintes etapas: Organização e inventário; análise; diagnóstico, projeção e execução.

Para Franco et. al. (2011) o diagnóstico ambiental envolve o entendimento dos componentes ambientais (relevo, hidrografia, geologia, solos), vislumbrando a análise da dinâmica entre os elementos e fatores físicos, biológicos e socioculturais, possibilitando interpretar a situação ambiental de diferentes escalas

Deste modo, teve-se como objetivo identificar e analisar os impactos ambientais da bacia hidrográfica do rio Taquaraí, a partir de uma visão sistêmica, correlacionando aspectos do ambiente, a influência de diferentes pulsos econômicos e a evolução urbana nas últimas décadas na área de estudos.

A base teórica do trabalho é assim orientada pela perspectiva dos sistemas ambientais tratada por (1980), adotando-se a bacia hidrográfica como unidade espacial de análise, buscando-se compreender a interação entre os diferentes elementos e atributos que em conjunto fazem parte da evolução da paisagem na referida bacia.

Segundo Christofletti (1982), os sistemas encontram-se organizados em virtude das inter-relações, onde o seu grau de organização permite que assumam a função do todo que é maior que a soma de suas partes. Além disso, segundo o autor, os sistemas são compostos por elementos ou unidades, relações, atributos, entrada e saída de energia e/ou matéria.

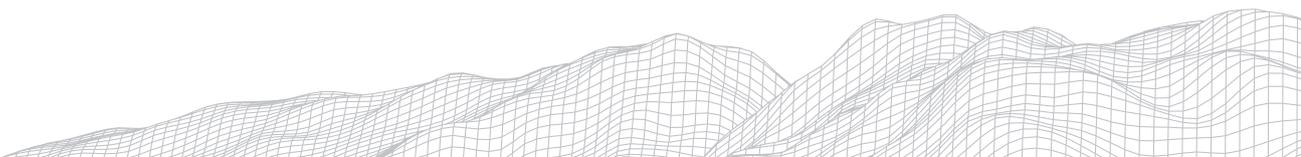
O presente busca essa correlação teórica entre abordagens bem consolidadas da Geografia Física, o recorte bacia, pois acredita-se ser o mais adequado aos estudos ambientais do relevo, e conceitos acadêmicos e legais relacionados à análise de impactos ambientais.

Parker (1985) define impacto ambiental como “mudança sensível, positiva ou negativa, nas condições de saúde e bem-estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema do qual depende a sobrevivência humana”.

Coelho (2018) reitera que os impactos ambientais em locais densamente urbanizados são “produto e processo de transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade estruturada em classes sociais”, sendo a sociedade condicionada a alterações em sua estrutura conforme a urbanização acontece. A citada dinâmica ocorre, pois, “à medida que os homens incorporam suas forças à natureza trabalhada, esta adquire uma nova qualidade social enquanto valores de uso.” (BERNARDES; FERREIRA, 2003, pág. 20)

Conforme Rebouças (2002) é a partir da visão sistêmica que se reconhece a interdependência dos ciclos de energia e matérias da Terra, aglutinando os indivíduos e a sociedade como parte dos processos cíclicos da natureza.

Segundo Silva, Amorim e Mattos (2018) “A paisagem é o plano de fundo



para identificar esses sistemas naturais e antrópicos”. Assim sendo, torna-se evidente a necessidade de incorporar discussões que busquem entender a natureza das relações estabelecidas entre os sistemas antrópicos e naturais, em prol do diagnóstico ambiental.

Considera-se sistemas ambientais todos os componentes naturais da paisagem, sendo eles resultados das interações entre energia e matéria presentes no geossistema, no entanto, ressalta-se que há também da interação com outros sistemas, uma vez que, sua estrutura é um sistema aberto.

Já os sistemas antrópicos são “uma superestrutura ideológica, onde as relações jurídico-políticas e as ideológico-culturais se subdividem em relações econômico-sociais (forças produtivas e relação de produção)” (RODRIGUEZ, 1997 apud AMORIM, REIS, FERREIRA, 2017, pág. 95).

A bacia hidrográfica como unidade básica de análise torna-se indispensável em estudos de caráter ambiental, pois, nela é expressa a compreensão sistêmica integrada, conforme Botelho e Silva (2020) possibilitando ainda 'avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem”.

Portanto faz-se necessário analisar a bacia hidrográfica não somente como um elemento físico, mas sim, como palco das diversas interações antrópicas sobre os diferentes componentes da paisagem (CUNHA, COELHO, 2003).

Diebieso (2013) aponta que para a avaliação integral de uma bacia hidrográfica, é indispensável a identificação dos problemas ambientais, tais como erosão do solo, desmatamento, perda da biodiversidade e assoreamento dos rios, diminuição da qualidade e quantidade da água, entre outros.

Nos últimos séculos o Brasil deixou de ser um país rural, tornando majoritariamente urbano, esse aumento da população urbana nas cidades brasileiras é um marco para o que hoje concebemos como estudos ambientais, uma vez que, a alta impermeabilização do solo, contaminação do lençol freático e cursos fluviais, ocupação de áreas de risco, bem como o desmatamento em remanescentes florestais, levantaram uma série de problemáticas, das quais hoje conhecemos como impactos ambientais.

Contribuindo assim, na análise espacial dos impactos ambientais presentes na bacia hidrográfica do Taquaravaí, região sudeste do município de Sorocaba, a partir do processo histórico de evolução da cidade e sua ocupação nos diferentes setores do relevo da bacia, alterando os cursos fluviais que compõem a referida bacia.

## 2. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Taquaravaí localiza-se entre as coordenadas 23°31'S 47°22'W e 23°24'S 47°26'W, podendo ser acessada através de diversas estradas vicinais e rodovias pavimentadas, entre elas as rodovias: Senador José Ermínio dos Santos (SP 075), Waldomiro Corrêa de Camargo (SP 079) e Raposo Tavares (SP 270).

Trata-se de um afluente do rio Pirajibu, que por sua vez desagua no rio Sorocaba, sendo assim, parte do Comitê de Bacia Hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê (CBH-SMT).

A paisagem na bacia estudada é predominantemente urbana, onde, a alta



bacia segundo o Plano de Diretor de Sorocaba (2014) é classificada como chácaras urbanas, já a média e baixa como áreas urbanas industriais e residenciais, tendo ainda importantes áreas verdes, como é o caso do Parque Natural Chico Mendes, inaugurado em 1977, ao qual marca uma importante área de preservação de mata ciliar.

A bacia do rio Taquaravaí (Figura 1), possui uma área de aproximadamente 25km<sup>2</sup>, com um perímetro de 36 Km<sup>2</sup>, situada na transição entre dois domínios morfoestruturais distintos, a Bacia Sedimentar do Paraná e o Cinturão Orogênico do Atlântico, embora a maior parte da bacia hidrográfica componha litologias sedimentares. A bacia apresenta assim, uma diversidade de litologias associadas aos granitos do Complexo Sorocaba, às metassedimentares do Grupo São Roque, e aos arenitos do Subgrupo Itararé.

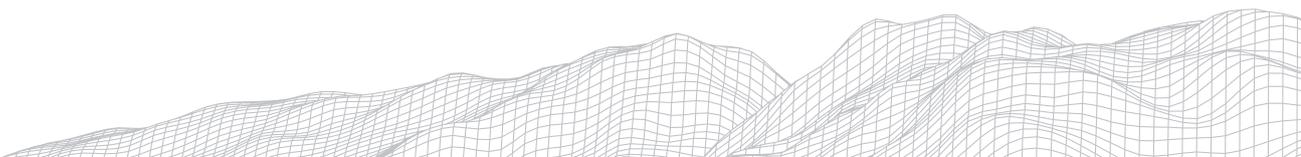
Segundo São Paulo (2009) o complexo se constitui de sequência vulcano-sedimentar metamorfozada na fácies xisto-verde e fácies anfibolito, intrudidas por uma variedade de rochas plutônicas. Apontam ainda como litologias principais os metarenitos, metassiltitos, e metarritmitos pelíticos da Formação Estrada dos Romeiros; metassiltitos e quartzitos da Formação Voturuna; metacalcários e metabásicas, rochas calciossilicáticas, quartzitos, micaxistos e anfibolitos entre outros da Formação Pirapora.

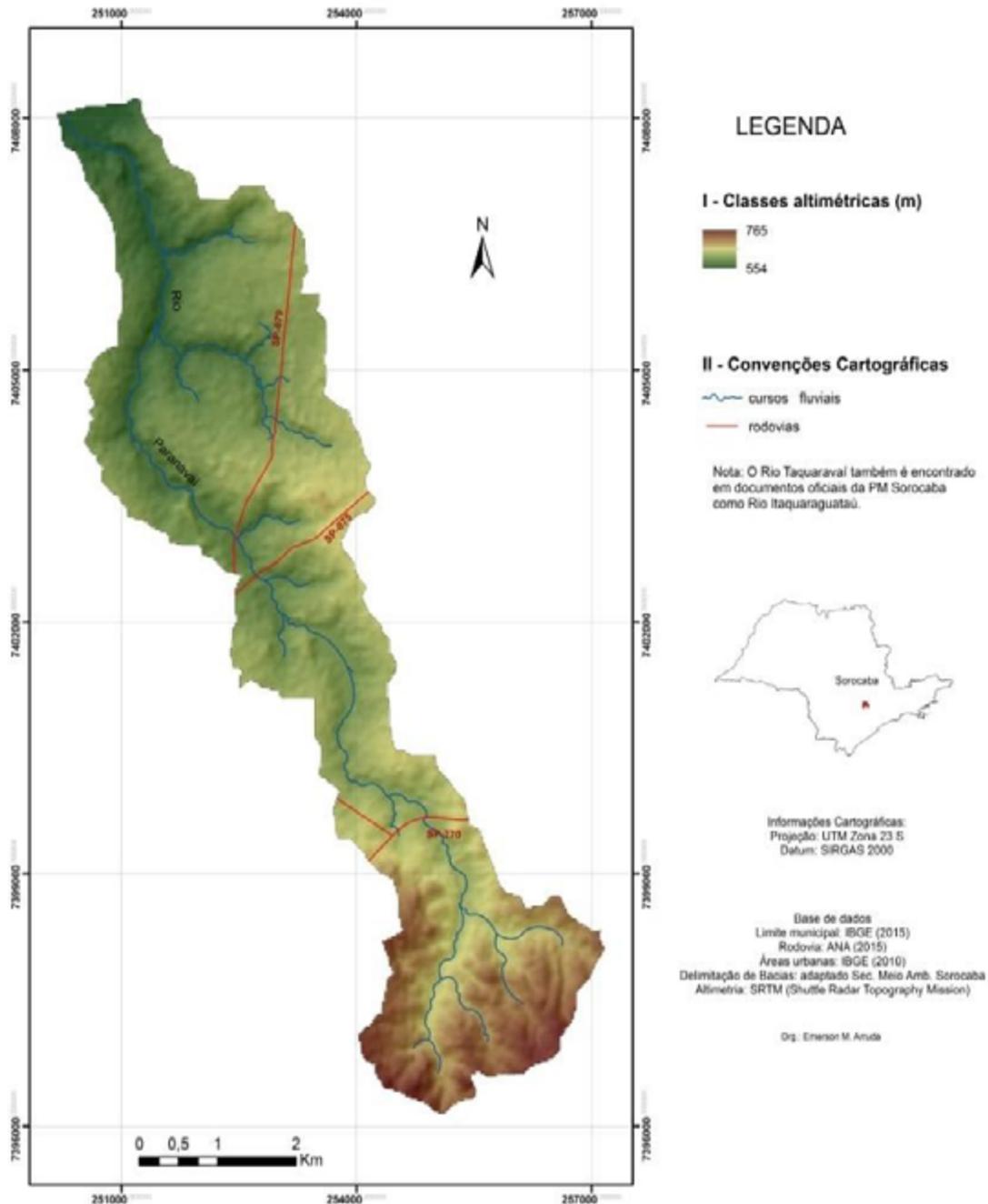
O Complexo Sorocaba é delimitado (em parte) pela Zona de Cisalhamento Jundiuvira, direção NE-SW e a norte é encoberto pelos sedimentos da bacia do Paraná e segmentado por falhamentos de direção NW-SE. É formado segundo Godoy et. al. (2010) por 19 tipos petrográficos agrupados em 11 fácies/associações de fácies onde predominam os monzogranitos. Wernick et.al. (1993) afirmam tratar-se de um granito rapakivi com forma sigmoidal e área de 180 km<sup>2</sup>, que foi seccionado por duas falhas normais transversais que deram origem a três segmentos que foram alçados diferencialmente, de tal modo que o segmento menos soerguido corresponde ao topo da intrusão.

Com relação ao Subgrupo Itararé, o mesmo é composto por arenitos, argilitos, folhelhos, siltitos, ritmitos e diamictitos. Segundo Massolli (1991) a litologia mais comum na área são os arenitos com granulação que varia de muito fina a grossa, frequentemente feldspática, com predomínio da fração fina da matriz sílica-argilosa. Há presença também de rochas com estratificação cruzada e acanaladas.

No que se refere ao relevo regional, a mesma está alocada na Depressão Periférica Paulista, em um setor em que a Unidade Morfoestrutural avança sobre as litologias cristalinas, em diferentes níveis topográficos na faixa de transição com o Planalto Atlântico, marcando localmente a Serra de São Francisco.

Conforme a definição climática de Monteiro (1973), a bacia do rio Taquaravaí insere-se na área controlada por Massa Tropical (mT) e polar (mP). De acordo com Aldea e Guandique (2015) a região possui uma média de precipitação anual de 1300mm, das quais as maiores concentrações de chuvas se dão nos meses de dezembro a fevereiro.



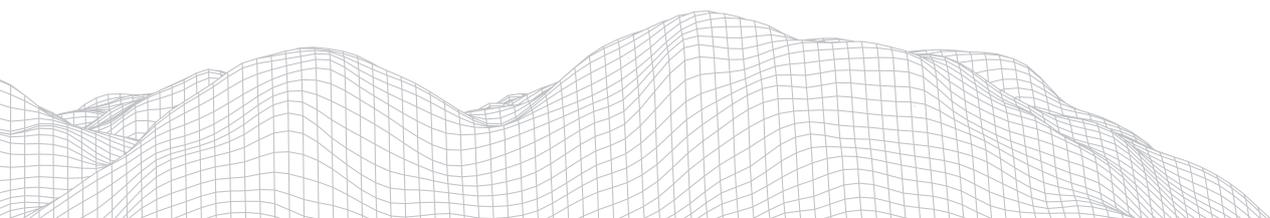


**FIGURA 01:** Hillshade da bacia hidrográfica do rio Taquaravaí. Elaborado por Arruda (2019).

### 3. Metodologias

Para os sistemas ambientais, foi empregado uma ampla revisão bibliográfica, mapeamentos temáticos e trabalhos de campo com o intuito de organizar e levantar informações a respeito da hidrografia, pedologia, geologia, climatologia e geomorfologia da bacia estudada.

Para o entendimento da climatologia e hidrografia, baseou-se à no levantamento bibliográfico de estudos realizados anteriormente na bacia do rio Taquaravaí e em estudos realizados no setor leste e norte da cidade de Sorocaba, área essa ao qual é drenada pelo rio estudado.



Para a pedologia, litologia e geomorfologia também foi realizado uma ampla revisão bibliográfica, pautados tanto em estudos regionais, quanto na bibliografia técnica para a elaboração dos mapeamentos.

Dentre os mapeamentos aqui citados destaca-se: Modelo Numérico do Terreno, mapa de formas do relevo, mapa geológico, mapa de declividade, mapa hipsométrico e mapa pedológico.

Mapa Hipsométrico: Obtido a partir do processamento de uma imagem ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), apresenta assim a elevação do relevo através de cores graduais.

Mapa de declividade: A elaboração foi realizada processando também uma base ASTER, empregando a ferramenta 3D Analyst Tools/Slope. Para a geração de classes de declividade, apoiou-se nas propostas de Herz e De Biasi (1989).

Modelo Numérico do Terreno: Foi utilizado um Modelo de Elevação Digital (MDE) do satélite Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com resolução de 30m, sendo esse, processado em ambiente SIG no software ArcGis 10.3 e aplicado a ferramenta TIN.

Mapa de formas de relevo: O mapeamento foi realizado com a ferramenta “Geomorphon” pelo software QGis 3.14.16. with Grass 7.8, gerando ao final do processo dez rótulos numéricos de geomorphons. Sua interpretação foi realizada a partir das correlações entre a análise dos níveis de abordagem e taxonomia morfológicos por Ab’Saber (1969) e Ross (1992).

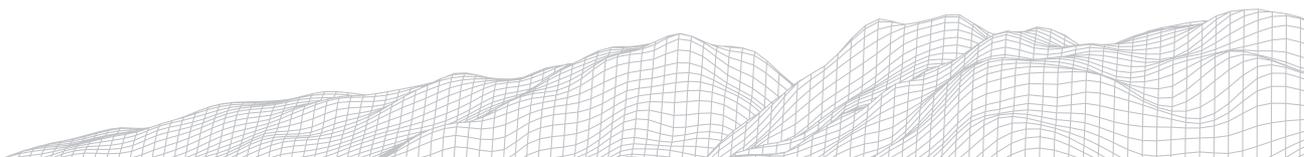
Mapa geológico: Utilizou-se como base shapefiles na escala de 1: 1.000.000, disponibilizados pela CPRM (2020) para a confecção do mapeamento geológico.

Mapa pedológico: Foi realizado a partir do processamento de shapefiles disponibilizados pela EMBRAPA (2011) e Instituto Florestal de São Paulo (2017), no software ArcGis 10.3.

Já para o entendimento dos sistemas antrópicos, foi realizado um levantamento bibliográfico pautado na compreensão de fatores que possibilitaram a expansão urbana bem como a direção de sua evolução, associado a análise de imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth e um mapeamento do uso e ocupação do solo, verificados ao final em trabalhos de campo.

Para obtenção do mapa de uso e ocupação do solo, foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2 (resolução de 10m), a classificação foi realizada no software ArcGis 10.6 através da composição de bandas multiespectrais: bandas 8 (infravermelho próximo), 4 (vermelho) e 3 (verde), por final, foi aplicado a classificação supervisionada. As classes de uso foram abstraídas a partir de uma adaptação do Manual Técnico de uso da terra (IBGE, 2013) e da proposta de Tambosi (2008).

A identificação dos impactos ambientais foi baseada na resolução do CONAMA 001 e na proposta de Rohde (2013), análise previa por imagens de satélite (Google Earth), análise documental (últimos 10 anos) e verificação em campo dos impactos.



#### 4. Resultados e discussões

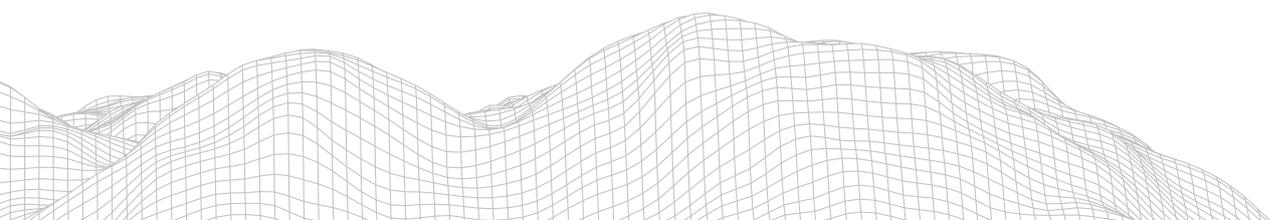
Os resultados foram organizados a partir de considerações iniciais sobre as características geográficas da área, pois as mesmas estabelecem influências diretas sobre as unidades de relevo da área, a configuração da rede de drenagem e as interações e dinâmica dos sistemas ambientais que ocorrem na bacia.

Para Christofolletti (1993) “os sistemas ambientais físicos possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, funcionando através da interação areal dos fluxos de matérias e energia entre os seus componentes.”

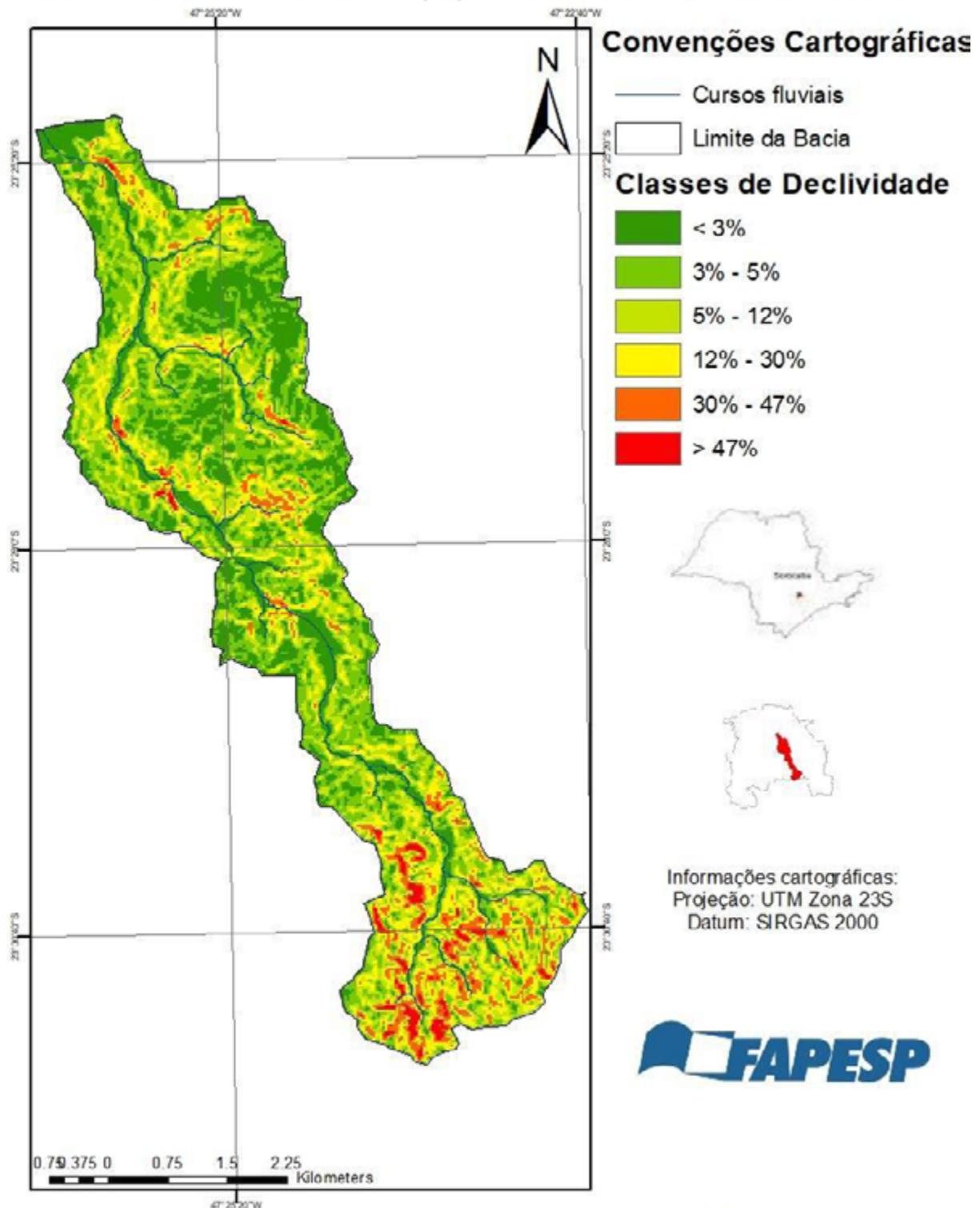
No que diz respeito a estrutura geológica, a bacia do Taquaravaí está alocada na Depressão Periférica Granítica, composta pelo Maciço de Sorocaba, na Depressão Sedimentar de Itararé, compreendendo o Grupo Itararé, com formações sedimentares carboníferas variadas, representadas por ritmitos, silitos, arenitos e diamictitos. Há ainda a presença de depósitos Aluvionares e a Formação Piragibu, composta por uma sequência de metarenitos, filitos rítmicos ou alternâncias de filito e de quartzito.

Seu clima está situado entre a Cwa e Cfa, denotando assim um clima subtropical/temperado. Possui uma precipitação anual é de 1300 mm. Conforme Aldea e Guandique (2015) e Silva e Silva (2016) a Zona de Convergência do Atlântico Sul e a passagem da massa tropical atlântica geram efeitos sobre o regime anual de chuvas, ocasionando que as mesmas concentrem-se entre os meses de dezembro a fevereiro (verão).

A vegetação presente na bacia abarca os domínios fitogeográficos da transição entre o Cerrado e Mata atlântica, no entanto, resta pouquíssimos fragmentos florestais de florestas nativas. Parte desses fragmentos florestais concentram-se em sua maioria na alta vertente (figura 02), pois, possui declividades acentuadas, marcando assim áreas de proteção permanente. Em contrapartida, salvo exceção os setores próximos as faixas marginais e encostas, a média e baixa bacia favoreceu o desenvolvimento da mancha urbana e industrial, ao qual nesses setores a declividade é igual ou menor a 12%.



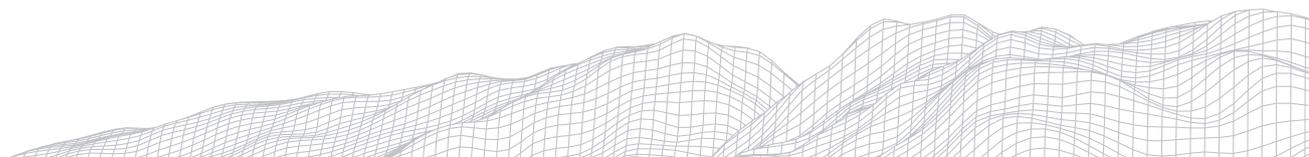
## MAPA DE DECLIVIDADE (%) - BACIA DO RIO TAQUARAVALÁ



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
Autor João Braz C. de Oliveira  
Orientador: Emerson Martins Arruda

Base de dados:  
Limite municipal: IBGE (2015)  
Delimitação de Bacias: adaptado Sec. Meio Amb. Sorocaba  
Declividade: SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)

**FIGURA 02:** Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Taquaravaí. Fonte: Elaborado pelos autores.



Estudos realizados por Oliveira e Arruda (2020) apontam que a bacia hidrográfica do rio Taquaravaí é classificada como de 4ª ordem, detendo uma baixa densidade de drenagem com pouca dissecação associada, no entanto, está sujeita a ocorrência de processos erosivos acentuados, pois, a alta vertente está alocada na área de Patamares de Amparo.

Entende-se como sistema antrópico, toda a forma de apropriação ou transformação sociocultural ocasionada pelo homem no espaço geográfico, podendo ser identificadas através de análises dos ciclos econômicos da área, bem como evolução do uso e ocupação na bacia estudada.

Deste modo, a partir do mapeamento do uso e ocupação do solo (figura 03), observou-se que a classe de uso do solo mais expressiva foi a vegetação rasteira representada por 10,85 km<sup>2</sup> (43,5%) e vegetação herbácea com 4,9 Km<sup>2</sup> (19,6%), sendo essa última correspondente as faixas marginais do rio Taquaravaí.

Esses dados associados ao contexto econômico de Sorocaba, corroboram com a justificativa dos grandes vazios urbanos, ao qual infere-se que haja uma grande especulação imobiliária, haja vista que nos últimos 40 anos, houve um aumento significativo de grandes empreendimentos que valorizam a área, correspondendo a criação e expansão de condomínios horizontais de alto padrão, Shopping Granja Olga, universidades e prédios públicos incluindo a prefeitura municipal.

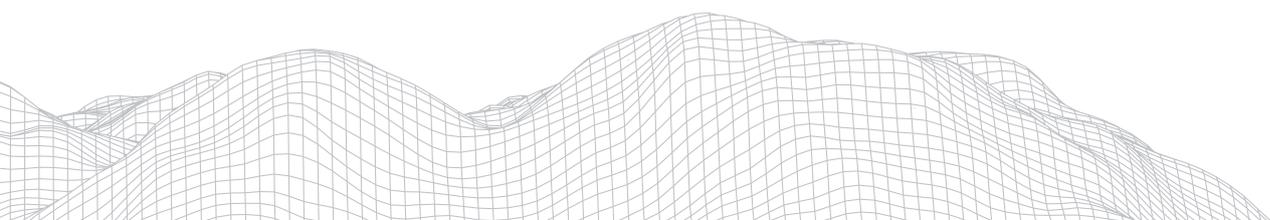
Souza (2019) ressalta que no contexto do processo de urbanização alguns fatores são importantes causadores, dentre estes destacamos a especulação imobiliária, o abandono propriamente dito ou desconhecimento por parte de herdeiros e o desinteresse pela propriedade.

A área urbana industrial corresponde a uma área de 3,7 km<sup>2</sup> (15%), estando alocada majoritariamente na média e alta vertente. Esse advento é explicado pela facilidade de escoamento de produtos e mercadorias, que as rodovias Raposo Tavares (SP - 270) e Castelo Branco (SP - 280) oferecem ao setor logístico, construídas em 1937 e 1967 respectivamente.

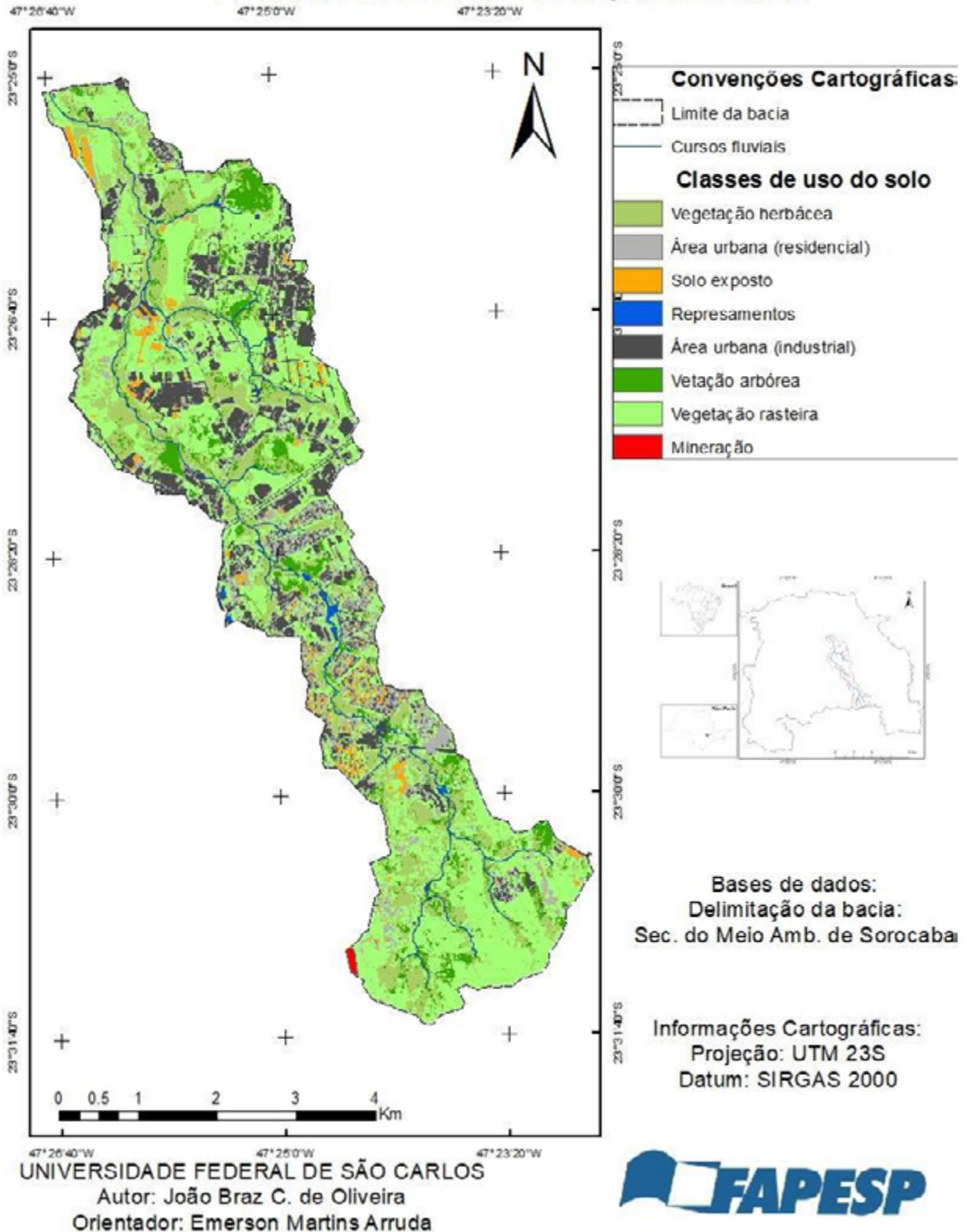
Já a área urbana residencial, corresponde a uma área de 3,07km<sup>2</sup> (12,3%) ao qual está alocada os grandes empreendimentos imobiliários, marcados pelos condomínios horizontais de alto padrão.

Para Janoska e Glasze (2003) a construção de condomínios é resultado do processo de globalização e elencam consequências políticas, econômicas e culturais que favorecem esse mercado, dirigindo o “mercado do solo” urbano de acordo com seus interesses comerciais, além da percepção subjetiva da insegurança da cidade.

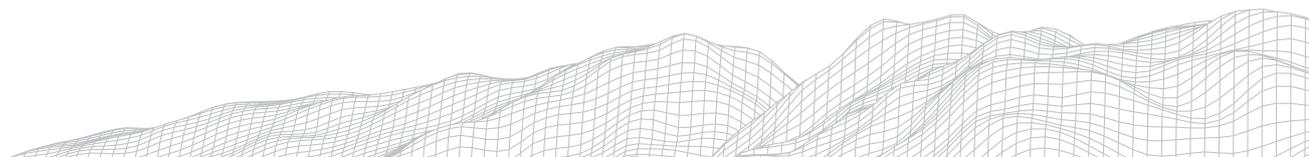
Por último, classes de uso iguais ou menores que 0,7 km<sup>2</sup> representam respectivamente solos expostos e a mineração. O primeiro, entende-se a áreas terrenos ao qual o solo foi perturbado durante o processo de construção de empreendimentos. Já o segundo refere-se à área da pedreira São Domingos, de onde são extraídas rochas graníticas, produzindo desde pó de pedra até matacos.



# MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO - BACIA DO RIO TAQUARAVALÁ



**FIGURA 03:** Mapa de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Taquaravaí. Fonte: Elaborado pelos autores.



Em concordância com Christofolletti (1999) os sistemas antrópicos expresso nas atividades econômicas e sociais causam perturbações nos geossistemas, uma vez que, tais atividades causam alterações na superfície terrestre ao longo do tempo histórico, representados em diferentes ritmos conforme a sociedade vigente.

Quando mal planejados, a configuração que se concebe é a falta de ordenamento, sendo que nas cidades esse mosaico de transtornos ocasiona problemas para a sociedade, em forma de impactos ambientais e consequentemente diminuição da qualidade de vida.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) o impacto ambiental é “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente”. Sendo geradas pela entrada de energia e matéria resultante das atividades humanas que afetam diretamente ou indiretamente: Saúde, segurança e bem estar; Atividades sociais; A biota; Condições estéticas e sanitárias ambientais; Qualidade dos recursos naturais.

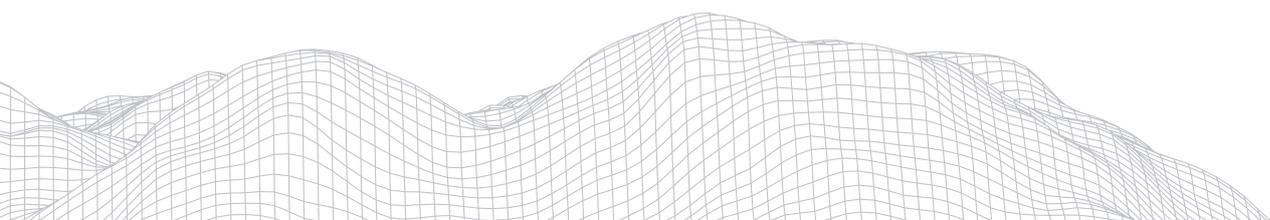
Segundo Rohde (2013) podem ser discriminados nos geossistemas “sobre o loci dos estudos” como por exemplo: Geomorfologia, hidrologia, geologia, ciclos biogeoquímicos, clima e afins. Nesse sentido, no presente estudo optou-se por abordar os impactos ambientais da área a partir de temas relacionados à topografia, processos de assoreamento, contaminação do solo, além de alteração e poluição dos cursos fluviais.

#### *4.1 Alteração da topografia*

Segundo Mechi & Sanches (2010), praticamente, toda atividade de mineração implica supressão de vegetação ou impedimento de sua regeneração. Em muitas situações, ocasionando que o solo agora desprotegido, sofra com os processos erosivos, prejudicando a qualidade de água dos reservatórios, em razão da turbidez provocada pelos sedimentos finos em suspensão, assim como pela poluição causada por substâncias lixiviadas e carregadas ou contidas nos efluentes das áreas de mineração, tais como óleos, graxa, metais pesados, podendo-se nesse último caso também atingir as águas subterrâneas.

No que se refere a dinâmica hidrogeomorfológica das encostas, parte da precipitação que deveria escoar dessas superfícies rumo ao canal da bacia do Taquaravaí, atualmente escoar para bacias de contenções presentes no interior da área de mineração (Figura 04).

Outra importante alteração no relevo se localiza na baixa bacia, caracterizada originalmente por ampla planície fluvial, destaca-se na paisagem uma superfície elevada associada ao aterro de resíduos inertes do município, criado em 2008, atualmente totaliza uma área de 350 mil m<sup>2</sup>. Torna-se evidente que sua criação implicou em mais uma superfície desprovida de cobertura vegetal que altera a dinâmica fluvial, caracterizando-se como um “relevo artificial” na paisagem da zona nordeste de Sorocaba.





**FIGURA 04:** Alteração do interflúvio devido a mineração na bacia hidrográfica do rio Taquaravaí.  
Fonte: Google Earth.

#### 4.2 Assoreamento e eutrofização

Por mais que a ideia desse processo esteja mais associada aos ambientes rurais, em função do desmatamento e inadequação e práticas agrícolas, constata-se que o processo de urbanização de novas áreas, sem o devido planejamento, também desencadeia tal problema.

Segundo Rodrigues (2014), como consequências dessa ocupação desordenada do meio urbano tem-se a retirada da vegetação natural, uso e ocupação desordenada do solo, aumento das áreas urbanas impermeabilizadas, ampliação das taxas de escoamento superficial o que pode gerar processos erosivos nas encostas, assoreamento dos rios e enchentes na área urbana.

Nesse sentido, para compreender as fragilidades ambientais da bacia frente ao tema é necessário estabelecer uma correlação entre a suscetibilidade das coberturas superficiais, dinâmica hidrológica e uso do solo para se compreender quais áreas estão mais sujeitas a esses riscos.

Principalmente na alta bacia, ao qual o solo é uma associação entre o Argissolo Vermelho-Amarelo com o Neossolo Litólico - PVA29 (eutrófico e distrófico), possuindo setores de maior declividade, há estradas não pavimentadas afetadas por escoamento laminar, ao qual mesmo com a inserção proposital de blocos e seixos nas ravinas e sulcos, por parte dos moradores, não foi possível resolver o problema de modo efetivo, sendo observados em campo diversos pontos com alto grau de degradação. Casarin (2008) aponta que em estradas não pavimentadas há concentração de volume de água nas sarjetas onde provocam desagregação de solo e carreamento deste para pontos mais baixos a jusante, degradando o solo e provocando impactos ambientais pelo transporte e deposição desses materiais.

Já na média bacia encontramos uma superfície urbana impermeabilizada que dificulta a identificação do tipo de solo, mas identificou-se alguns perfis de argissolos, os quais apresentam considerável suscetibilidade aos processos erosivos. A baixa bacia é composta por PVA43, uma associação entre Argissolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa e Neossolo Litolítico (distrófico) com uma pequena parcela de GX5, e nos ambientes fluviais há complexos de Gleissolo Háptico e Neossolo Flúvico ambos distróficos.

Dessa forma foram observados processos em diferentes setores da bacia do Taquaraí, concluindo-se que além das propriedades físico-químicas dos solos, outros elementos estão influenciando o desenvolvimento de tais processos.

Nessa dinâmica, o transporte de material pela encosta é carregado pelo escoamento em direção aos corpos hídricos, sendo um input de matéria e energia para esse sistema, em primeiro momento, trazendo um aporte sedimentar maior e posteriormente depositando-se no talvegue, gerando como consequência o assoreamento, o que pode influenciar a ocorrência de eventos de inundação.

Já o processo de eutrofização é o processo de aumento de nutrientes nos corpos hídricos, que provocam o surgimento de algas e cianobactérias, aumentando a demanda bioquímica de oxigênio na água. Esse impacto é causado pelo despejo de esgoto, resíduos sólidos e entre outros em corpos hídricos.

A partir da observação de imagens de satélites e trabalhos de campo verificaram-se indícios de lagos e represamentos em processos de assoreamento e eutrofização com a identificação de diversos da bacia com a expansão de taboa (*typha domingensis* e algas cianofíceas).

O processo de eutrofização nas águas interiores ocorre principalmente em lagos e reservatórios, que são ambientes lênticos. Nos rios, ambientes lóticos, as condições ambientais como turbidez e velocidades elevadas resultam em menor ocorrência de eutrofização (PORTO, 1991).

#### *4.3 Degradação e contaminação do solo*

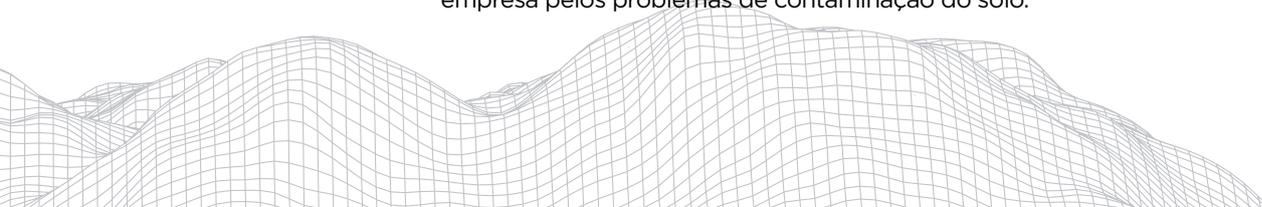
Para Pedron (et al 2004), o processo de urbanização pode compactar o solo, diminuindo a porosidade e a infiltração de água, aumentando o escoamento superficial.

Os impactos relacionados à degradação e contaminação do solo se dão assim pela alteração da composição dos solos, sua remobilização, e em alguns casos atrelado ao descarte irregular de dejetos e resíduos sólidos, o que também acontece na área de estudos.

Em uma área de aproximadamente 600 mil m<sup>2</sup> inseridos na bacia do rio Taquaraí, esteve alocado a maior produtora de baterias da América do Sul, a multinacional Saturnia. Conforme relatórios da CETESB, a área em 2011 foi declarada contaminada.

Conforme Bosso (2008) e Passagli (2011) a contaminação com chumbo consiste na interação iônica com grupamentos orgânicos, podendo ser introduzidos ao organismo através do ar através do ar atmosférico, contato com o solo, água e através da pele, a exposição a esse elemento pode causar desde irritabilidade até problemas relacionados ao sistema nervoso central.

No caso da área relacionada às instalações da Saturnia, na bacia do Taquaraí, uma comissão municipal foi criada para estabelecer uma investigação sobre as responsabilidades dos dirigentes da empresa, e a CETESB continua atuando a empresa pelos problemas de contaminação do solo.



#### 4.4 Poluição dos corpos fluviais e alteração da drenagem

As áreas urbano-industriais representam as mais densas mutações humanas da superfície, da atmosfera e do ecossistema terrestre e sintetizam uma complexa dinâmica de interações geográficas. Nos trechos urbanos se observam fluxos de escoamento de alta energia e remobilização de materiais, sendo que diversos aspectos da paisagem são alterados, principalmente no ambiente fluvial.

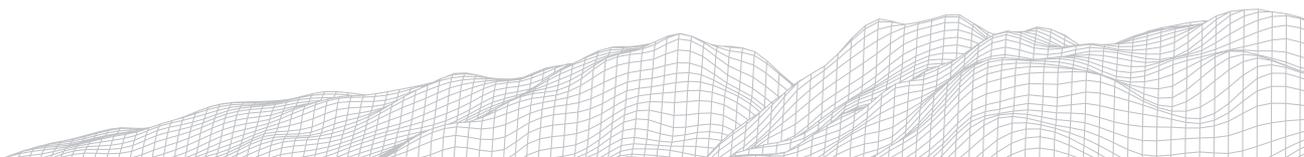
Na bacia hidrográfica do rio Taquaraí, há dois setores, média e baixa bacia, que exemplificam problemas relacionados à drenagem urbana, como alagamentos e inundações. É necessário ressaltar que durante os trabalhos de campo, identificou-se alguns pontos de descarte irregular de lixo estão sendo descartadas ao lado de uma cabeceira de drenagem (figura 05), acentuando o potencial de contaminação não apenas do solo, mas também das águas superficiais desse canal. Sabe-se que o descarte inadequado dos resíduos provoca sérias e danosas consequências à saúde pública e ao ambiente, sendo um problema intimamente atrelado a problemas relacionados à conservação das APPs e ao sistema urbano de drenagem.



**FIGURA 05:** Descarte indevido de resíduos sólidos na alta vertente da bacia hidrográfica do rio Taquaraí. Fonte: Arruda, 2021.

Tendo como documento base o Plano Verão 2014/2015, levantamentos bibliográficos e consulta a reportagens dos últimos 10 anos, observou 3 pontos de alagamento em avenidas, como as Engenheiro Carlos Reinaldo Mendes, Independência e a Três de Março. Grande parte dos fatores que resultam em problemas de alagamentos e enchentes em Sorocaba deve-se, à degradação das APPs, ocupação dos ambientes fluviais drenagem urbana inapropriada, descarte irregular de resíduos sólidos e planejamento geotécnico inadequado na construção de ruas e avenidas

Tucci (1997) afirma que a política de controle de enchentes certamente poderá chegar a soluções estruturais para alguns locais, mas dentro da visão de conjunto de toda a bacia, onde as mesmas estão racionalmente integradas com outras medidas preventivas (não-estruturais) e compatibilizadas com o desenvolvimento urbano.



Compreende-se assim, que por mais que tenha se optado em organizar os resultados da análise em quatro eixos principais, os mesmos estão diretamente conectados, com processos sequenciais que problematizam o cenário ideal esperado de ordenamento territorial.

## 5. Considerações finais

A análise conjunta dos sistemas ambientais e antrópicos, é essencial para não somente a identificação de impactos ambientais, como também entender as diferentes dinâmicas socioespaciais que atuam no meio ambiente e no espaço geográfico como um todo.

Sobre possíveis medidas mitigadoras, quanto aos impactos ambientais relacionados à erosão, programas de restauração da vegetação nativa deveriam ser implantadas na área, a fim de minimizar os impactos observados nesses ecossistemas, sobretudo nas áreas de cabeceira de drenagem.

Considera-se que o trabalho aqui apresentado contribui para a compreensão da dinâmica ambiental da bacia do Rio Taquaravaí e seus resultados podem subsidiar o desenvolvimento de outras etapas para elaboração de um Planejamento Ambiental, respeitando às legislações vigentes, os interesses da sociedade civil, e consequentemente à proteção dos recursos naturais e sistemas ambientais presentes na bacia.

Conclui-se ainda pela necessidade de conciliar esses dois importantes sistemas estudados neste trabalho, não os avaliando de forma divergente, mas alçando a necessidade de análise integrada da dinâmica da bacia, uma vez que, a interação entre os sistemas antrópicos e ambientais compõem a paisagem em sua totalidade.

## 6. Agradecimentos

À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo nº 2019/27316-4) pelo apoio financeiro essencial para a realização dessa pesquisa.

## 7. Referências bibliográficas

AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Revista Geomorfologia**, São Paulo, 1969. 23 p.

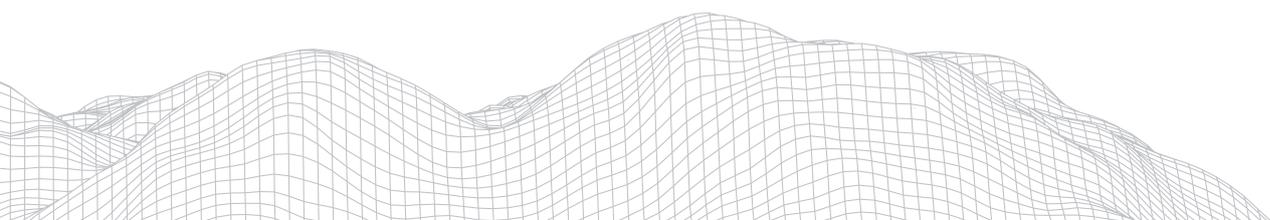
ALDEA, M.; GUANDIQUE, M. E. G. Caracterização pluviométrica no município de Sorocaba como subsídio à prevenção de desastres naturais. **Anais do XXV Congresso de Iniciação Científica UNESP**. Sorocaba, 2015.

AMORIM, R. R.; REIS, C. H.; FERREIRA, F. MAPEAMENTO DOS GEOSSISTEMAS E DOS SISTEMAS ANTRÓPICOS COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DE ÁREAS COM RISCOS A INUNDAÇÕES NO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURIAÉ (RIO DE JANEIRO - BRASIL). **Revista Territorium** 24, 89-114, 2017.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. Sociedade e natureza. In: GUERRA, A. J.; CUNHA, S. B. (Org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**, 1ª ed., p. 248. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

BOSSO, S. T. *et al.* Ensaios para determinar a (bio)disponibilidade de chumbo em solos contaminados: revisão. **Química Nova**. Campinas. 2008; Vol. 31, nº 02. p. 394-400.

CASARIN, R. D. **Controle de erosão em estradas rurais não pavimentadas, utilizando sistema de terraceamento com gradiente associado a bacias de captação**. xii, 85 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/93814>>.



CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Büchler, 1982.

CHRISTOFOLETTI, A. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical. In: SOUZA, M. A. A. *et al.* (orgs.). **O novo mapa do mundo, natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica**. P. 127-138. São Paulo: Hucitec - ANPUR, 1993.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Büchler, 1999.

COELHO, M. C. Impactos ambientais em áreas urbanas - teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 12a ed., pp. 19-45. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018.

DIBIESO, E. P. **Planejamento Ambiental da bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro – Presidente Prudente/SP**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2006, 157p.

FIDALGO, E. C. C. **Crítérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP: [s.n.], 2003.

FONSECA, F. F. Mineração e ambiente. In: TAU-K-TORNISIELO, S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. (Orgs.) **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2a ed., pp. 177- 181. São Paulo: Editora UNESP, 1995.

FRANCO, G. B. *et al.* D diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Almada (BA). **Revista Geografia (Londrina)**, v. 20, n. 3, p. 071-094, set./dez. 2011.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 19, p. 93-114, 1996.

GODOY, A. M. **Caracterização Faciológica, Petrográfica e Geoquímica dos Maciços Sorocaba e São Francisco, SP**. 1989. 221 f. Tese (Doutoramento em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

HASUI, Y. & OLIVEIRA, M.A.F. Província Mantiqueira – Setor Central. In: ALMEIDA, F.F.M. & HASUI, Y. (Orgs.). **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 378 p., 1984.

JANOSCHKA, M; GLASZE, G. Urbanizaciones cerradas: um modelo analítico. **Rev. Ciudades**, RNIU, Puebla, México, n.59, p. 9-20, 2003.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. 2º Ed. Editora Vozes, Petrópolis, 2002.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estud. av.**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010340142010000100016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142010000100016&lng=en&nrm=iso)>. access on may. 2021.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo em forma de atlas**. São Paulo, IGEOG/USP, 1973.

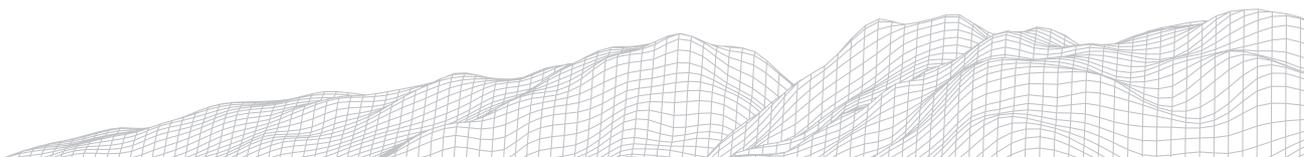
OLIVEIRA, J. B. C.; ARRUDA, E. M. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquaravaí, Sorocaba – SP. **Anais da XVI Semana da Geografia (A Geografia na pandemia e a profissão do Geógrafo)**. v. 16. p. 15. Ourinhos: Editora Unesp, 2020.

ORELLANA, M. M. P. A Geomorfologia no contexto social. In: **Geografia e Planejamento**. São Paulo: Universidade de São Paulo - Instituto de Geografia, no 34, 1981, p. 1- 25.

PARKER, S. M. Environmental impact. In: GOUDIE, A. *et al.* (orgs.). **The encyclopaedic dictionary of physical geography**. Oxford: Basil Blackwell, p. 60-157, 1985.

PASSAGLI, M. **Toxicologia forense: teoria e prática**. 3 a Ed. Campinas: Millennium Editora; 2011

PEDRON, F. A. *et al.* Solos urbanos. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1647-1653, Oct. 2004. Disponível em: <https://>



[www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_isoref&pid=S010384782004000500053&lng=en&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S010384782004000500053&lng=en&tlng=pt). access on may. 2021.

PORTO, R. L. L. **Hidrologia Ambiental**. 1 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3. 411 p.1991.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Água Doce no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Editora Escrituras, 1997.

RODRIGUES, J. P. S. A expansão urbana e as consequências para cabeceiras de drenagem: um estudo de caso nas nascentes do Córrego Vertente 1 - Uberaba / MG. In: **CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ESTUDIOS TERRITORIALES Y AMBIENTALES**, 6, São Paulo, 2014. Anais... São Paulo: 6CIETA, 2014. p. 1182-1195.

RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento Ambiental: bases conceituais, níveis e métodos. In: CAVALCANTI, A. P. B. (org.). **Desenvolvimento Sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais**. Fortaleza: UFC, p. 9-26, 1997.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas. In: SILVA, E. V.; RODRÍGUEZ, J. M. M.; MEIRELES, A. J. A. (Org.). **Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas**. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROHDE, G. M. **Geoquímica ambiental e estudos de impacto** (4a ed.). São Paulo: Oficina de textos, 2013.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e planejamento**. 9aed. São Paulo: Contexto, 2019.

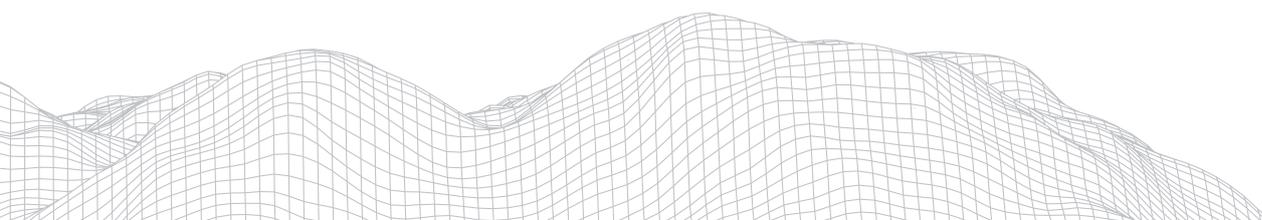
SILVA, K. B.; AMORIM, R. R.; MATTOS, J. B. Aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Salitre: Análise a partir de uma abordagem geossistêmica. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.12, n.29. p. 33-45, 2018.

SPANGHERO, P. *et al.* Diagnóstico dos sistemas antrópicos e uso e ocupação do município de Alcobaça (BA). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 20, n. 72, p. 454-471, 2019.

**SOROCABA**. Plano Verão: Plano Preventivo e de Contingência da Defesa Civil. 2015.

SOUZA, C. L. **Análise de vazios urbanos no centro da cidade de Ituiutaba/MG**. Monografia de graduação em geografia. Instituto de Ciências Humanas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Água Doce no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Editora Escrituras, 1997.



# DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO RISCO DE DESASTRES HIDROLÓGICOS E ÁREAS DE PROTEÇÃO LEGAL NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO PARQUE MAMBUCABA, ANGRA DOS REIS - RJ

820

*Mariana Mascarenhas Fernandes*

*Depto. de Geografia Física-IGEOG/ UERJ*

*R. São Francisco Xavier, 524 - Bloco D, Sala 4002- Maracanã, Rio de Janeiro - RJ. CEP: 20550-900*

*E-mail: marianamascarenhasf@gmail.com*

*Simone Lisboa S. Silva*

*Depto. de Geografia Física-IGEOG/ UERJ*

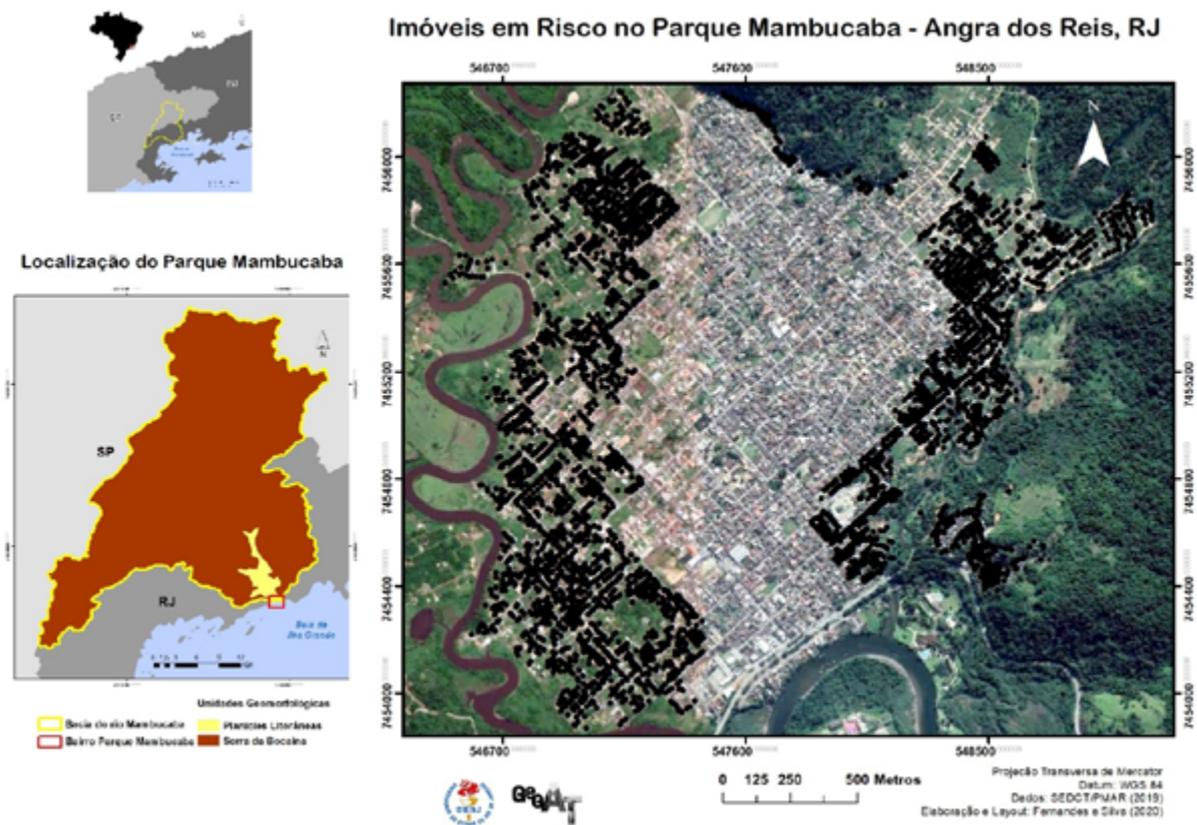
*R. São Francisco Xavier, 524 - Bloco D, Sala 4002- Maracanã, Rio de Janeiro - RJ. CEP: 20550-900*

*E-mail: simone.lisboa.geo@gmail.com*

## 1. Problemática

Considerando que o município de Angra dos Reis-RJ apresenta um peculiar contexto geomorfológico, visto que os compartimentos serranos íngremes se localizam bem próximos ao mar, restringindo os espaços adequados para a ocupação, e representando um desafio urbanístico-ambiental. É possível observar que o bairro Parque Mambucaba (Figura 1), totalmente inserido na vasta planície de inundação do rio de mesmo nome, sofre recorrentemente com os problemas de inundações. Segundo o Mapeamento de Risco realizado, no período de 2017 a 2019, pela Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil do Município de Angra dos Reis, foram identificados 12.980 imóveis em risco no município, e destes, 4.101 (31,6%) estão localizados no bairro de Parque Mambucaba. Tais fatos reforçam a imprescindibilidade da aplicação dos conhecimentos geomorfológicos para o reconhecimento de potencialidades e limites dos terrenos que a sociedade ocupa, sobretudo no que diz respeito às condições de risco à população.

**Figura 1:** Mapeamento de imóveis em risco (pontos pretos) realizado pela Defesa Civil Municipal de



Angra dos Reis no bairro Parque Mambucaba, em área de planície flúvio-marinha.  
Fonte: Elaboração própria.

## 2. Objetivos

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo averiguar a distribuição do risco de desastres hidrológicos na área de planície de inundação do rio Mambucaba, através da contraposição entre os imóveis identificados pela Defesa Civil (SEPD, 2019) e as atuais faixas de proteção legal, que seriam as áreas de preservação permanente (Novo Código Florestal, Lei Federal nº 12.651/2012), visando uma melhor caracterização e representação dos desastres hidrológicos no bairro de Parque Mambucaba.

### 3. Referencial Teórico

É sabido que determinadas características fisiográficas dos terrenos representam condições para o deflagramento de processos geomorfológicos inerentes à própria evolução da paisagem, todavia, ainda que determinados processos modeladores da superfície terrestre sejam, a priori, esperados para alguns ambientes específicos, como é o caso de processos erosivos e de transporte de massa em encostas ou ocorrências de inundação atingindo a planície de inundação, suas frequências e magnitudes têm se destacado na deflagração dos chamados desastres naturais (ROSS, 2007; AB'SABER, 2003, SILVA e SILVA, 2017).

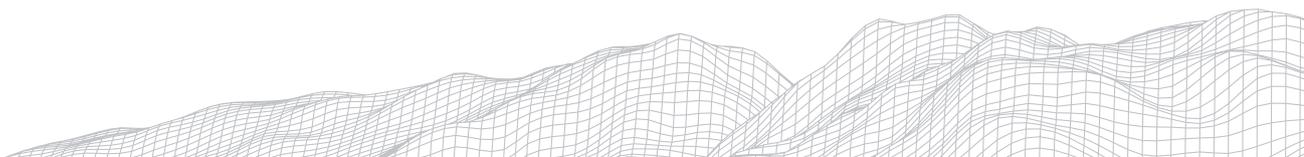
Castro (1999) entende desastres naturais como um resultado de eventos naturais ou provocados pelo homem, e que de acordo com a fragilidade dos ecossistemas gera diferentes tipos de danos humanos, materiais e ambientais, e conseqüentemente, representam prejuízos econômicos e sociais. No contexto da área analisada, que se refere aos terrenos quaternários representados pela planície de inundação do rio Mambucaba, ressaltamos que abordamos um tipo específico de desastre natural, ou seja, os desastres classificados segundo o Ministério da Integração Nacional (2012) como desastres hidrológicos: inundações, enxurradas e alagamentos. Sendo as **inundações** entendidas como eventos de submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água; a **enxurrada** representa o escoamento superficial de alta velocidade e energia, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado; e os **alagamentos** se referem à extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em decorrência de precipitações intensas (SCHÄFFER et al, 2011).

Admitindo que tais processos relacionam-se intrinsecamente com o funcionamento do escoamento superficial e fluvial, apontamos que um entendimento mais detalhado sobre a dinâmica geomorfológica deve ser levado em consideração para solucionar as questões que ultrapassem o previsto na legislação ambiental brasileira.

### 4. Proposta de Metodologia

Em um primeiro momento foi feito o levantamento bibliográfico para embasamento da pesquisa, sobre definições de risco e desastre natural, concepções de geomorfologia fluvial e legislações específicas referente às áreas de preservação permanente - APPs (Código Florestal, Constituição Estadual do Rio de Janeiro) que para o trecho considerado, baixo curso do rio Mambucaba, representaria uma faixa de preservação de 50 metros, que não vem sendo cumprida diante do avanço de ocupação em direção ao rio e vem acarretando conseqüências à população.

Em seguida foi feito o levantamento de dados e bases cartográficas, em escalas adequadas, sobretudo em 1:25.000 (IBGE) e fotografias aéreas em acervos de instituições estaduais e municipais. Os dados do mapeamento de risco do bairro Parque Mambucaba, foram disponibilizados pela Defesa Civil de Angra do Reis-RJ e fundamentaram o início das análises e produtos que estão sendo gerados, bem como os dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres-S2ID (<https://s2id.mi.gov.br>) do Ministério da Integração. Os dados fornecidos pelo S2iD, disponíveis do período de 2002 até 2013, apontam o número de ocorrências e seus tipos no Parque Mambucaba (Tabela 1), indicando que muitas das ocorrências estão relacionadas com fortes precipitações e com a maré alta, gerando inúmeras conseqüências adversas para a população.



**TABELA 1**

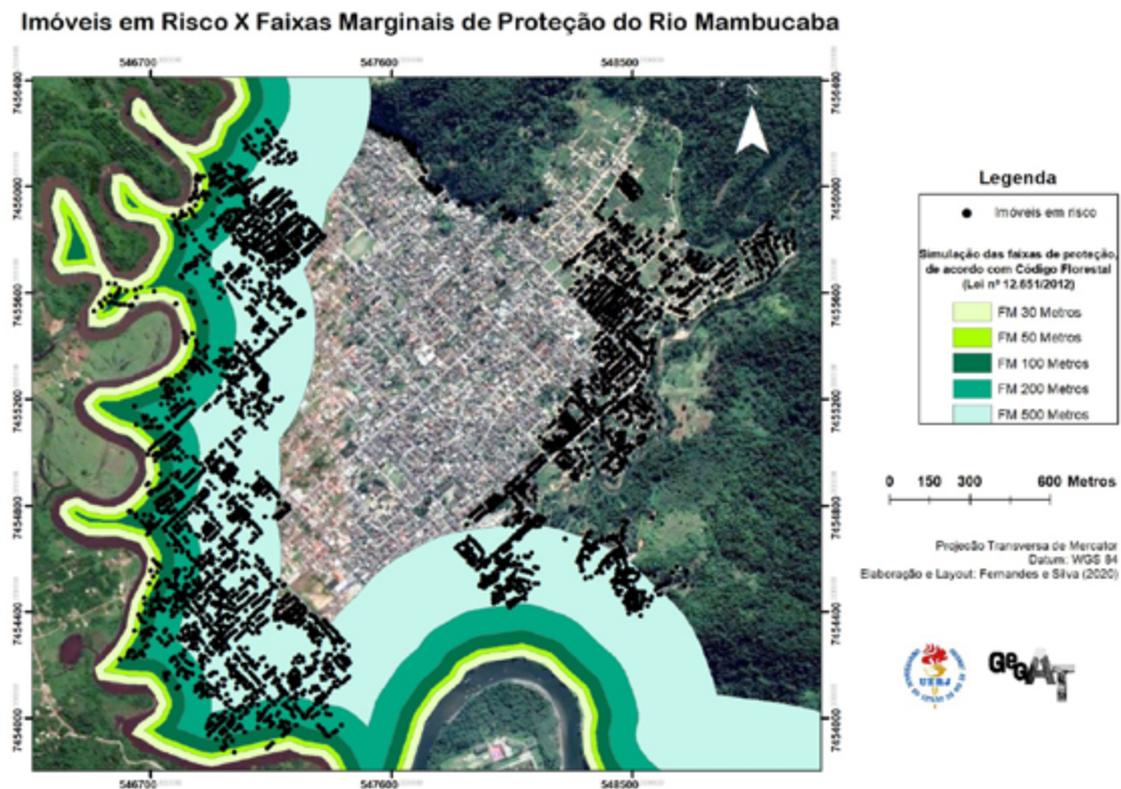
Dados sobre os desastres no Parque Mambucaba

Ano do Evento	Nº de Eventos	Tipo de Evento	*Total de Afetados
2002	2	Inundações	3985
2003	1	Enxurrada	Não contabilizado
2010	2	Enxurrada	4
2011	2	Alagamentos e Inundação	211
2013	3	Alagamentos	8064

**Fonte:** S2Id: Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (Acesso em: 03/03/2020)

\*Total de afetados são considerados os casos de desabrigados, deslocados, desaparecidos, levemente feridos, gravemente feridos, enfermos e mortos.

Seguimos à elaboração de mapas temáticos através de análises e tratamento de dados em ambiente SIG - Sistema de Informações Geográficas. E a partir do georreferenciamento das imagens de satélites do Google Earth de 2001, 2010 e 2019, através do programa ArcGIS® 10.5 foram criados os shapes do Rio Mambucaba e análise integrada dos dados disponibilizados pela Defesa Civil de Angra dos Reis. Encontra-se em elaboração mapas comparativos sobre a ocupação das faixas de APP nos três recortes temporais propostos (Figura 2).



**Figura 2:** Um dos mapas em elaboração apresentando a simulação das possíveis faixas marginais, previstas no Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) considerando a situação da imagem aérea de 2019.

Fonte: Elaboração própria.

## 5. Desafios/Dificuldades

Por ser uma pesquisa em fase inicial, a principal dificuldade encontrada é a realização do trabalho de campo, tendo em vista que não há apoio financeiro para a pesquisa, dificultando a efetivação do trabalho de campo e outras atividades. Além do fato de que ao tratarmos de gestão de riscos, as “soluções” ou estratégias envolvem a questão habitacional. Considerando o déficit habitacional no município de Angra dos Reis, associado ao relevo acidentado, fazendo com que as poucas áreas de planície ou de topografia suave sofram o inchaço populacional, construções irregulares em áreas de preservação ambiental, intensificando os fatores de risco.

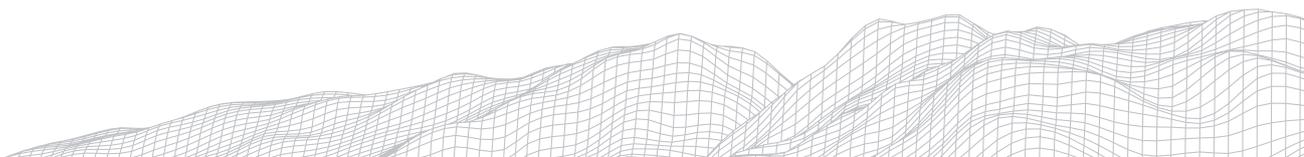
Para além do que foi citado, a atual situação de pandemia causou a suspensão das atividades planejadas para o desenvolvimento da pesquisa e acadêmicas de forma geral. O aparato da Universidade é fundamental para o desenvolvimento da pesquisa, com impossibilidade de acessá-lo, o andamento da pesquisa e seus resultados foram diretamente afetados.

## 6. Resultados Esperados

As análises iniciais indicam que mesmo imóveis não inseridos na faixa definida como área de preservação permanente foram identificados como em risco, apontando que uma melhor compreensão dos processos superficiais de escoamento é urgente. A partir do momento em que entendemos os desastres como algo que não é exclusivamente natural, se pode olhar as problemáticas e vulnerabilidades desse complexo sistema e como afeta a população que sofre recorrentemente com esses eventos no Parque Mambucaba.

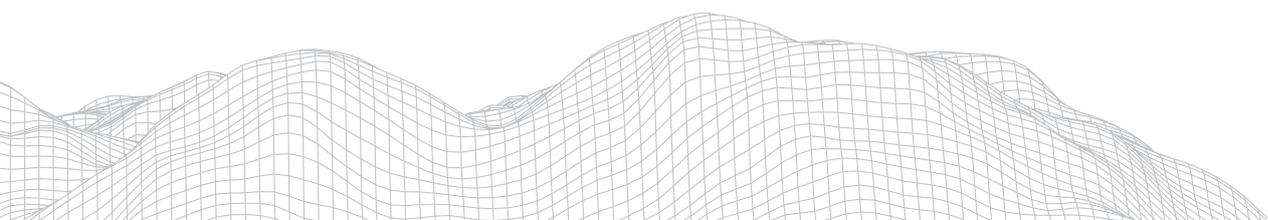
## Agradecimentos

Agradecemos à Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil do município de Angra dos Reis pela disponibilização dos dados geográficos referente ao mapeamento de risco.



## Referências

- AB'SABER, A. **Os domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. 2ª ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AMADOR, E.S. Geologia e Geomorfologia da planície costeira da Praia do Sul - Ilha Grande - uma contribuição à elaboração do plano diretor da reserva biológica. **Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ**, Rio de Janeiro, v.11, p. 35; 58, 1988.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil, 1999. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/Manual-PLANEJAMENTO-1.pdf> (Acesso em: 22/março/2020)
- Ministério da Integração Nacional / Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade)**. Rio de Janeiro, 2012 - Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Publicacoes/Simbologia%20dos%20Desastres.pdf> (Acesso em 18 /março/2020)
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8ª ed. São Paulo: Contexto, 2007.
- SCHÄFFER, W B.; ROSA, M. R.; AQUINO L. C. S. e MEDEIROS, J. D. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação x Áreas de risco - O que uma coisa tem a ver com a outra?. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/202/\\_publicacao/202\\_publicacao01082011112029.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/202/_publicacao/202_publicacao01082011112029.pdf) (Acesso em: 23/março/2020).
- SEPDC - Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil. **Relatório nº01 Contenção em Áreas de Risco de Angra dos Reis**. Angra dos Reis, 2019. Disponível em: <http://www.angra.rj.gov.br/downloads/defesacivil/vitorias/2019/relatorio-01-contencao-em-areas-de-risco.pdf> (Acesso em: 10/março/ 2020 ).
- SILVA, T. M. e SILVA, S. L. S. O relevo do estado do Rio de Janeiro: cenário de beleza e fragilidade ambiental. In: MARAFON, G. J, RIBEIRO, M, A. (Org.). **Revisitando o território fluminense, VI**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2017. p.43-64.



# ENCHENTES URBANAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAGUARIBE, SALVADOR (BA)

826

*André Luiz Dantas Estevam*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V  
Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:  
44.570-000

E-mail: [alestevam@uneb.br](mailto:alestevam@uneb.br)

*Diego Corrêa Maia*

Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP/  
Campus de Rio Claro)

Av. 24-A, Nº1515, Rio Claro (SP), CEP: 13506-900

E-mail: [d.maia@unesp.br](mailto:d.maia@unesp.br)

*Danusa Oliveira Campos*

Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)

Rua Itabuna, S/Nº, Rodovia Ilhéus-Vitória da Conquista, Km 39, BR  
415, Bairro Ferradas, Itabuna (BA),

CEP: 45.613.204

E-mail: [danusa.campos@ufsb.edu.br](mailto:danusa.campos@ufsb.edu.br)

*Laila dos Santos Oliveira*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V

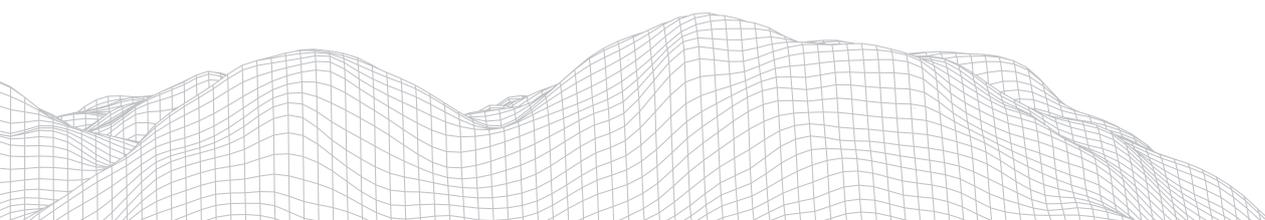
Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:  
44.570-000

E-mail: [lailaoliveira003@gmail.com](mailto:lailaoliveira003@gmail.com)

### Resumo

O processo de urbanização das grandes cidades acontece de forma desordenada, e muitas vezes não considera a bacia hidrográfica como unidade de planejamento promovendo desequilíbrio entre os assentamentos urbanos e a dinâmica ambiental. Alguns dos problemas causados pela urbanização acarretam alteração do ciclo hidrológico, enchentes, inundações nas metrópoles brasileiras. A bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe localizada em Salvador, se destaca por ser exclusivamente urbana, por possuir parte de sua área resguardada pela APA do Abaeté e por drenar áreas densamente povoadas, com infraestrutura urbana precária. Diante do exposto, este trabalho objetiva analisar os fatores desencadeadores das enchentes e inundações na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe. Para tanto, foi utilizada a análise morfométrica. Através da análise dos parâmetros morfométricos e das observações sobre as intervenções urbanísticas constatou-se forte componente antrópico para ocorrência das enchentes urbanas que tanto prejudicam as comunidades na área da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe.

**Palavras-Chave:** Rios urbanos; Urbanização; Susceptibilidade ambiental; Enchentes.



## 1. Introdução

A partir do século XX o processo urbanístico veio a se intensificar em todo o mundo, no qual foi considerado como o “século da urbanização”, posteriormente, o século XXI ficou conhecido como “século da cidade”. Esse novo processo de formação das redes urbanas estabeleceu novas transformações no parâmetro social, cultural, socioeconômico e principalmente ambiental.

No contexto abordado, muitos países dentre eles o Brasil, cresceram de forma desordenada, o que se intensificou após a Segunda Guerra Mundial, com as migrações e o forte êxodo rural. Essa expansão desordenada produziu nas cidades, de maneira geral, graves problemas físicos e sociais (MENDONÇA, 2003).

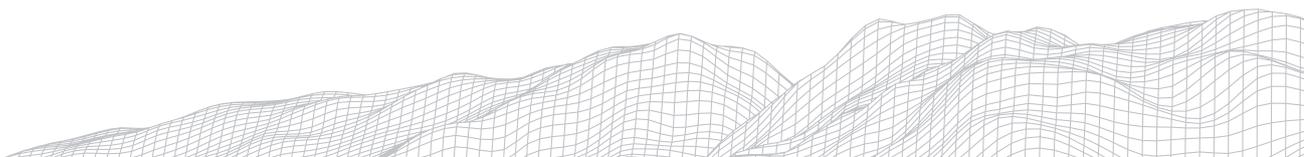
Segundo Sant’Ana Neto (1998), a atuação da ação humana sobre a paisagem natural vem refletindo no clima urbano, como por exemplo, o adensamento populacional e as questões associadas ao trânsito, indústrias, habitações, além de outros fatores atuantes na dinâmica das cidades. Além disso, pode-se pontuar a questão da substituição de áreas verdes pela concentração de áreas impermeabilizadas. Com isso observa-se que as alterações no espaço devido à urbanização indisciplinada vêm afetando a dinâmica atmosférica local.

Esta pesquisa buscou analisar alguns fatores que atuam fortemente para ocorrência do histórico caótico de alagamentos e enchentes urbanas na cidade de Salvador. No contexto geográfico da análise espacial é necessário entender a dinâmica e configuração territorial que engloba a cidade e seus condicionantes para melhor compreender tais fenômenos.

De forma inequívoca as enchentes e alagamentos urbanos sazonais não são produzidos exclusivamente pelos episódios concentrados das precipitações em conexão com a variabilidade climática. Este é um fato que deve ser analisado à luz de metodologias exploratórias do espaço e do clima que abordem as condições sistêmicas que envolvem o sítio urbano. Para além das condições meteorológicas que interferem fortemente na dinâmica das precipitações da cidade é necessário compreender que o espaço no qual se localiza é totalmente dominado por bacias hidrográficas de diversas abrangências espaciais. A ocorrência dos fenômenos analisados está intimamente relacionada como as políticas públicas implementadas ao longo do tempo no conjunto das quinze bacias hidrográficas que banham o sítio urbano.

Neste contexto, o poder público vem conduzindo à décadas intervenções higienistas como ocorre nas demais metrópoles brasileiras. Correspondem essas políticas ao processo de domesticação dos cursos fluviais através de dragagens, canalizações e encapsulamentos dos rios urbanos. Essas intervenções têm como objetivos melhoramento paisagístico da cidade, de criar múltiplas alternativas ao transporte viário urbano e de sanar problemas como enchentes urbanas em curto prazo através de obras de engenharia e intervenções geotécnicas.

Este trabalho tem como arcabouço metodológico a Teoria do Sistema Clima Urbano idealizada por Monteiro (1976). Buscou-se realizar um estudo sistêmico que entrelace aspectos importantes como a localização geográfica de Salvador, a análise dos fenômenos meteorológicos atuantes no sítio urbano, da sua configuração hidrográfica, dos usos dos solos e das políticas públicas de intervenção. Para compreensão em melhor grau do que ocorre na cidade no tocante às enchentes e alagamentos a pesquisa teve como recorte espacial a bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe. Neste sentido o objetivo da investigação é analisar os fatores desencadeadores dos episódios de enchentes e alagamentos que afetam diretamente na qualidade de vida das comunidades numa das áreas mais povoadas da cidade de Salvador.



A degradação ambiental decorrente da ausência de planejamento e uso inadequado dos solos e das áreas de Áreas de Preservação Permanente nos sítios urbanos e ausência das políticas públicas realistas no âmbito dos PDDU's (Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano) têm ocasionado significativos impactos na qualidade e quantidade das águas que drenam as bacias hidrográficas urbanas.

Numa sociedade onde há intensa alteração da dinâmica ambiental associada à impactos quantiquantitativo e aumento expressivo da demanda por água de qualidade. Consta-se que um dos grandes desafios atuais do poder público nas mais variadas esferas é a gestão sustentável dos recursos hídricos com atendimento à suas diversas demandas de uso com prioridades para os usos nobres das águas.

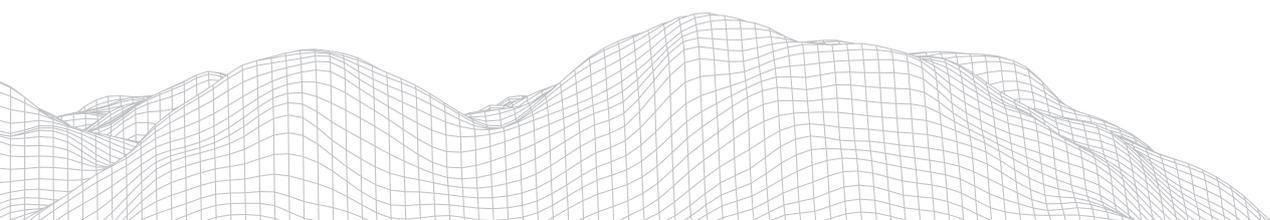
Alteração do curso dos sistemas fluviais, impermeabilização do solo, retirada da cobertura vegetal, encapsulamento de rios, implementação de rede de condutos pluviais, poluição das águas superficiais e subterrâneas, construções de ocupações irregulares, aumento do escoamento superficial e diminuição da evapotranspiração e do escoamento subterrâneo são alguns dos problemas causados pela urbanização. Esses processos acarretam alterações no ciclo hidrológico resultando em enchentes, inundações nas metrópoles brasileiras (TUCCI, 2008).

Maricato (2010) corrobora discorrendo que o crescimento urbano brasileiro provoca tragédias frequentes como enchentes, deslizamentos de solos nas encostas, poluição hídrica e do ar, entre outros, atingindo diretamente a qualidade de vida da população. A susceptibilidade à inundações episódicas tem sido tema recorrente para o planejamento das cidades uma vez que, muitas dessas cidades se implantaram sob condições geomorfológicas e concepções higienistas. Neste contexto, criam-se uma série de impactos no ambiente físico e social com frequência, magnitude e danos significativos.

Silva *et al.* (2019) aponta a presença de vários problemas supracitados em Salvador (Ba). O autor discute que a construção do seu tecido urbano não só desprezou as bacias hidrográficas enquanto unidades de gestão e planejamento como utilizou como solução o encapsulamento de rios para poluição, esgotamento e inundação alterando intensamente a dinâmica natural da paisagem; "...avenidas, construídas nos fundos dos vales, seguiram o curso natural dos principais rios da cidade, contendo-os em calhas de concreto, com o objetivo de controlar as vazões" (SILVA *et al.*, 2019, p. 300). Tucci (2008) complementa destacando que a inundação alaga áreas utilizadas pela população como moradia, transporte, recreação, comércio, indústria, entre outros causando sérios problemas socioambientais.

A bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe localizada em Salvador se destaca por ser exclusivamente urbana, e possuir parte de sua área resguardada pela APA do Abaeté (Decreto Estadual n. 2.540/93) preservando importantes fragmentos de vegetação nativa da Mata Atlântica (SANTOS *et al.*, 2010). Contudo, drena áreas densamente povoadas, com infraestrutura urbana precária e a presença do aterro controlado de resíduos sólidos de Canabrava, resultando em situações de risco ambiental e alterando a dinâmica hídrica local.

Diante do exposto, este trabalho objetiva analisar a suscetibilidade à ocorrência de enchentes e inundações na bacia do rio Jaguaribe (Ba). Para tanto, será utilizada a análise morfométrica, ferramenta que auxilia na compreensão da dinâmica hídrica de bacias hidrográficas permitindo, entre outras análises, avaliar a susceptibilidade à ocorrência de enchentes e inundações (CHRISTOFOLETTI, 1980).



## 2. Análise da Literatura: Sistema Clima Urbano

O clima é fundamental para a sobrevivência humana, animal e vegetal. Assim o clima urbano tem como característica o fruto das relações entre os elementos meteorológicos do clima em sua escala local, a partir das alterações do ambiente urbano, de acordo com Estevam (2019). Sendo assim o clima local necessita de investigação entre as relações da pressão atmosférica, temperaturas, umidade e radiação solar, que estão presentes numa cidade em desenvolvimento. “[...] a concepção de clima prende-se àquela dos estados médios dos elementos atmosféricos sobre o dado lugar que, no caso, prende-se a existência de uma cidade” (Monteiro, 1976).

O clima urbano analisa a variabilidade dos elementos do clima sob oscilações diárias, semanal e sazonal das temperaturas, como por exemplo, a influência de brisas marítimas em cidades praianas. Segundo MONTEIRO (1976, p.8):

*O clima local se insere em climas sub-regionais e sazonais, assim como pode ser subdividido até os microclimas. A cidade tanto se integra em níveis superiores como se divide em setores, bairros, ruas, casas, ambientes internos etc. as divisões do ponto de vista sistêmico são inconsequentes, importando predominantemente as relações entre as diferentes partes em que se compõe ou decompõe o sistema para o desenvolvimento das funções organizadoras (Monteiro, 1976, p.8).*

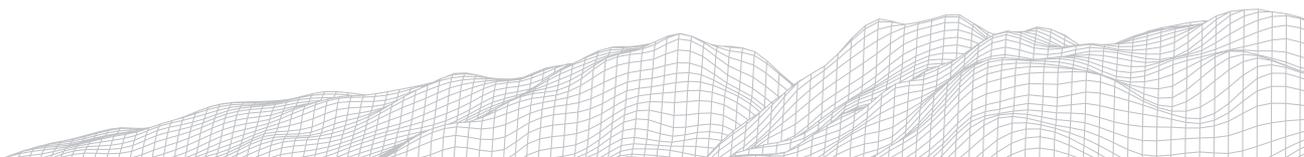
As cidades brasileiras, não possuem em sua maioria, um planejamento urbano em localidades vulneráveis as mutações antrópicas. Com isso, as populações que residem nestes locais se encontram a mercê dos riscos que os impactos causados ao meio ambiente podem trazer. Neste contexto, Gonçalves e Guerra (2004, p.19), abordam que “as áreas urbanas são frágeis as ações antrópicas, à proporção que, o homem vem modificando o meio a partir de queimadas, desmatamentos, ocupações irregulares, assoreamento de canais fluviais, e ocupações de forma intensa e desordenada”.

Segundo Moura (2006), a expansão da ocupação e uso do solo acontece de forma desordenada e inadequada. Isso ocorre, principalmente por variados fatores, são eles: loteamentos mal planejados, invasões, ocupação em áreas de risco, além da deficiência de fiscalização do planejamento urbano e acompanhamento do Poder Público Municipal.

Na cidade de Salvador, a variabilidade climática dentro dos períodos chuvosos atinge as comunidades mais carentes. Em alguns bairros, devida a alta concentração de automóveis, o uso excessivo do solo impermeabilizado gera as ilhas de calor que provém da elevação da temperatura, isso decorre do processo de urbanização, o que resulta em precipitações elevadas, ocasionando alagamentos, enchentes, transbordamentos e inundações. A CODESAL (2017, p.11) afirma que:

*Os episódios de chuvas ocorridos durante o trimestre abril, maio e junho de 2017, na cidade de Salvador, não foram bem distribuídos e, conseqüentemente, ficaram abaixo do esperado para esse período. Em termos percentuais, essas chuvas variaram entre 26% e 64% abaixo da normalidade em todos os pluviômetros monitorados pela CODESAL. Vale ressaltar que, as chuvas ocorridas em Salvador foram em decorrência, principalmente, da passagem de frentes frias, dos distúrbios de leste, bem como, os sistemas de brisas (marítima e terrestre) e os ventos úmidos vindos do oceano Atlântico. E mesmo com a atuação desses sistemas meteorológicos, as chuvas ocorridas não foram suficientes para que os totais mensais de precipitação registrados em toda Salvador, superassem as suas respectivas médias climatológicas (CODESAL, 2017, p.11).*

Devido à variabilidade climática sazonal é comum ocorrerem índices de precipitações concentradas ao longo do ano, na cidade de Salvador. Nesta metrópole existe uma forte disposição dos sistemas meteorológicos para a



produção de intensas precipitações no período de abril a julho, sucedendo-se vários casos de enchentes e alagamentos urbanos nas mais diversas áreas da cidade, por falta de planejamento urbano eficaz e ausência de políticas públicas direcionadas à preservação dos rios urbanos e do controle das cheias. Como afirma TUCCI (1995, p.7):

*As enchentes urbanas são um problema crônico no Brasil, devido principalmente à gerência inadequada do planejamento de drenagem e a filosofia errônea dos projetos de engenharia. A gestão deficiente é resultado da falta de mecanismos legais e administrativos, de controle da ampliação das cheias devido à urbanização. A filosofia errônea se reflete na ideia preconcebida dos engenheiros de que, a boa drenagem, é aquela que permite escoar rapidamente a água precipitada sobre a área de seu estudo. No entanto, a melhor drenagem é aquela que drena o escoamento sem produzir impactos nem no local, nem na jusante. As consequências desses erros têm produzido custos extremamente elevados para a sociedade como um todo (TUCCI, 1995, p.7).*

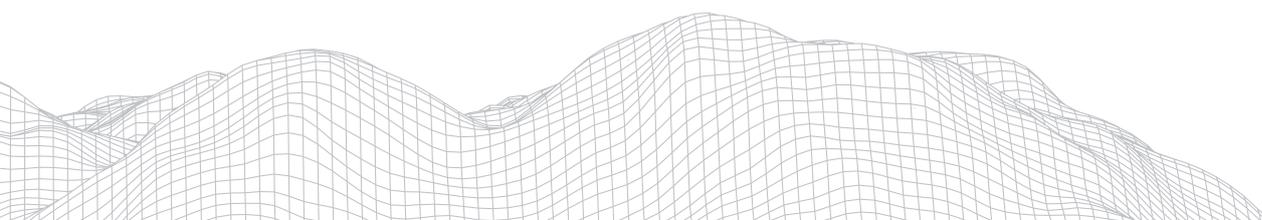
A problemática da ineficiência das políticas públicas para com a sociedade que se encontra em áreas vulneráveis aos alagamentos, enchentes e inundações infelizmente não é eficaz e tampouco suficiente para assegurar seus objetivos, como o respeito a manutenção e a segurança do recurso hídrico não garantindo sua total funcionalidade. Sendo um problema que atinge diversas cidades de forma constante, anualmente, é necessário que o poder público local efetuar intervenções e fiscalizações para que evitem calamidades sazonais. Como consequência disso, normalmente a captação de água para o consumo humano de várias cidades não advém da própria cidade, porque os mananciais urbanos e os rios encontram-se completamente poluídos e impróprios para consumo.

Desta forma, os aquíferos urbanos podem ser contaminados, principalmente, pelos aterros sanitários pela infiltração indiscriminada de águas pluviais contaminadas pelo transporte de lixo, sedimentos e lavagens de ruas. O aumento de áreas permeáveis diretas, ou seja, que permitem a infiltração de água não contaminada, possibilita reduzir o impacto sobre o aquífero (TUCCI, 1995). Logo, os problemas acerca dos mananciais acabam sendo dificultados dentro do processo de revitalização dos rios urbanos. A proposta é que criem projetos com finalidade de revitalização dos rios urbanos de uma forma sustentável. Além disso, os problemas com mananciais, enchentes e alagamentos também sofrem influência da impermeabilização do solo pois, com o aumento do escoamento superficial as águas pluviais passaram a ocupar outros espaços, tais como ruas e avenidas, residências e comércios.

Além disso, retirada da cobertura vegetal, assoreamento dos rios e o acúmulo de material não degradável nos fundos de vales e alterações consideráveis na topografia do terreno, insuficiência as rede de galerias de águas pluviais e/ou da pouca declividade das ruas que dificultam o escoamento, acabam agravando o problema dos alagamentos e enchentes, assim como as ocupações irregulares próximo as margens de rios. Como afirma UEHARA (1986, p.110):

*As várzeas foram criadas pela natureza para servir de depósito de sedimentos e caminhos naturais de ondas de cheias. O que não é natural é sua ocupação indevida, para fins de urbanização. Elas devem ser preservadas, se possível, in natura ou destinadas para atividades agrícolas, pastoris, esportivas, etc. que possam conviver com as inundações e o assoreamento. Se for ocupada por necessidade, os ribeirinhos deverão conviver com a vida própria da várzea, principalmente com as inundações, pois em qualquer período de chuvas poderão ocorrer enchentes superiores às adotadas no projeto de obras de melhoramentos (UEHARA, 1986, p.110).*

Assim como não há como impedir chuvas torrenciais, não há rios sem enchentes, por isso, faz-se necessário desenvolver medidas mitigadoras e estratégias para enfrentamentos destes episódios, com o intuito de minimizar os efeitos catastróficos e os impactos que a população sofre.



Segundo MONTEIRO (1976, p.08), a “complexidade da questão e sua importância nacional exigem maiores considerações, no que concerne tanto à gênese do fenômeno como a seu impacto urbano, nos mecanismos de defesa.” É importante fundamentar os planos de desenvolvimento, que compreende as realidades nas suas variadas dimensões, para que seja possível replanejar e direcionar ações estratégicas que tragam soluções para a sociedade. Conforme, MONTEIRO (1976, p.8).

*O grande desafio brasileiro será evitar a deterioração da natureza e a geração de um ambiente de boa qualidade, sob perspectiva de desenvolvimento econômico: periférico e dependente. Este é o que seria um verdadeiro ‘milagre’. Não há potencialidade natural que resiste nem capacidade social que organize racionalmente o espaço e a qualidade de vida em quase cinco séculos de ‘autofagia’ (MONTEIRO, 1976, p.8).*

Conforme Lombardo (1985), a partir das alterações no ambiente pode ocorrer elevação das temperaturas. São induzidas modificações nos sistemas de pressão atmosférica e como consequência, alterações localizadas nos padrões de circulação dos ventos e na dinâmica das massas de ar e da umidade. Desta forma, com a expansão urbana desencadeiam-se diversos microclimas no espaço urbano.

O clima urbano resulta dos seguintes problemas: *i.* adensamento geométrico das edificações, o que implica negativamente para o deslocamento dos ventos; *ii.* Asfaltamento generalizado; *iii.* Impermeabilização do solo; *iv.* Retirada da vegetação. Esses problemas resultam nos microclimas. Para Lombardo (1985), o clima urbano engloba o clima de uma localidade acrescido com processo de urbanização, ou seja, o mesoclima sofre as interferências microclimáticas derivadas do espaço urbano.

Nas áreas urbanizadas, o sistema hidrológico apresenta uma diferenciação referente às áreas com cobertura vegetal, isso mostra que a interferência humana modifica os padrões de drenagem, tornando a água incapaz de infiltrar nos lençóis subsuperficiais ao longo das bacias de drenagem. Tais efeitos derivam da impermeabilização do solo por meio das edificações e pavimentações das vias.

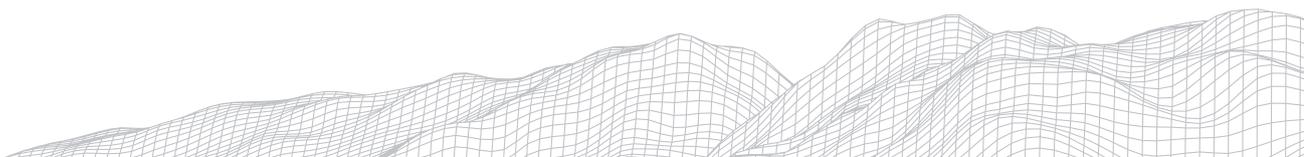
Segundo Mendonça (1994), o estudo do clima é o resultado nas alterações ambientais naturais, assim como, a retirada da vegetação, modificação do relevo, edificações, impermeabilidade do solo, canalização do escoamento superficial, poluição do ar.

De acordo com Conti (1998), a alteração do clima urbano está se tornando mais evidente ao longo dos tempos, principalmente nos períodos de elevados índices pluviométricos, isso se dá por conta dos impactos provocados na paisagem, não só trazendo desequilíbrio ao meio natural, mas também transtornos para as populações urbanas.

A variação do clima urbano nas cidades se resulta da interferência de inúmeros fatores que vão sendo processados sobre a troposfera no sentido de alterar o clima local. Os efeitos dessas mudanças são percebidos através das manifestações naturais, como: impactos pluviais, qualidade do ar e conforto térmico, além de outras manifestações que acabam desorganizando o entorno das cidades e deteriorando a qualidade de vida dos seus habitantes.

### *2.1 Aspectos conceituais sobre os alagamentos, inundações, enchentes e transbordamentos*

A ocupação desordenada próximas às margens dos rios interfere no processo de infiltração da água no solo, ocorrendo assim a impermeabilização da bacia hidrográfica. Durante os períodos chuvosos ou em decorrência as chuvas



torrenciais são muito comuns aumentar o escoamento da água pela superfície do solo, elevando as vazões acima da capacidade da rede de drenagem, que resultará em inundações derivado dos transbordamentos de rios, em áreas ocupadas pela sociedade. Para uma melhor compreensão da ocorrência de inundações, em três fases, a ocupação da água em um determinado espaço.

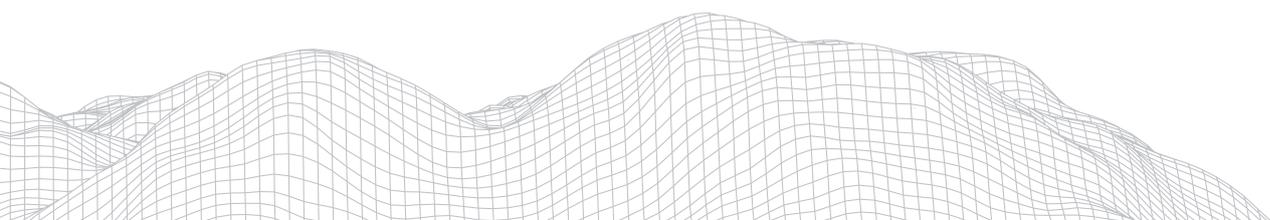
- I. Leito normal: é o sulco que comumente escoam as águas;
- II. Leito de enchente: é quando o rio está com o volume elevado até a altura das margens sem transbordar para as áreas adjacentes;
- III. Leito de inundação: o rio se encontra no leito de enchente e quando aumentam ainda mais o nível d'água transborda alagando as várzeas e caracterizando uma inundação. Este, portanto, é o cenário que se irá utilizar para descrever o termo inundação ora adotado. (DIAS, SCHUCH e SILVEIRA, 2014).

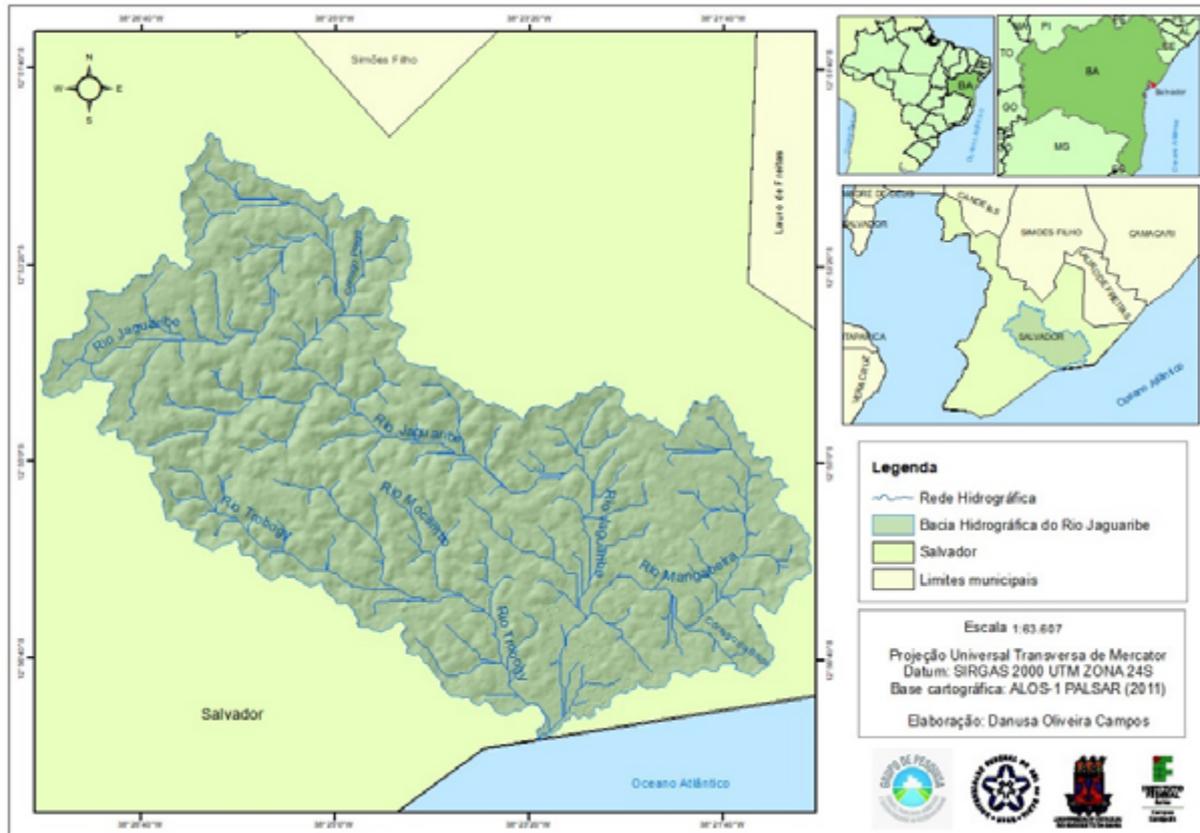
O fenômeno de enchente em área urbana é consequência de dois processos que podem ocorrer isoladamente ou simultaneamente: enchentes em áreas ribeirinhas ocupadas devido à falta de planejamento do uso do solo ou, provocadas pela urbanização que impermeabiliza o solo por processos construtivos (TUCCI, 1995). Assim, a inundação é a consequência do transbordamento causado pela enchente, que ocorre quando o sistema de drenagem não dá conta resultando na vazão da chuva.

Além disso, principalmente no período de chuvas torrenciais é muito comum episódios de alagamentos nos grandes centros urbanos. Segundo o Órgão da Defesa Civil de Salvador, os alagamentos são águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos, por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. Nos alagamentos, o extravasamento das águas depende muito mais de uma drenagem deficiente, que dificulta a vazão das águas acumuladas, do que das precipitações locais, resultando numa desorganização na vida da população atingida e na dinâmica da cotidiana do centro urbano, acarretando em deterioração da qualidade de vida, tanto para a sociedade civil quanto para o poder público e, dependendo de sua magnitude, causam irreparáveis perdas de vidas.

### 3. Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe (BHRJ) está totalmente localizada na zona urbana de Salvador como pode ser observado na Figura 1, nasce nos bairros de Pirajá e Águas Claras e compreende área de 51,65 km<sup>2</sup>, drenando 17 % do município. Encontra-se nas coordenadas 12°52'33" a 12°57'49"S e 38°20'17" a 38°25'14" W abarcando os bairros de Águas Claras, Cajazeiras, Castelo Branco, Sete de Abril, Mussurunga, Piatã e Avenida Pinto de Aguiar. Tem como limite norte a Bacia do Rio Ipitanga e Bacia de Drenagem de Stella Maris, a leste o Oceano Atlântico, a oeste a Bacia do Cobre e ao sul as Bacias do Pedras/Pituaçu e Passa Vaca (SILVA *et al.*, 2019).



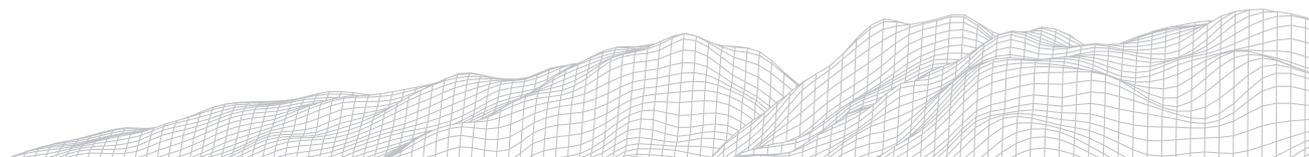


**FIGURA 1:** Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe.  
Fonte: Autoria própria.

Quanto aos seus aspectos geológicos a BHRJ drena os terrenos sedimentares do Grupo Barreiras (depósitos arenoargilosos de idade Tércio-Quaternária), abarcada também pelo Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim composto por rochas granulíticas ácidas e intermediárias e pelos depósitos marinhos costeiros quaternários. Os canais fluviais da BHRJ obedecem um padrão de drenagem dendrítico ou paralelo ramificado e drenam uma área fortemente controlada por estruturas de falhas geológicas com forte componente estrutural. Os vales foram esculpidos ao longo do controle estrutural o que gerou a desembocadura de seu rio principal no Oceano Atlântico em vale afogado com forte penetração das marés (SEI, 2003; SODRÉ, 2018).

O relevo é caracterizado como Mares de Morro, Planalto Costeiro com relevos de topos tabulares, capeados por sedimentos e planícies de acumulação, resultante do trabalho do vento sobre material arenoso de origens diversas (SEI, 2003).

Os fatores geográficos de Salvador que contribuem para a variabilidade do tempo atmosférico são: a baixa latitude, que lhe confere temperaturas elevadas e uniformes ao longo do ano; alta umidade do ar, devido à forte influência marítima; mecanismo das brisas, em decorrência da variação diurno-noturna das temperaturas das superfícies continentais e oceânicas, que, por sua vez, concorrem na diminuição da amplitude térmica diária, favorecendo ao surgimento de áreas com maior conforto ambiental; e as formas do relevo, cujo predomínio de colinas e morros, espigões e vales interfere na circulação do ar (PALMA, 2010). A circulação atmosférica local é fortemente influenciada pela massa de ar Tropical Atlântica, que lhe confere certo grau de estabilidade.



A cidade detém precipitação anual em torno de 1.800 mm com forte concentração no período de outono e inverno. Devido aos intensos episódios pluviométricos as bacias hidrográficas que drenam Salvador recebem um significativo aporte de água. Neste contexto, em decorrência do elevado adensamento populacional e a extensiva impermeabilização dos solos, criam-se as condições necessárias ao transbordamento nas planícies fluviais do Rio Jaguaribe e seus afluentes.

As principais classes de solos presentes na BHRJ são os Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e o Latossolo Amarelo distrófico marcados pela grande profundidade, alta permeabilidade e baixa capacidade de troca catiônica, encontrados geralmente nas áreas de topo de morros; e o Neossolo Quartzarênico constituído por material mineral ou orgânico pouco espesso com pequena expressão dos processos pedogenéticos (EMBRAPA, 2006).

A cobertura vegetal nativa é o bioma Mata Atlântica composta pela Floresta Ombrófila Densa, restinga e manguezal. Apesar de intensamente desmatada, resguarda remanescentes florestais importantes no entorno do Rio Jaguaribe e na porção média da bacia, em estágios médios e iniciais de regeneração (SODRÉ, 2018). Há ainda, remanescente de vegetação pioneira de restinga conservadas que estão protegidas pela Área de Proteção Ambiental Lagoas e Dunas do Abaeté através do Decreto Estadual nº 2.540/1993 (INEMA, 1993).

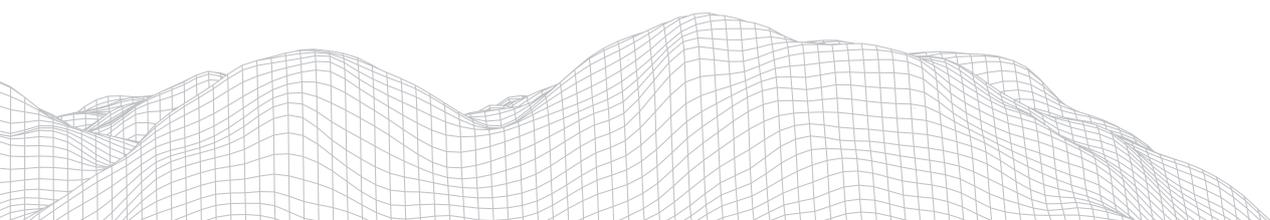
#### 4. Metodologia

Para analisar a susceptibilidade a ocorrência de enchentes da BHRJ foi necessário gerar mapa da bacia hidrográfica utilizando a imagem de radar do sensor ALOS PALSAR-FBS e o programa de Sistema de Informação Geográfica ArcGIS e seus módulos (*Spatial analyst Tools*) para processar e mapear os dados geográficos.

A delimitação da BHRJ foi realizada utilizando o MDE gerado pela imagem ALOS PALSAR-FBS, o procedimento utilizado seguiu as concepções indicadas por Marques (2017). A imagem de radar do sensor ALOS PALSAR-FBS possui resolução espacial de 12,5 m utilizada para a construção do Modelo de Elevação do Terreno (MDE). A mesma imagem norteou a produção da gama dos parâmetros morfométricos. Tais informações foram adquiridas no sistema *Alaska Satellite Facility* operado e distribuído pelo *EarthData/National Aeronautics and Space Administration* - NASA (ESA, 2020).

Neste sentido foram geradas informações morfométricas para BHRJ a partir das proposições de Horton (1945), Strahler (1952), Shumm (1963) Vilela e Matos (1975), Christofletti (1980) e Tonello (2005) conforme sumarizadas no Quadro 1. A determinação dos aspectos paramétricos que associada à análise das interferências estruturais no tecido urbano permitiu investigar a susceptibilidade às enchentes urbanas.

Foram analisados índices pluviométricos em série histórica de 1998 à 2020 da cidade de Salvador. A partir dos dados coleta de dados do 4ºDISME/INMET localizado no bairro de Ondina.



**QUADRO 1**  
Parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica

Características morfométricas	Parâmetros	Descrição
Geometria	Área (A)	Compreende os divisores topográficos e seu plano interior, projetado na horizontal (TONELLO, 2005).
	Perímetro (P)	Comprimento da linha do divisor de águas (TONELLO, 2005).
	Coeficiente de Compacidade (Kc)	Relação do perímetro da bacia estudada e a circunferência de um círculo $Kc=0,28(P/\sqrt{A})$ (VILELA e MATOS, 1975)
	Índice de Circularidade (Ic)	Proporção da área, com relação entre a área da bacia e o perímetro ao quadrado $IC=(12,57^2)P^2$ (STRAHLER, 1957)
	Fator de Forma (Kf)	Relação da forma da bacia e o comprimento do eixo $Kf=A/L^2$ (VILELA e MATOS, 1975).
	Padrão de Drenagem (Pd)	Análise proposta por Christofletti (1980)
Rede de drenagem	Comprimento do curso principal (L)	Comprimento do canal principal considerando suas simetrias (SHUMM, 1963).
	Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	Soma os comprimentos totais das drenagens da bacia.
	Comprimento do Eixo (Le)	A distância entre a foz do rio principal e a distância mais longínqua da divisão topográfica.
	Índice de Sinuosidade (Is)	Proporção resultante da relação entre o comprimento do canal com a distância vetorial entre os dois pontos extremos do canal principal $Is=100(L-Dv)L$ (SHUMM, 1963)
	Densidade de Drenagem (Dd)	Relação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia $Dd= Lt/A$ (VILELA e MATOS, 1975).
	Coeficiente de Manutenção (Cm)	Área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, sendo a relação de 1 e Dd multiplicado por 1000 $Cm=(1/Dd)1000$ (SHUMM, 1963).
	Ordem da Bacia (Ob)	Método proposto por Strahler (1957).

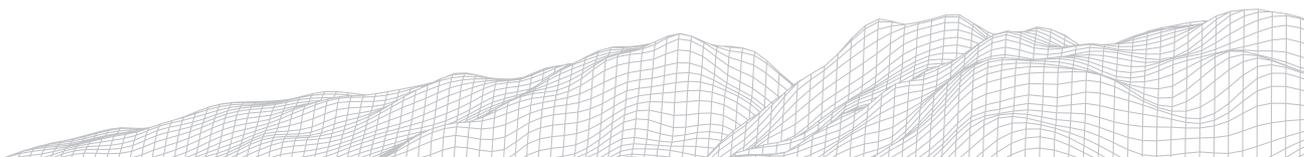
**Fonte:** HORTON (1945), STRAHLER (1952), SHUMM (1963) VILELA E MATOS (1975), CHRISTOFLETTI (1980) E TONELLO (2005).

## 5. Resultados e discussões

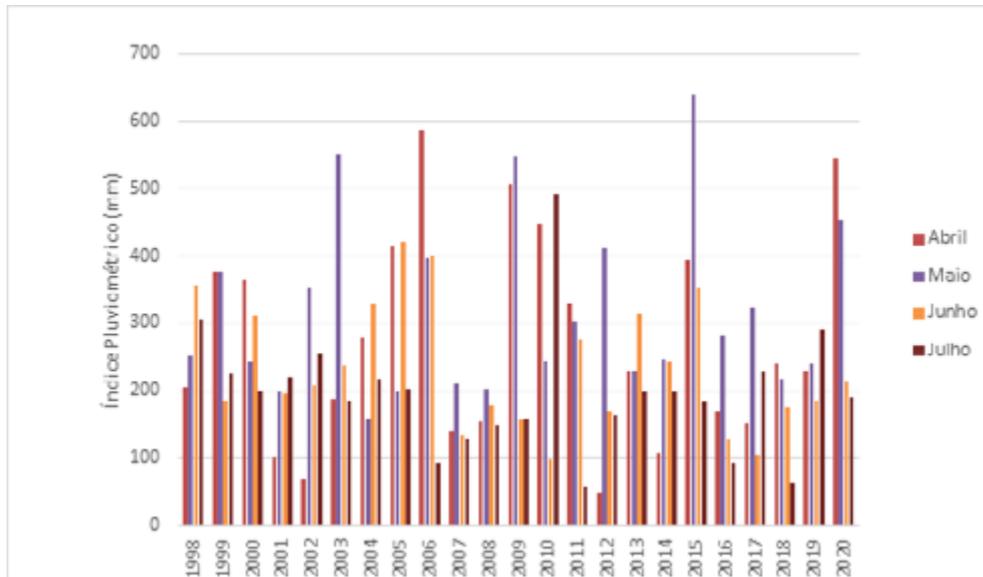
Apartir das análises realizadas nesta pesquisa sobre os eventos de enchentes e transbordamentos no rio Jaguaribe. Vale destacar que foram estudadas três variáveis importantes, à saber: i. Episódios concentrados das precipitações; ii. Características morfométricas da bacia hidrográfica; iii. Intervenções na bacia hidrográfica.

### I. Análise meteorológica: episódios concentrados das precipitações

A cidade de Salvador sofre forte influência de sistemas meteorológicos regionais que atuam localmente influenciando na ocorrência das precipitações na cidade. É observado com maior frequência intensidades elevadas nos meses de abril à julho (Figura 2), configurando-se a quadra chuvosa que compreende o período de chuvas com maior volume em decorrência da penetração de sistemas atmosféricos importantes. Na quadra chuvosa sobretudo no mês de abril ocorrem os alagamentos e enchentes nos rios urbanos. Como pode ser observado na Figura 2 para o período de 21 anos os meses de abril e maio caracterizam-se como os mais chuvosos atingindo volumes entre 500 à 650 mm. Tais episódios são responsáveis por elevados volumes de água na superfície impermeabilizada



da bacia hidrográfica. Face às condições extensivas de canalização do Rio Jaguaribe, geram-se os transbordamentos resultante da elevação rápida do nível de água. Os referidos meses compreendem um período de alerta máximo para Defesa Civil de Salvador devido as inúmeras solicitações e ocorrências demandadas pela população.



**FIGURA 2.** Gráfico das quadras chuvosas em Salvador no período de 1998 à 2020.  
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2020.

Em decorrência da mutabilidade e do dinamismo dos estados momentâneos que tornam à esfera mais dinâmica entre os sistemas terrestres. A sucessão dos tipos de tempo é marcada por relevantes sistemas atmosféricos. Cita-se os sistemas relacionados às frentes frias.

A confluência entre o ar frio da mPa sobre o oceano Atlântico com o ar quente da mTa ocorre no transcorrer do ano todo. Porém com maior destaque para o inverno que é a estação de maior frequência de ocorrência no litoral oriental da região Nordeste. Cabe destacar a importância das frentes frias para latitudes tropicais nos meses de novembro à março, situação bem caracterizada por Molion e Bernardo (2002).

## II. Características morfométricas da BHRJ e intervenções

A bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe (BHRJ) está totalmente localizada na zona urbana de Salvador (figura 1), com área de 51,65 km<sup>2</sup> e perímetro de 44 km compreendendo 7,44% do município. Grande parte desta bacia possui ocupação desordenada, com infraestrutura urbana precária e processo de adensamento

populacional. Essas características promoveram forte impermeabilização dos solos com intensificação das ações estruturais ao longo dos segmentos do Rio Jaguaribe (CAETANO, 2007). As características morfométricas identificadas na bacia hidrográfica podem ser observados no Quadro 2.

### QUADRO 2

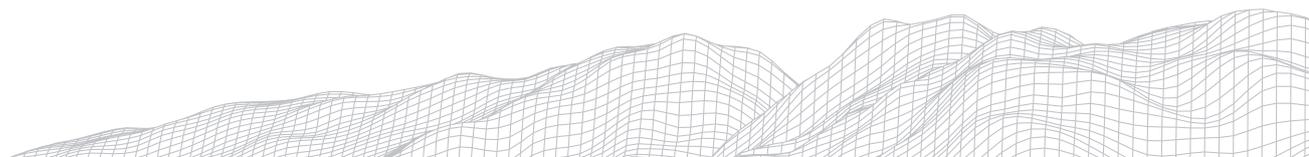
Características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe.

Características morfométricas		Resultados	Unidade
Geometria	Área (A)	51,65	km <sup>2</sup>
	Perímetro (P)	46,02	km
	Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,79	m.m <sup>2</sup>
	Índice de Circularidade (Ic)	0,30	-
	Fator de Forma (Kf)	0,56	-
	Frequência hidrográfica (Dh)	6,19	Canais\ Km <sup>2</sup>
Rede de drenagem	Número total de canais	320	-
	Comprimento do curso principal (L)	19,20	km
	Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	138,41	km
	Comprimento axial	9,6	km
	Densidade de Drenagem (Dd)	2,67	Km.km <sup>2</sup>
	Índice de Sinuosidade (Is)	2	Km.km <sup>-1</sup>
	Padrão de Drenagem (Pd)	Dendrítica	
	Coefficiente de manutenção	376,16	m
Relevo	Ordem da Bacia (Ob)	5	
	Declividade do curso principal	4,58	
	Cota mínima	0	m
	Cota máxima 110	110	m

Fonte: Grupo de Pesquisa CIPAS. 2021.

Os parâmetros morfométricos classificam esta bacia com baixa susceptibilidade a ocorrência enchentes em condições normais de precipitação, pois seu formato é alongado, portanto possui menor concentração de deflúvio (VILLELA; MATTOS, 1975), como pode ser constatado nas variáveis do fator de compacidade ( $K_c = 1,8$ ); ainda, o Índice de Circularidade e o Fator de Forma reforçam essa característica pois exibem valores baixos ( $I_c = 0,3$  e  $K_f = 0,56$ ) indicando menor possibilidade risco de enchente. Contudo, os rios da BHRJ vêm sofrendo fortes alterações em seus leitos, margens e áreas inundáveis, impostas pelo poder público, desde a década 1970 com a implantação de grandes conjuntos habitacionais e construção da Avenida Luís Viana Filho.

Para a implementação dos condomínios e arruamentos, desmatou-se as margens dos rios, inúmeras obras de soterramento, ocupação e impermeabilização do solo, encapsulamento de rios e construção de pontes são algumas das intervenções desencadeadas pelo poder público. Nesse contexto de ocupação inúmeros problemas foram gerados e intensificados pelo processo de ocupação irregular. Resultou-se assim nas condições favoráveis aos episódios de enchentes no Rio Jaguaribe ao longo de suas planícies aluviais intensamente ocupadas nos bairros Piatã, Alto do Coqueirinho e da Paz. Na Figura 3 observa-se um dos episódios ao longo da estação chuvosa.





**FIGURA 3:** Transbordamento do Rio Jaguaribe, em 20 de abril de 2018.  
Fonte: Marcelo Timbó, 2018.

Observou-se nesta investigação que as constantes alterações dos elementos da paisagem na BHRJ acabaram por interferir fortemente no seu comportamento hidrológico. Estudos hidrológicos de Kobiyama (2000), corroboram com essas constatações, os resultados das pesquisas indicam que a mitigação do clima, diminuição do pico do hidrograma, o melhoramento da qualidade da água no solo e rio são algumas das funções dos ecossistemas florestais; assim, intervenções antrópicas como desmatamento, impermeabilização do solo, entre outros, interferem diretamente nos condicionantes ecossistêmicos bem como no ciclo hidrológico da bacia hidrográfica. Como pode ser observado na Figura 4.



**FIGURA 4:** Intervenção no canal fluvial do Rio Jaguaribe ao longo da Avenida Otávio Mangabeira.  
Orla Atlântica de Salvador.  
Fonte: Trabalho de Campo CIPAS-RB. 2019.

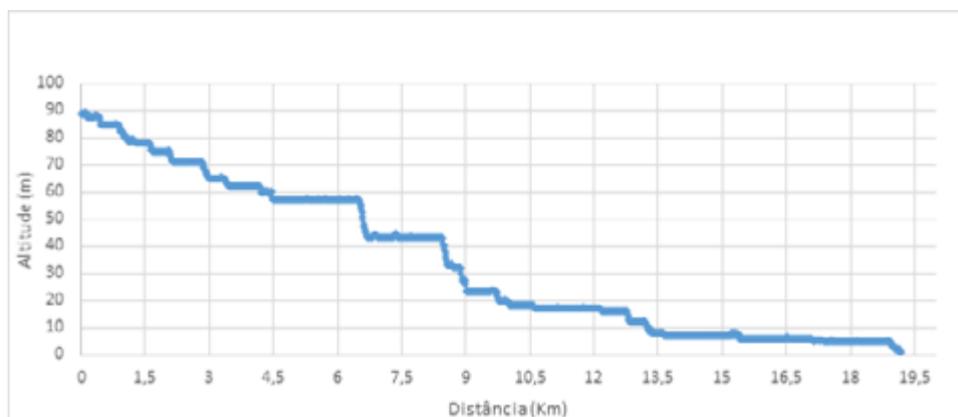
A Densidade de drenagem apresentou índice de 2,67 km/km<sup>2</sup> segundo Marques (2017) caracterizando esta bacia como excepcionalmente bem drenada, portando teria boa disposição de originar novos canais de escoamento. Essa variável representa o grau de dissecação topográfica e/ou a quantidade dispo-

nível de canais para o escoamento (CHRISTOFOLETTI, 1981). Nesta bacia os índices pluviométricos acima de 1.400 mm anuais e a impermeabilização do solo causado pelo processo de urbanização em grande parte da bacia explicam a disposição para o escoamento. Conclui-se que há um elevado escoamento superficial associado a alta dissecação devido aos processos climáticos atuantes, mas sobretudo indicam o grau de intervenção.

O coeficiente de manutenção corrobora com a discussão acima indicando que a área imprescindível para manutenção perene dos canais de escoamento da BHRJ é de 373,16 km<sup>2</sup>/km. Na bacia hidrográfica em tela além esse escoamento é intensificado pelo forte processo de urbanização que interfere na capacidade de produção de água da bacia.

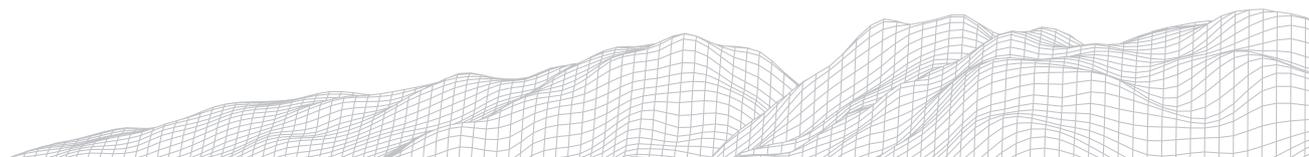
O índice de sinuosidade apresentou valor 2 indicando que os afluentes são sinuosos; é sabido que a sinuosidade é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (LANA *et al.*, 2001). Santos (2010) destaca que há expressiva descarga de material orgânico e resíduos sólidos em vários pontos ao longo do rio Jaguaribe, mediante ligações de esgotos sanitárias clandestinas canalizadas para a rede pluvial, ocasionando poluição do leito do rio e inundações. Rossi *et al.* (2012) complementa, essas pesquisas ressaltando que o Rio Jaguaribe não exibe condições adequadas de vazão para realizar autodepuração dos esgotos ali lançados, situação que melhora próximo à sua foz.

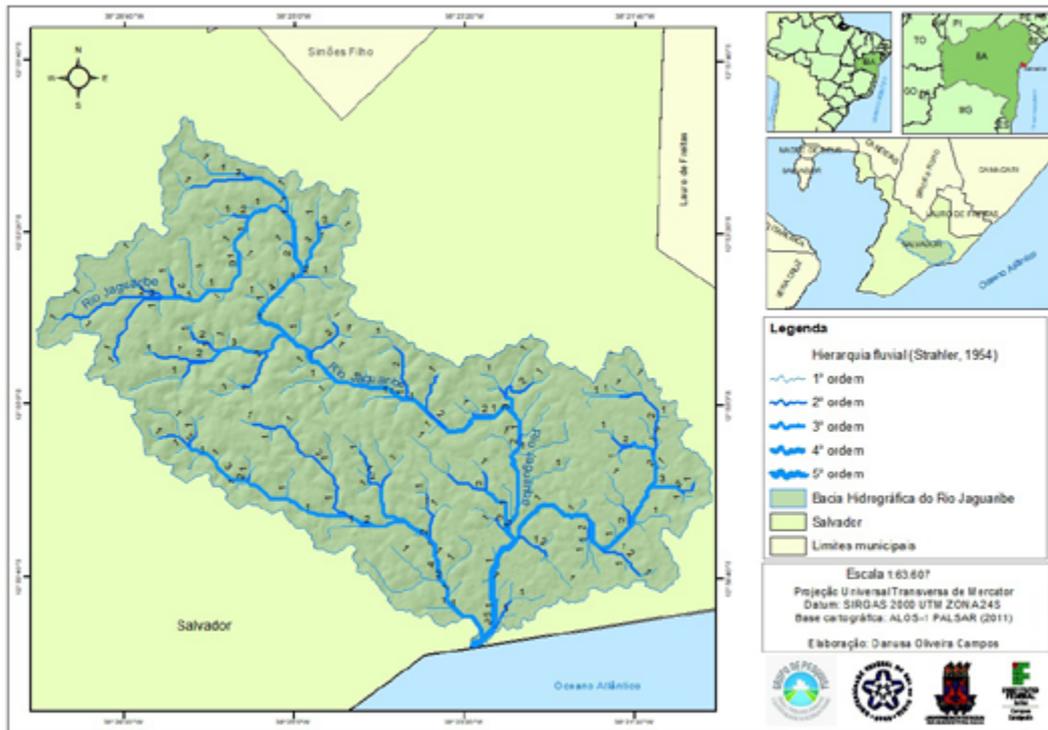
Ao observar o perfil longitudinal do Rio Jaguaribe na Figura 5 identifica-se forte condicionante de declividade ao longo da área de montante da bacia hidrográfica.



**FIGURA 5:** Perfil longitudinal do Rio Jaguaribe.  
Fonte: Laboratório do CIPAS/RB.

Ao realizar análise conjunta com informações contidas na Figura 5, identificam-se condicionantes favoráveis ao elevado fluxo das águas nos períodos chuvosos para o baixo curso da bacia hidrográfica. Tais condições associadas a forte impermeabilização dos solos favorecem a ocorrência das enchentes urbanas. No baixo curso devido a zona de contato com o nível de base geral e a forte influência das baixas declividades resultando em sinuosidade fortemente controlada pelas canalizações sucessivas e encapsulamentos geram-se as condições para os transbordamentos.





**FIGURA 6:** Mapa de hierarquização da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe, conforme Strahler (1952).  
Fonte: Laboratório do CIPAS/RB.

O mapa representado na Figura 6 representa a bacia hidrográfica em suas condições naturais anteriores ao processo de ocupação desenfreado. Observou-se que a bacia detém ordem fluvial 5 contendo padrão de drenagem predominantemente dendrítica com alguns trechos apresentando padrão paralelo com forte influência estrutural. Neste contexto, a riqueza de canais de primeira e segunda ordem indicam que a bacia em seu trecho urbano detém forte produção de água via sistema de nascentes. Carecendo de atuação pública de projetos sustentáveis que visem a recuperação e conservação das nascentes quase sempre associadas à sistemas de lagoas.

## 6. Considerações finais

A análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe permitiu identificar que as características ambientais naturais detêm condições sistêmicas incompatíveis com uma bacia de elevada susceptibilidade aos transbordamentos mesmo nos períodos das fortes precipitações. Neste contexto, observou-se que as intervenções através da canalização do Rio Jaguaribe e o encapsulamento de seus afluentes.

Para redução das enchentes na BHRJ o modelo de intervenção mais adequado seria a sua revitalização. A partir das seguintes medidas: i. Aumentando as áreas recobertas por solos e vegetação nativas para recomposição do sistema de infiltração das águas das chuvas; ii. Implementação de vegetação ciliar ao longo dos trechos das margens do rio; iii. Redução significativa do sistema viário circunjacente ao Rio Jaguaribe com substituição do asfaltamento por jardins de chuva e solos para dinamização do ciclo hidrológico; iv. Limpeza dos canais fluviais com dragagem da areia ao longo dos canais; v. Implementação de reflorestamento das nascentes; vi. Desencapsulamento de rios.

No entanto observa-se ainda intervenções de engenharia que priorizam

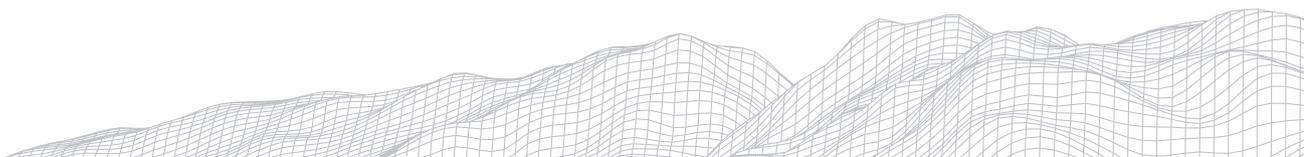
o sistema viário da cidade de Salvador através da implementação de viadutos, pontes e asfalto. É necessária reforma urbana profunda para a redução dos episódios de enchentes que se reproduzem ao longo de todas as bacias urbanas de Salvador, em particular àquelas que sofrem forte influência das marés na Orla atlântica e na Baía de Todos os Santos.

### Agradecimentos

Programa de Pós-Graduação em Geografia da Unesp Campus de Rio Claro. Agradecimentos ao Grupo de Pesquisa Cidades, problemas ambientais e sustentabilidade no Recôncavo Baiano. Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela bolsa de Iniciação Científica.

### Referências

- CAETANO, Carlos Alberto. **A lógica hegemônica da produção do espaço na escala da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Salvador - Bahia**. 2007. 210 f.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313 p.
- CODESAL, Defesa Civil de Salvador. **Sistema de Gestão da Defesa Civil - SGDC**. Salvador, 2017.
- CONTI, J.B. **Clima e Meio Ambiente**. São Paulo: Atual, 1998.
- DIAS, Patrícia. SCHUCH, Fernanda Simoni. SILVEIRA, Cassiane Aparecida. **A problemática das inundações em áreas urbanas sob a ótica da permeabilidade do solo**. COBRAC 2014, Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. UFSC, Florianópolis, outubro de 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 2006. 412 p
- ESA (European Space Agency). **Sentinel-2 User Handbook**, 2015, 64 p. HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275, 1945.
- ESTEVAM, A. L. D. *et al.* **Climatologia geográfica e impactos ambientais urbanos na cidade de Salvador**. Santo Antônio de Jesus: Lab Cria e Conecta, 2019
- GONÇALVES, L. F. H.; & GUERRA, A. J. T. **Movimentos de massa na cidade de Petrópolis-Rio de Janeiro**. In: GUERRA, A. J. T.; & CUNHA, S. B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - INEMA. Decreto n. 2540 de 18 de outubro de 1993. Altera a delimitação da Área de Proteção Ambiental - APA das Lagoas e Dunas do Abaeté, no Município de Salvador, estabelece zoneamento e normas de proteção ambiental e dá outras providências.
- KOBIYAMA, M. Ruralização na gestão de recursos hídricos em área urbana. **OESP Construção**, São Paulo, Ano 5, n.32, p.112-117. 2000.
- LANA, Cláudio Eduardo; ALVES, Júlia Maria de Paula; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. Rem: **Rev. Esc. Minas, Ouro Preto**, v. 54, n. 2, p. 121-126. 2001.
- Lei Nº 9.069/2016, **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador** - PDDU 2016 - Prefeitura Municipal de Salvador, Ba.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985.



MARICATO, E. **Habituação e Cidade**. 7.ed. São Paulo: Atual Editora, 2010.

MARQUES, P. H. G. Estudo da Bacia do Ribeirão João Leite (GO, Brasil): uma análise morfométrica e das ações humanas. **Dissertação** (Mestrado). Uruaí, GO: IFGoiano, 2017.

MENDONÇA, F. A. **Clima e planejamento urbano em Londrina**. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. A. (Org.). Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003.

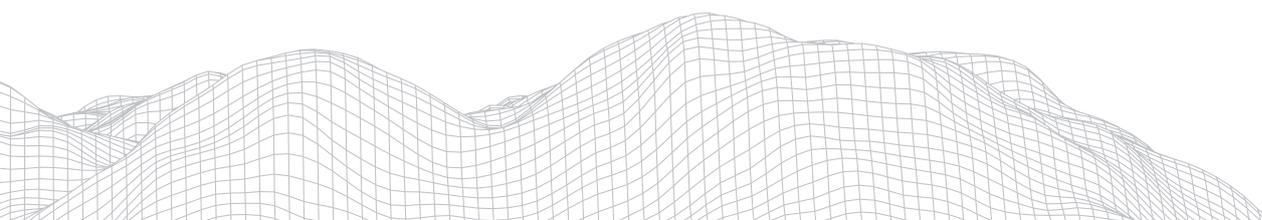
MENDONÇA, F. de A. **O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno**: Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR. 300f. 1994.

MONTEIRO, C.A. de F. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo**: problemas e perspectivas. São Paulo: IGEOG-USP, 1976.

MOURA, M.G.B. **Degradação ambiental urbana**: uma análise de bairros da zona norte de Teresina. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2006.

PALMA, J. dos S. - **Variabilidade das Chuvas em Salvador e suas Tendências Espaço-Temporais**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geografia, 2010. Salvador. Lei 7.400/2008. PDDU-Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.

ROSSI W., BRANCO, L. C., LACERDA, J. A., GOMES A. C., WAGNER, E. M. S. Fontes de Poluição e o Controle da Degradação Ambiental dos Rios Urbanos em Salvador. **Revista interdisciplinar de gestão social** jan /abr. 2012 v.1 n.1 p. 61 -74



# ESCORREGAMENTOS DEFLAGRADOS NA SERRA DO GUARARU: DESASTRE OCORRIDO NO DIA 02 DE MARÇO DE 2020, GUARUJÁ (SP)

844

*Jozzefer Vincov de Abreu*

*Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências  
da Universidade de São Paulo*

*Rua do Lago, 562, Butantã, 05508080*

*E-mail: [jvincov@usp.br](mailto:jvincov@usp.br)*

*Carlos Adolfo Silva Fernandez*

*Proteção e Defesa Civil de Guarujá*

*Rua Manoel Francisco, 219, 11432480*

*E-mail: [carlosadolfoss64@gmail.com](mailto:carlosadolfoss64@gmail.com)*

*Eduardo Soares de Macedo*

*Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo*

*Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo, 05508910*

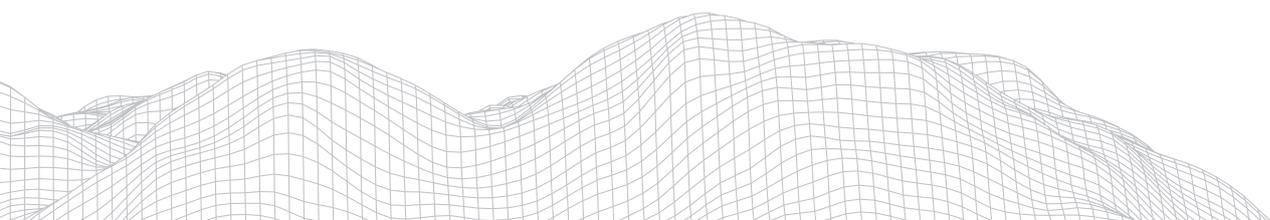
*E-mail: [esmacedo@ipt.br](mailto:esmacedo@ipt.br)*

## Resumo

O Desastre que ocorreu nos dias 02 e 03 de março de 2020, durante o Plano Preventivo de Defesa Civil 2019-2020, foi gerado por centenas de movimentos gravitacionais de massa nos morros de Guarujá - SP associados à anômala precipitação pluviométrica que incidiu sobre o município em um curto período de tempo, totalizando 282 mm em 12 horas e 458 mm em apenas 72 horas, o que contribuiu para a ocorrência de mortes e inúmeros danos materiais e prejuízos na região. Um total de 150 movimentos gravitacionais de massa foram deflagrados no município. De acordo com o Formulário de Informação de Desastre - FIDE, protocolo nº SP-F-3518701-13214-20200302, um total de 34 pessoas vieram a óbito e 37 pessoas ficaram feridas devido aos movimentos de massa. Além disso, 169 casas foram destruídas pelos movimentos de massa, 954 unidades habitacionais foram danificadas, 169 pessoas ficaram desabrigadas, 954 desalojados e um total de 100 mil pessoas foram afetadas por este evento. Somente na Serra do Guararu um total de 68 escorregamentos foram deflagrados, o que corresponde a um total de 45% de todas as ocorrências registradas. Além disso, a Defesa Civil de Guarujá registrou 1 óbito e 3 moradias completamente destruídas pelos escorregamentos.

O presente trabalho tem como objetivo discorrer sobre os movimentos de massa ocorridos em Guarujá, mais precisamente na vertente da Serra do Guararu, e destacar a influência da geomorfologia local na ocorrência destes eventos.

**Palavras-chave:** Desastre; Movimentos Gravitacionais de Massa; Plano Preventivo de Defesa Civil; Serra do Guararu.



## 1. Introdução

O termo Desastre é conceituado pela UN-ISDR (2009) como uma grave perturbação do funcionamento de uma sociedade ou comunidade local, envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas e/ou ambientais, onde estes impactos causados pelo evento excedem a capacidade da comunidade de arcar com os próprios recursos.

O Desastre que ocorreu nos dias 02 e 03 de março de 2020, durante o Plano Preventivo de Defesa Civil 2019-2020, foi gerado por centenas de movimentos gravitacionais de massa nos morros de Guarujá - SP associados à anômala precipitação pluviométrica que incidiu sobre o município em um curto período de tempo, totalizando 282 mm em 12 horas e 458 mm em apenas 72 horas, o que contribuiu para a ocorrência de mortes e inúmeros danos materiais e prejuízos na região.

De acordo com a Proteção e Defesa Civil de Guarujá, para o mês de março de 2020 eram esperados 286 mm, e neste evento, em aproximadamente 12 horas choveu aproximadamente 99% do que era esperado para todo o mês, totalizando um acumulado mensal de 465 mm, tornando-se assim, o segundo mês com maior acumulado pluviométrico mensal desde a década de 1990.

Um total de 150 movimentos gravitacionais de massa foram deflagrados no município. De acordo com o Formulário de Informação de Desastre - FIDE, protocolo nº SP-F-3518701-13214-20200302, um total de 34 pessoas vieram a óbito e 37 pessoas ficaram feridas devido aos movimentos de massa. Além disso, 169 casas foram destruídas pelos escorregamentos, 954 unidades habitacionais foram danificadas, 169 pessoas ficaram desabrigadas, 954 desalojados e um total de 100 mil pessoas foram afetadas por este evento.

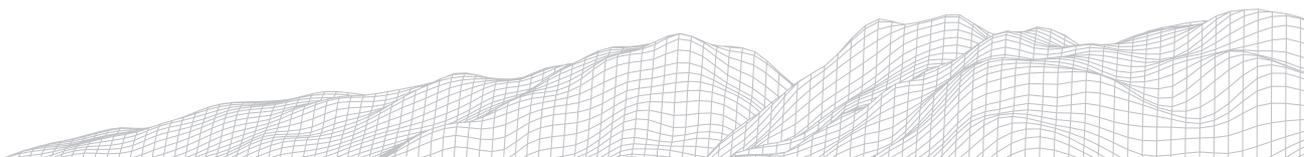
Entre 01 de dezembro a 31 março, a Defesa Civil de Guarujá opera o Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC. Este plano é considerado uma medida não estrutural específico para escorregamento nas vertentes da Serra do Mar, além disso, conta com a coordenação da Proteção e Defesa Civil do Estado de São Paulo e apoio dos órgãos técnicos Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT e Instituto Geológico - IG. Tendo em vista o problema dos assentamentos precários localizados nas encostas e a impossibilidade da eliminação do risco, em curto período de tempo, este plano nos remete a uma ação de convivência com os riscos ali presentes (Macedo et al., 2004). O PPDC é regido por meio do Decreto Estadual nº 40.151 de 16/06/1995, e posteriormente foi redefinido por meio da Resolução CMIL/CEPDEC 20-610.

Devido aos elevados danos e prejuízos socioeconômicos, o Desastre ocorrido no município levou à decretação de Estado de Calamidade Pública/ECP por meio do Decreto Municipal nº 13.529/2020 (GUARUJÁ, 2020) e homologação por meio da Portaria Federal nº 448/2020 (BRASIL, 2020). Somente na Serra do Guararu um total de 68 escorregamentos foram deflagrados, o que corresponde a um total de 45% de todas as ocorrências registradas. Além disso, a Defesa Civil de Guarujá registrou 1 óbito e 3 moradias foram completamente destruídas pelos escorregamentos.

O presente trabalho tem como objetivo discorrer sobre os movimentos de massa ocorridos em Guarujá, mais precisamente na vertente da Serra do Guararu, e destacar o papel da geomorfologia local sobre a influência destes eventos.

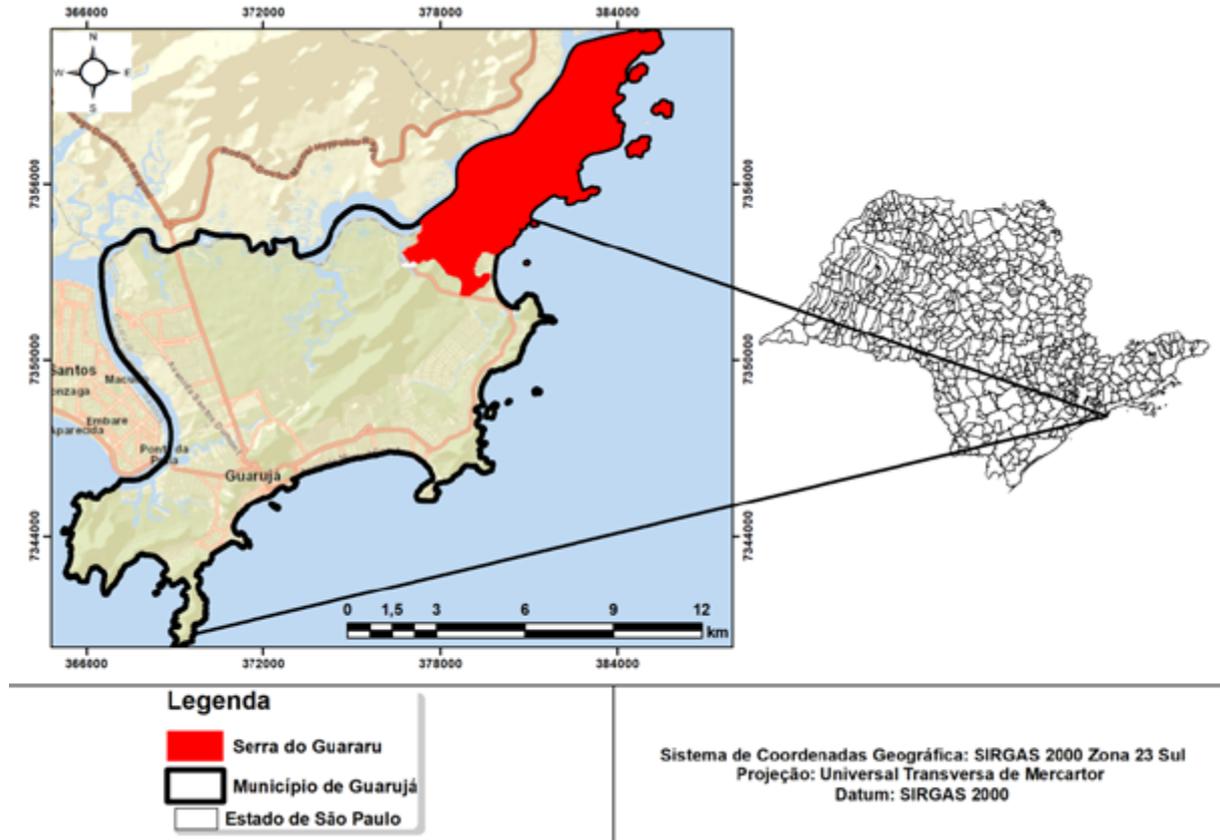
## 2. Área de estudo

A Serra do Guararu está localizada na faixa nordeste do município de Guarujá (Figura 1), região metropolitana da Baixada Santista. O município de Guarujá possui uma extensão total de 143 km<sup>2</sup> e a área de estudo representa uma



extensão de aproximadamente 25 km<sup>2</sup>. Além disso, Guarujá possui um clima Cfa, subtropical (IPT, 2016), ou seja, verões quentes e úmidos registrando os maiores índices de chuva nesta época e inverno frio e seco com baixas taxas pluviométricas.

Considerada como uma Área de Proteção Ambiental - APA, a Serra do Guararu passou a ter essa denominação por meio do Decreto Municipal nº 9.948, de 28 de junho de 2012 (GUARUJÁ, 2012).



**FIGURA 1:** Mapa de localização do município de Guarujá, SP com destaque para a região da Serra do Guararu. Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3. Características gerais da Serra do Guararu

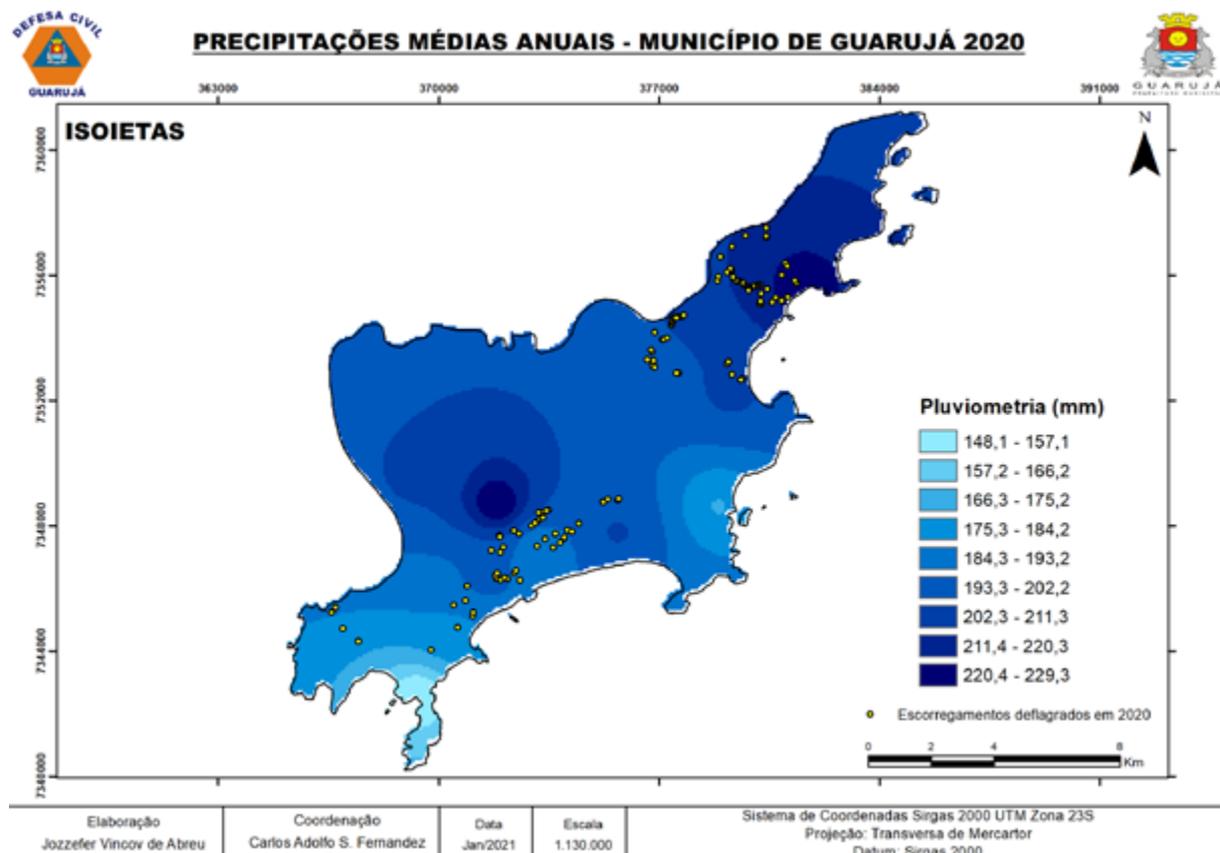
A Serra do Guararu possui a sua cobertura vegetal conservada, sendo do tipo Mata Atlântica a qual contribui diretamente na proteção das encostas daquela região. A feição geomorfológica que se destaca na região é a de maços, com rochas migmatíticas e graníticas, suas amplitudes topográficas variam de 240 a 318 metros, com declividades médias abaixo de 60% em algumas regiões e em outras superiores a 60%, e perfis variando de convexo a retilíneos.

A região sofre influência direta das chuvas do tipo convectiva e frontais, sendo as chuvas convectivas mais frequentes no verão, resultantes do movimento vertical de massa de ar mais quente. Sua escarpa está alinhada ao Oceano Atlântico, e com isso, as chuvas incidem diretamente sobre a escarpa da Serra do Guararu, intensificando assim processos de instabilidade. Ademais, na região deflagram-se chuvas do tipo frontais, mais prolongadas e de intensidade fraca ou moderada. Essas chuvas se originam de frentes estacionárias paralelas à linha de costa e a serra.

De acordo com o Plano Municipal de Redução de Riscos - PMRR (2016), executado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas no município de Guarujá (Guimarães et al., 2018), as áreas de risco contidas nesta região são: Sitio Cachoei-

rinha - GRJ - 16 e Prainha Branca - GRJ 17. Todavia, as áreas GRJ - 16 e GRJ - 17 não apresentam setores com alto risco para ocorrência de escorregamentos e, desta forma, foram classificadas pelo IPT como Setores de Monitoramento. Entretanto, ao longo da Serra do Guararu, mais precisamente na Rodovia Ariovaldo Viana Reis, concentra-se grande parte dos escorregamentos nas vertentes não ocupadas, devido à pluviosidade localizada que incidiu sobre a região.

O mapa de isoietas (Figura 2) ilustra as precipitações médias anuais no município de Guarujá, com destaque para a porção leste da região, concentrando médias mensais de aproximadamente 220 milímetros ao longo do ano. Ressalta-se que o acumulado pluviométrico anual do município em 2020, totalizou 2313 mm e, somente no período do verão, a Defesa Civil de Guarujá registrou um total de 1160 milímetros, o equivalente a 50% de toda precipitação anual.



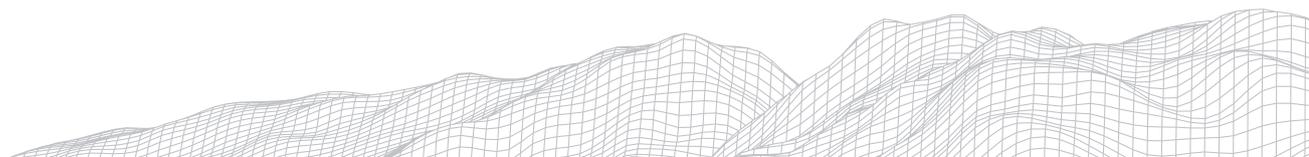
**FIGURA 2:** Mapa de isoietas das precipitações médias mensais durante o ano de 2020.

#### 4. Escorregamentos deflagrados na região

O evento pluviométrico extremo iniciou-se no dia 02 de março de 2020 registrando acumulados de 200 mm em menos de 12 horas com uma forte intensidade, ultrapassando 50 mm/h de acordo com a Defesa Civil de Guarujá. O acumulado de 72 horas registrado pela Defesa Civil municipal nessa região foi de 458 mm, sendo 282 mm em 24 horas e 176 mm nas últimas 48 horas, o que desencadeou dezenas de movimentos gravitacionais de massa nas encostas.

Somente na região da Rodovia Ariovaldo de Almeida Viana, foram deflagrados 25 escorregamentos variando entre médio e grande porte, envolvendo solo, rocha e vegetação. Ao longo da Serra, mais precisamente em condomínios particulares, registrou-se 43 movimentos de massa, totalizando assim 68 escorregamentos ao longo da vertente. Ressalta-se que as rupturas ocorreram sobre encostas naturais onde não há interferência antrópica. Diante disso, a Figura 3 apresenta um escor-

848



regamento planar de grande porte, que resultou na morte de uma pessoa e a destruição de duas moradias que estavam localizadas a aproximadamente 20 metros do sopé da encosta. A ruptura planar apresenta aproximadamente 80 metros de altura, com volume do material mobilizado estimado em 1000 metros cúbicos e o alcance deste material foi de 50 metros a partir do sopé da encosta.



**FIGURA 3:** Escorregamento de grande porte que vitimou uma pessoa em moradia localizada do outro lado da pista.

Durante o período de resposta ao Desastre, a Defesa Civil de Guarujá efetuou vistorias de campo (Figura 4) ao longo da Serra do Guararu e foi possível registrar sinais de instabilização, tais como: árvores inclinadas, trincas no solo, feições erosivas com vários blocos de rocha métricos imersos na matriz do solo (Figura 5).

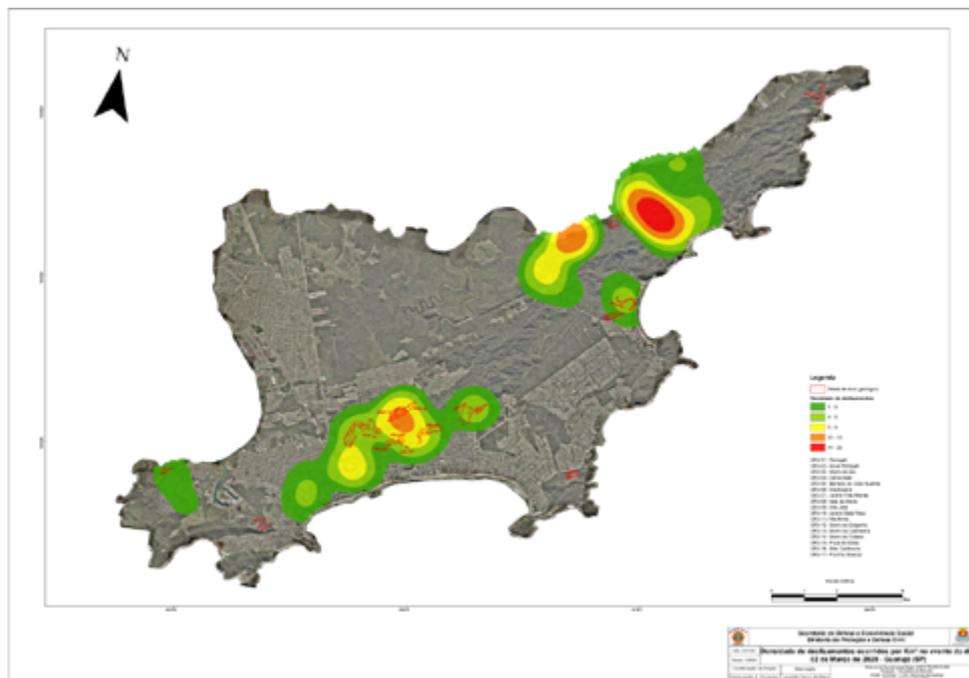


**FIGURA 4:** Escorregamento de grande porte deflagrado na região.

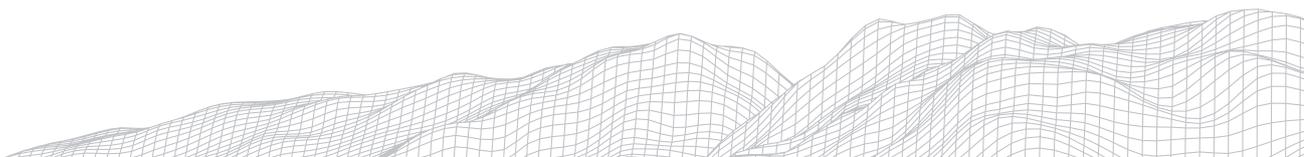


**FIGURA 5:** Escorregamento de grande porte localizado na rodovia, blocos de rocha métricos imersos na matriz do solo.

A região que concentrou o maior número de escorregamentos por quilômetro quadrado foi a Serra do Guararu (Figura 6), registrando valores entre 14 a 20 escorregamentos por quilômetro. Ademais, a de se destacar que esta região concentrou o maior volume pluviométrico registrado no município, fato que corrobora para o alto índice de ocorrências de escorregamentos.



**FIGURA 6:** Mapa de densidade de escorregamentos por km<sup>2</sup> deflagrados no município de Guarujá no Desastre ocorrido em março de 2020.



## 5. Considerações finais

As ações de Resposta da Defesa Civil municipal durante o Plano Preventivo de Defesa Civil foram fundamentais para promover interdições de moradias localizadas próximas às rupturas, elaboração de pareceres técnicos a fim de realizar a caracterização do local após o evento, e analisar estimativas de danos e prejuízos.

Levando-se em consideração o histórico da região e o seu regime pluviométrico, é possível notar uma alteração na condição de estabilidade das vertentes naturais. Em função das altas declividades, presença de estruturas desfavoráveis à estabilidade do talude e presença de blocos de rocha instáveis, por se tratar de uma APA, se faz necessário um planejamento local com monitoramento constante da região e promover ações com a população local a fim de criar uma cultura de prevenção a Desastres. Como ação prática, a Defesa Civil de Guarujá em parceria com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e apoio do instituto SOS Mata Atlântica, está desenvolvendo um projeto experimental de criação do Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil – NUPDEC na região da Serra do Guararu. Além disso, de acordo com a Defesa Civil de Guarujá, índices pluviométricos acima de 80 mm em 24 horas são passíveis de gerar ocorrências de escorregamentos nesta região.

Ressalta-se que, apesar de se ter o registro de ocupação esparsa ao longo da vertente da Serra, não foram registrados movimentos de massa recentes nestes locais, porém é notável um aumento na suscetibilidade a escorregamentos na região da Serra do Guararu em virtude do Desastre ocorrido em março de 2020.

## Agradecimentos

Agradecimento ao apoio fundamental do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento Ambiental (SIRGA) e a Defesa Civil de Guarujá pelos dados disponibilizados.

## Referências

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional/Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Portaria nº448, de 04 de março de 2020. **“Reconhecer, por procedimento sumário o Estado de Calamidade Pública no Município de Guarujá/SP, COBRADE – 1.3.2.1.4, Chuvas intensas, conforme Decreto Municipal nº13.529, de 03 de março de 2020”**, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04 de março de 2020. Edição 44, Seção 1, p.10.

GUARUJÁ. Decreto Municipal nº9.948, de 28 de junho de 2012. **“Cria a Área de Proteção Ambiental Municipal da Serra do Guararu e dá outras providências”**, Prefeitura Municipal de Guarujá, Guarujá, SP, 28 de junho de 2012.

GUARUJÁ. Decreto Municipal nº13.529, de 03 de março de 2020. **“Declara Estado de Calamidade Pública nas áreas do Município de Guarujá afetados pela situação anormal, caracterizada pelo volume imprevisível de chuvas intensas e seus efeitos no território do Município do Guarujá ocorridas nas datas de 02 e 03 de Março de 2020 – COBRADE 1.3.2.1.4/ chuvas - e dá outras providências”**, Diário Oficial de Guarujá, Guarujá, SP, 03 março de 2020. Edição 4.386, p.3.

GUIMARÃES, M. P. P.; MACEDO, E. S.; MIRANDOLA, F. A.; CORSI, A.C. Intervenções estruturais adaptadas a assentamentos precários urbanos. Caso PMRR do Guarujá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 16., 2018, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 2018. p. 1-5.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT, 2016. **Atualização do Plano Municipal de Redução de Risco de Deslizamento para o Município do Guarujá, São Paulo**, Relatório Técnico nº 148222 – 205, 2016.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION – UN-ISDR, 2009. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. 2009.

MACEDO, E. S.; SANTORO, J.; ARAÚJO, R. S. Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) para deslizamentos, Estado de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 908-919.



# ESTUDOS SOBRE O CLIMA URBANO E MOVIMENTOS DE MASSA NO SÍTIO URBANO DE SALVADOR (BA)

852

*Felipe Eduardo Mata Teixeira de Jesus*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V  
Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:

44.570-000

E-mail: felipeuni14@hotmail.com

*Barbara Carlos Ferreira*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V  
Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:

44.570-000

E-mail: barbaracarlosferreira28@gmail.com

*Laila dos Santos Oliveira*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V  
Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:

44.570-000

E-mail: lailaoliveira003@gmail.com

*André Luiz Dantas Estevam*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V  
Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:

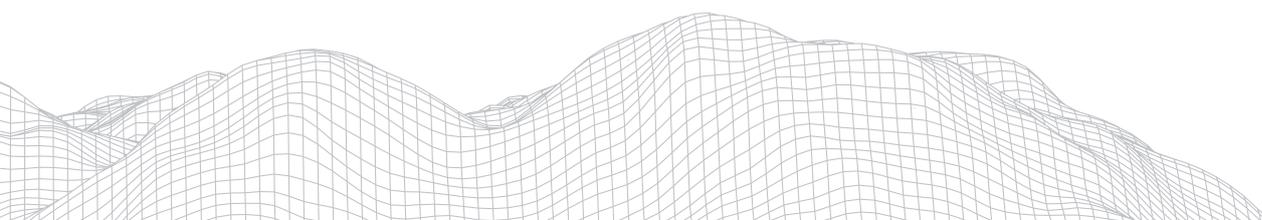
44.570-000

E-mail: alestevam@uneb.br

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar os fatores atuantes para ocorrência dos movimentos de massa na cidade de Salvador. Utilizou-se a abordagem metodológica do Sistema Clima Urbano, segundo as concepções de Monteiro (1976). Os procedimentos metodológicos consistem na análise da literatura, associada aos trabalhos de campo e a produção do mapa de usos dos solos e declividades. Os mapas foram gerados através do aplicativo Arcview 9.1. A partir da aplicação desta metodologia identificou-se os seguintes fatores condicionantes dos movimentos de massa sobre as encostas de Salvador: i. Ausência de planejamento urbano nas ocupações de áreas de fragilidade ambiental; iii. Declividades acentuadas iv. Desmatamento nas encostas. v. Episódios pluviométricos concentrados.

**Palavras-chave:** Clima Urbano; Encostas Usos dos Solos; Episódios Pluviométricos



## 1. Introdução

Salvador sofre historicamente com a problemática dos movimentos de massa. Estes por sua vez, causam tragédias como a perda de várias vidas, assim como prejuízos financeiros. A maioria dessas ocorrências se dá em áreas de encostas, sobretudo àquelas densamente povoadas. Vale salientar que maior parte das comunidades de baixa renda residem nas áreas de risco à essas ocorrências. Isso ocorre devido à ausência de planejamento no início da ocupação dos bairros no miolo urbano da cidade.

Durante os meses de maior concentração das precipitações na capital baiana, que vai de abril até julho, os fenômenos de movimentos de massa se acentuam. Por conta da saturação das massas de solos e das edificações implementadas sem devido acompanhamento técnico. Segundo IBGE (2018) no Brasil, 84% da população vive no espaço urbano cuja complexidade está relacionada às desigualdades sociais e de apropriação do espaço no sítio urbano. Neste contexto, é necessário ampliar os estudos direcionados aos impactos ambientais urbanos. Problemas complexos como alagamentos, enchentes urbanas e deslizamentos de encostas correspondem aos principais efeitos catastróficos resultantes das interferências antropogênicas no quadro natural da paisagem urbana.

Segundo CEMADEN (2018) 872 municípios que são monitorados pelo órgão 8.270.127 de pessoas vivem em área de risco no País. No Nordeste, cerca de 3 milhões de pessoas vivem em áreas de risco.

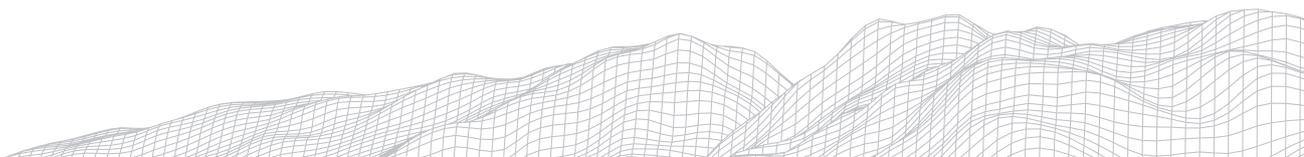
Na cidade de Salvador, 45,5% da população total vive em áreas de risco de movimentos de massa, enchentes e inundações, sendo a cidade brasileira que possui a maior parte da sua população vivendo em área de risco, seguida pelas capitais São Paulo (674.329 / 6% da população total), Rio de Janeiro (444.893 / 7% da população total), Belo Horizonte (389.218 / 16,4% da população total) e Recife (206.761 / 13,4% da população total), fechando as cinco primeiras colocações.

Esta investigação tem como objetivo analisar os fatores que desencadeiam os movimentos de massa na cidade de Salvador utilizando-se do paradigma metodológico do Clima Urbano (Monteiro, 1976). Neste contexto, as pesquisas sobre os movimentos de massa nas encostas soteropolitanas, constituem-se de suma importância para o diagnóstico e controle desses fenômenos geográficos que interferem tanto no cotidiano das pessoas afetando drasticamente as comunidades mais frágeis economicamente.

Pesquisas sobre essa temática podem subsidiar planos de ação da Defesa Civil no processo de prevenção e controle das possíveis causas desses fenômenos. Para tanto é importante analisar as causas desses eventos associando o Clima Urbano ao processo de ocupação do território e as características ambientais que conferem fragilidade ambiental às encostas.

## 2. Análise da literatura

De acordo com o IBGE (2010) a cidade de Salvador detinha cerca de 50% da sua população total morando em áreas de risco. Sendo assim a cidade, constitui-se num sítio extremamente vulnerável aos impactos causados pelas precipitações torrenciais e pelo desordenamento da ocupação no espaço urbano. Salvador é uma cidade que está propensa a passar por períodos de altos índices pluviométricos no período que começa em março e se estende até o fim de junho e começo de julho. Neste período representado pela quadra chuvosa na cidade os movimentos de massa ocorrem com maior frequência e efeito destrutivo.



A expansão urbana acelerada e desorganizada, sem o monitoramento e disciplinamento do poder público local promoveu na maior parte dos bairros a proliferação de encostas com elevado risco aos movimentos de massa. Neste cenário há maior propensão da ocorrência das tragédias urbanas associadas à movimentos coletivos de partículas de solos nas encostas induzidas pelos elevados índices de precipitação em curto intervalo de tempo. Como pode ser observado em Gonçalves:

*Portanto, um evento externo torna-se um risco quando supera a capacidade material de determinada organização social para absorver, amortizar ou evitar efeitos negativos. Tal situação pode ser desencadeada não só pelo evento extremo, mas, também, pelo evento normal, e é este fato que determina o grau de vulnerabilidade da sociedade em questão. (GONÇALVES, 2003, p.75)*

Segundo Estevam e Santos (2018), os desastres naturais não estão apenas relacionados a fatores físicos como clima, relevo, drenagem, mas também há uma forte relação com a situação socioeconômica da população em questão. Sobre Salvador, Estevam escreve:

*A urbanização rápida e mal planejada iniciada no decorrer da década de 1970 na cidade de Salvador (área objeto de estudos nesta obra) gerou ocupação em áreas de risco, pavimentação, verticalização exacerbada, redução drástica das áreas verdes, pavimentação dos rios urbanos. As consequências dessas ações geraram alterações significativas sobre a atmosfera da cidade, o que desencadeou repostas ambientais altamente danosas ao conforto térmico e salubridade dos cidadãos (ESTEVAM, 2018, p.35).*

### 1.1 Paradigma do clima urbano

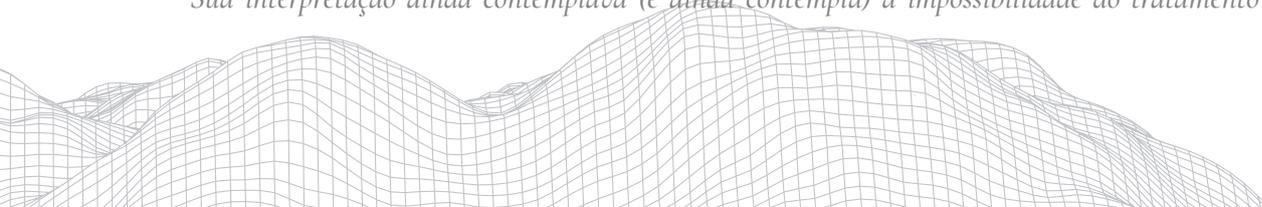
Quando se fala de clima e tempo, muitas pessoas tendem a confundir esses conceitos. Clima é o estado duradouro das condições meteorológicas de um determinado lugar, sendo influenciado por fatores e elementos. O clima foi definido por Ayode como “clima, portanto, refere-se as características da atmosfera, inferidas de observações contínuas durante um longo período” (Ayode citado por Nascimento, 2018). Hann definiu o clima como um conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera sobre um dado lugar da superfície terrestre (Hann citado por Nascimento, 2018). Já o tempo é o estado momentâneo das condições atmosféricas e meteorológicas de uma determinada localidade, sujeito a variações em um menor espaço de tempo (cronológico). Nascimento reforça a definição de tempo como:

*[...] o tempo é compreendido pela junção das condições atmosféricas de um dado lugar num curto período de tempo, somado pela combinação dos elementos do clima, como as temperaturas, pressão atmosférica, umidade, ventos, massas de ar, precipitações, que atuam diretamente na atmosfera (NASCIMENTO, 2018, p.51)*

O estudo do Clima Urbano remete a uma trajetória que teve início em meados do século XVII, com a obra de John Evelyn, que estudava o clima urbano de Londres à época (Nascimento Júnior, 2018). A geografia climática considera o clima urbano como um produto fruto da alteração da paisagem natural e sua substituição por um ambiente construído (Monteiro citado por Nascimento Júnior, 2018).

Já o conceito do Sistema Clima Urbano foi idealizado por Monteiro na década de setenta. O Clima Urbano pensado por Monteiro, é fruto das relações entre os elementos meteorológicos do clima na sua escala local em choque com as alterações que sofre com relação as mudanças promovidas pelo espaço urbano (Estevam, 2018). Ainda sobre a concepção monteiriana acerca do clima urbano, Nascimento Júnior agrega:

*Sua interpretação ainda contemplava (e ainda contempla) a impossibilidade do tratamento do estudo a*



*partir da separação dos elementos naturais e antrópicos, na medida em que, a perspectiva de integração pressupunha que toda cidade possui um clima próprio, que é resultado da influência de todos os elementos (naturais, ambientais e urbanos) processados sobre a camada limite urbana (AMORIM, BARBOSA, MONTEIRO citados por NASCIMENTO JÚNIOR, 2018, p.5)*

O aumento de prédios que dificultam a passagem das massas de ar no espaço urbano, o asfalto fruto do processo de urbanização, junto com a retirada da flora nativa e a impermeabilização do solo, com a geração de ilhas de calor, principalmente em cidades que possuem um certo grau de urbanização, junto com o aterramento de rios, são alguns fatores que contribuem para o surgimento do Sistema Clima Urbano. É preciso estudar o clima através desta dinâmica entre a atmosfera e a as especificidades da superfície terrestre (Estevam, 2018). Os processos que levam ao surgimento do clima urbano foram sintetizados por Lambertes desta forma:

*No transcorrer do processo de urbanização, a poluição atmosférica propicia a formação de núcleos de condensação no ar provocando aumento das precipitações. A edificação e pavimentação acentuada elevam significativamente o calor latente sobre estas superfícies, ao passo que criaram também superfícies rugosas que influenciam na trajetória dos ventos e para o transporte de calor e vapor d'água. A impermeabilização do solo desencadeia enchentes e alagamentos. Estas condições propiciam a formação de um clima local denominado o clima urbano (LAMBERTES citado por ESTEVA, 2018, p.39).*

Já as áreas de risco foram definidas pelo Ministério das Cidades como “áreas suscetíveis a ocorrência de fenômenos ou processos naturais ou induzidos que causem acidente” (Ministério das Cidades citado por IBGE, 2018). Pessoas que vivem nessas áreas estão em sujeitas a danos a sua integridade física, assim como danos materiais (IBGE, 2018).

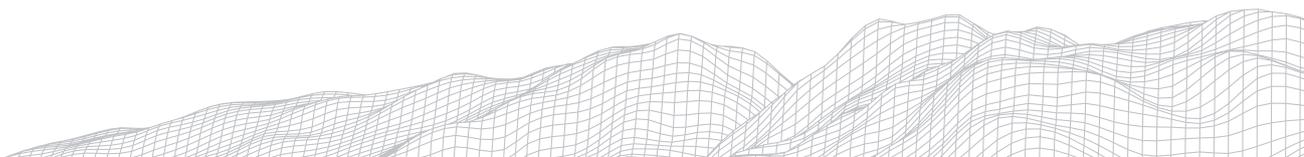
## *2.2 Movimentos de massa: concepções e aplicações*

Os movimentos de massa foram definidos por Guerra e Marçal como “o transporte coletivo de material rochoso e/ou de solo, onde a da gravidade tem papel preponderante, podendo ser potencializado, ou não, pela ação da água” (GUERRA; MARÇAL, 2009, p.75). Já Goudie caracterizou os movimentos de massa como:

*[...] processos que envolvem a transferência de materiais das encostas para partes mais baixas de terreno, sob a influência da gravidade, se, necessariamente, a participação de água, vento ou gelo, podendo ser classificados, segundo referido autor, de acordo com a velocidade e a natureza do movimento, como queda, deslizamento, fluxo ou rastejamento. (GOUDIE citado por GUERRA; MARÇAL, 2009, p.75)*

Um dos objetivos das pesquisas sobre movimentos de massa, é o de antecipar sua ocorrência (Guerra, 2016). Outro objetivo das pesquisas sobre movimentos de massa é a catalogação dos mais variados contextos geomorfológicos em que há predileção para o acontecimento deles. Parece redundante, mas em tempos que se faz necessário ser redundante, é importante dizê-lo: a presença de experts em movimentos de massa nos estudos sobre casos e possíveis casos é imprescindível na mitigação das suas consequências (Guerra, 2016). Petley apontou estes como os principais objetivos nos levantamentos dos movimentos de massa:

1. Compreender o desenvolvimento das encostas naturais e os processos que têm contribuído na formação de novas feições;
2. Tornar possível a estabilidade das encostas, sob diferentes condições;
3. Determinar o risco da ocorrência de deslizamentos, ou outras formas de movimento de massa, incluindo encostas naturais e artificiais;



4. Facilitar a recuperação das encostas, as quais têm sofrido movimentos de massa, assim como planejar o uso com medidas preventivas, de tal forma que os processos geomorfológicos não ocorram;
5. Analisar os vários tipos movimentos de massa que ocorrem em uma encosta e, ao mesmo tempo, avaliar as causas e consequências desse processo;
6. Saber como lidar com os fatores externos na estabilidade das encostas, tais como terremotos, os quais também têm um papel importante em detonar os movimentos de massa. (PETLEY citado por GUERRA, 2016, P. 70)

São várias as causas dos movimentos de massa, e é importante saber identificá-las para que haja uma melhor resposta ao contexto que está sendo analisado. Também se faz necessário identificar os tipos de deslizamento de massa, existindo vários, mas os mais importantes são quedas, deslizamentos e fluxos ou corridos (Guerra, 2016).

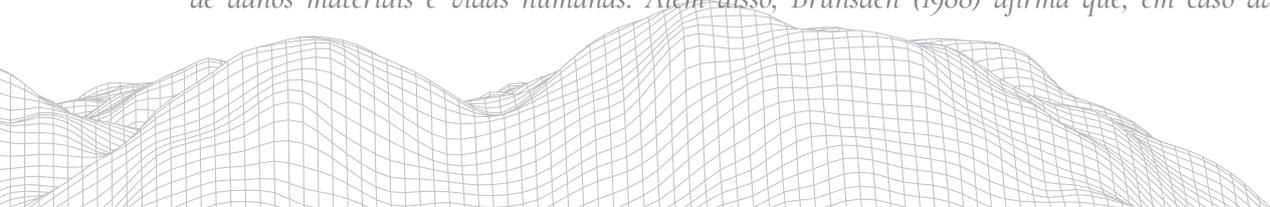
*As causas dos movimentos são também importantes, e entre elas podemos mencionar o desmatamento, condições hidrológicas adversas e cortes feitos nas encostas, para qualquer tipo de construção. Existem vários tipos de movimentos de massa, mas os mais importantes são quedas, deslizamentos e corridos ou fluxos. (GUERRA, 2016, p. 71).*

Os deslizamentos se colocam como o tipo mais comum entre os movimentos de massa (Guerra, 2016); de acordo com Clague e Robert, os deslizamentos são responsáveis por prejuízos de milhões de dólares e pela morte de milhares de pessoas em várias partes do planeta (Clague e Robert citados por Guerra, 2016). Segundo Guerra (2016), com base nos dados do Centre of Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), entre os anos de 2001 e 2010, os deslizamentos foram responsáveis pela morte de mais de 10.000 pessoas, além de deixar 2,5 milhões sem casa (CRED citado por GUERRA, 2016). Segundo Korup (2012), podemos conceituar deslizamentos como:

*[...]deslizamentos são movimentos de solo e/ou rocha, encosta abaixo, sob influência da gravidade e também, na maioria dos casos, pela água. A maioria deles é provocada por terremotos, chuvas, derretimento de neve e cortes nas encostas, estando entre os maiores produtores de sedimentos entre os maiores agentes de denudação. (KORUP citado por GUERRA, 2016, p. 73-74)*

No caso de Salvador, os deslizamentos estão associados a ações antrópicas que potencializam os danos causados pelos movimentos de massa. Tendo quase 50% da sua população vivendo em áreas de risco de movimentos de massa, enchentes e inundações. Salvador é uma cidade que possui um grande problema quando se trata de pessoas que residem em beiras/bases de encosta, sendo muitas moradias construídas com ou sem nem um apoio técnico, um dos motivos que potencializa os danos causados quanto essas encostas vem a baixo, o que costuma acontecer em períodos com altos índices pluviométricos. Se faz necessário a presença do poder público, seja na forma da Prefeitura seja para evitar tais acontecimentos, como para mitigar suas consequências. É de extrema importância a presença dos governantes nesses contextos, sendo auxiliados por especialistas das mais diferentes áreas na solução dessa questão que traz tantos prejuízos à cidade de Salvador, tanto monetário, que ficam em segundo plano em relação as vidas que são perdidas em desastres de movimentos de massa.

*De acordo com Brunsden (1988), os governos locais deveriam obter informações detalhadas pelos técnicos e cientistas (geógrafos, geomorfólogos, engenheiros civis, arquitetos, planejadores, ecólogos, geólogos e pedólogos), com o objetivo de evitar a ocorrência de movimentos de massa, e consequentemente, a perda de danos materiais e vidas humanas. Além disso, Brunsden (1988) afirma que, em caso da ocorrência*



*de movimentos de massa, as autoridades locais deveriam ser responsabilizadas por terem autorizado a construção de ruas, prédios, lojas, etc., o que sabemos que raramente isso no Brasil. Esta é uma das razões da realização de levantamentos ambientais, incluindo pesquisas sobre as encostas, antes de sua ocupação, de tal forma que os riscos de movimentos de massa possam ser avaliados. Com o objetivo de acessar os perigos e riscos, é também importante avaliar os totais de chuva, que podem resultar em deslizamentos. Sendo assim, Kanungo e Sharmas (2014) chamam atenção que um limar pode definir o volume de chuva, a umidade do solo, e as condições hidrológicas, que quando alcançadas podem ser os gatilhos para que movimentos de massa ocorram. Essa combinação de variáveis ambientais e humanas têm que ser levados em consideração, na predição de movimentos de massa, e dessa forma tentar evitá-los. (GUERRA, 2016, pp. 77-78).*

Os movimentos de massa ganham caráter catastrófico quando, por exemplo, ocorrem em localidades como pode ser observado na Figura. Bairros com populações vivendo em condições precárias, em construções que foram erguidas sem o acompanhamento técnico em encostas com declividades superiores à 35%. Essas condições criam o cenário ideal para ocorrência dos movimentos de massa.

Dentre os processos de movimentos de massa, os mais frequentes na cidade de Salvador são os escorregamentos. É importante ressaltar que o termo escorregamento tem diversos sinônimos de uso mais generalizado na linguagem popular como deslizamento e desbarrancamento, dentre outros.

Os escorregamentos também chamados de deslizamentos, de acordo com Guidicini e Nieble (1984); Fernandes e Amaral (1996), são movimentos rápidos (m/h a m/s), de curta duração, com plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre o material transportado e o não-transportado. Em virtude da massa transportada e da geometria do plano de ruptura, os escorregamentos classificam-se em translacionais e em rotacionais.

Os movimentos translacionais ocorrem geralmente em solo pouco desenvolvido, em encostas com elevadas declividades, associados a períodos de pluviosidade intensa ou de longa duração que saturam as camadas de solo, deflagrando a desagregação e o transporte do mesmo. Estes tipos de movimentos são compridos e rasos, o plano de ruptura encontra-se, geralmente, em profundidades rasas que variam entre 0,5 m e 5,0 m. As rupturas tendem a ocorrer rapidamente devido ao aumento da poro-pressão positiva durante os eventos pluviométricos.

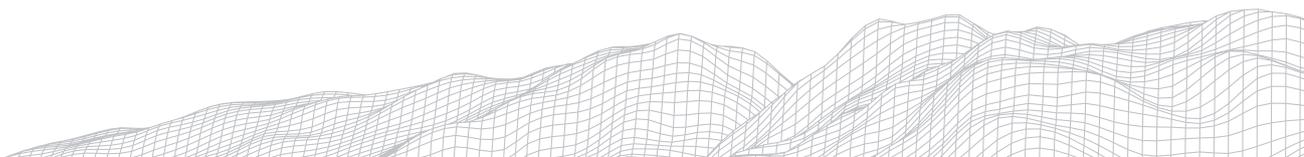
Os movimentos rotacionais apresentam uma superfície de ruptura côncava, ao longo da qual ocorre um movimento rotacional do manto de alteração. Basicamente, estão associados a pacotes de solos espessos e homogêneos, de rochas argilosas ou cristalinas intensamente fraturadas. Estão frequentemente vinculados a cortes na base das vertentes, sejam artificiais (implementação de estradas) ou naturais (erosão fluvial).

### **3. Localização e caracterização da área de estudo**

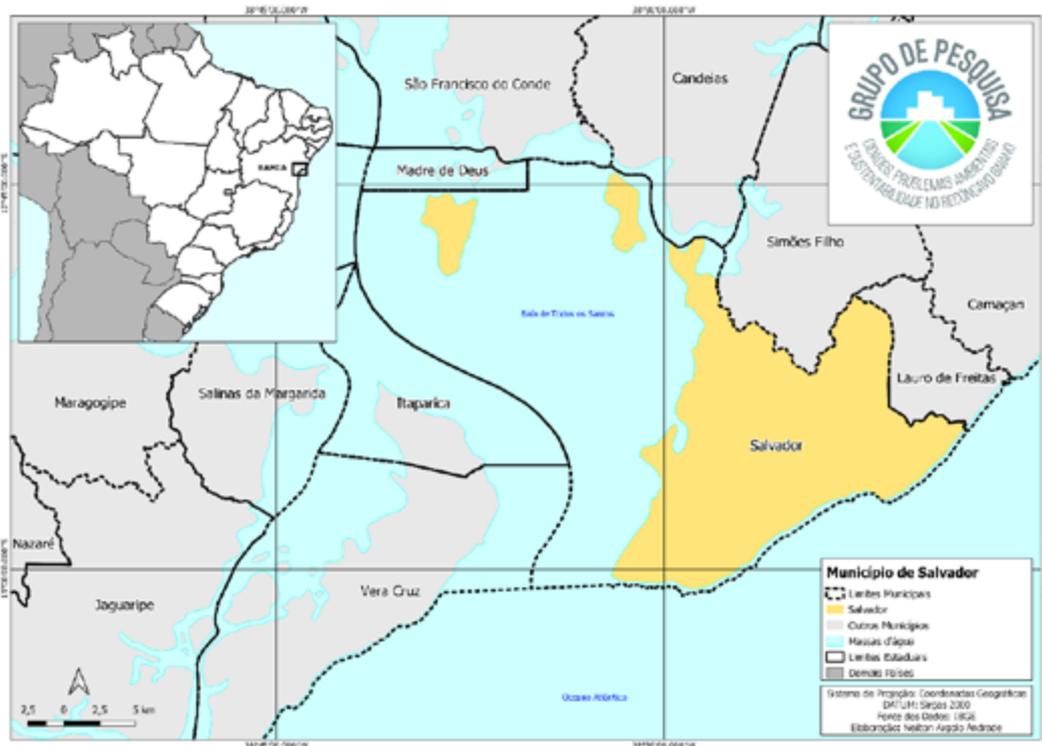
A cidade de Salvador está situada no litoral ao norte do Estado da Bahia, na porção oriental do da Baía de Todos os Santos, localizada na região do Recôncavo Baiano nas coordenadas Latitude 12°58'16" e Longitude 38°30'39" Oeste, com um território de 700 km<sup>2</sup> (Oliveira e Estevam, 2019). Conforme pode ser observado no mapa de localização na Figura 1.

#### *3.1 Características geoambientais*

A região Metropolitana de Salvador foi subdividida por Barbosa e Dominguez (1996); e Barbosa et al., (2005) em três domínios geológicos principais: i) a Bacia Sedimentar do Recôncavo, formada por rochas sedimentares Mesozóicas do tipo conglomerados, representados pela Formação Salvador e, arenitos e folhelhos,



representados pela Formação Pojuca do Grupo Ilhas; ii) O Alto de Salvador, Planalto ou Maciço de Salvador, representado por rochas metamorfizadas, graníticas e basálticas do embasamento cristalino arqueanopaleoproterozóico; e iii) a Planície Litorânea ou Margem Costeira Atlântica, formada por depósitos sedimentares Terciários da Formação Barreiras e depósitos inconsolidados do Quaternário.



**FIGURA 1:** Mapa de localização da cidade de Salvador.

Fonte: Grupo de Pesquisa Cidades Problemas Ambientais e Sustentabilidade (CIPAS), 2019.

Segundo Oliveira e Estevam (2019), os aspectos geográficos responsáveis na interferência da dinâmica climática da cidade de Salvador, são: a baixa latitude, que é responsável pelas altas e uniformes temperaturas ao longo de todo ano; a elevada umidade em decorrência da maritimidade; e outro aspecto que eles citam como importante é a amplitude térmica diária, derivada do sistema de brisas atuante na cidade. A cidade de Salvador caracteriza-se pelo clima Tropical Chuvoso de Floresta com elevada e uniforme precipitação ao longo do ano, forte influência marítima e com chuvas concentradas podendo alcançar um índice de 2.126,1 mm anuais, tendo como destaque a concentração pluviométrica nos meses de abril a julho.

O relevo de Salvador é fortemente influenciado pela escarpa de falha que é responsável pela separação do planalto de planície da Baía de Todos os Santos, além de uma área planáltica composta rochas cristalinas e vales de drenagem profundos (Oliveira e Estevam, 2019).

Em relação ao uso e ocupação do solo, Salvador é mais uma das tantas cidades brasileiras que cresceram em ritmo acelerado a partir da década de 50 do século XX, mas um crescimento de forma desorganizada, sem a presença do poder público e órgãos competentes no processo de construção de moradias, principalmente nos bairros mais pobres.

Salvador possui todas as características de uma cidade que passou por um pleno processo de urbanização: cidade altamente asfaltada, causando a impermeabilização do solo; o tamponamento dos rios, assim como sua poluição

por conta do despejo irregular de esgoto, assim como o lixo despejado pela população nos córregos e bueiros; os prédios altos se apresentam como um tipo de barreira para as massas de ar que circulam na cidade, o que faz com que algumas áreas da cidade sejam mais quentes que outras. Todas essas questões são problemas presentes nas principais metrópoles brasileiras, que cresceram em um ritmo acelerado e com um planejamento voltado apenas para algumas áreas da cidade, como as mais ricas.

#### **4. Metodologia**

A pesquisa teve como base revisão de literatura com enfoque voltado a compreensão do método Sistema Clima Urbano conforme as concepções de Monteiro (1976). Buscou-se correlacionar os episódios pluviométricos ao processo, às suas características geomorfológicas e os impactos do processo de urbanização sem o devido planejamento. Neste contexto, ponderou-se sobre os principais condicionantes dos movimentos de massa e suas implicações.

Os episódios pluviométricos foram analisados a partir da montagem de banco de dados sobre as precipitações foram acessados no site do Instituto Nacional de Meteorologia para análise das precipitações mensais do ano de 1998 a 2018. Também, foram analisados os dados das precipitações identificados nos pluviômetros distribuídos nas áreas de risco de deslizamentos pela Defesa Civil de Salvador.

Foram analisadas imagens de satélite e fotografias aéreas na escala de 1:2000 cedidas pela CONDER. A partir da utilização desses documentos cartográficos foi gerado o mapa de declividades, usos dos solos e de vulnerabilidade ambiental. Esses documentos foram gerados a partir da utilização do aplicativo Arcview 9.1.

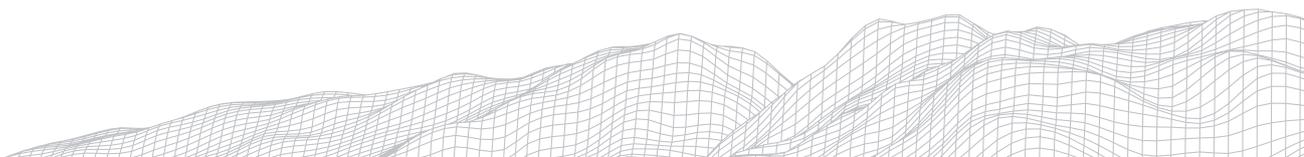
Foram analisadas fotografias e informações técnicas da Defesa Civil, do Instituto Nacional de Meteorologia e reportagens da mídia. Essa sequência de informações conferiram o suporte informacional necessário ao estudo dos principais movimentos de massa que ocorreram na metrópole e suas consequências.

#### **5. Resultados e discussões**

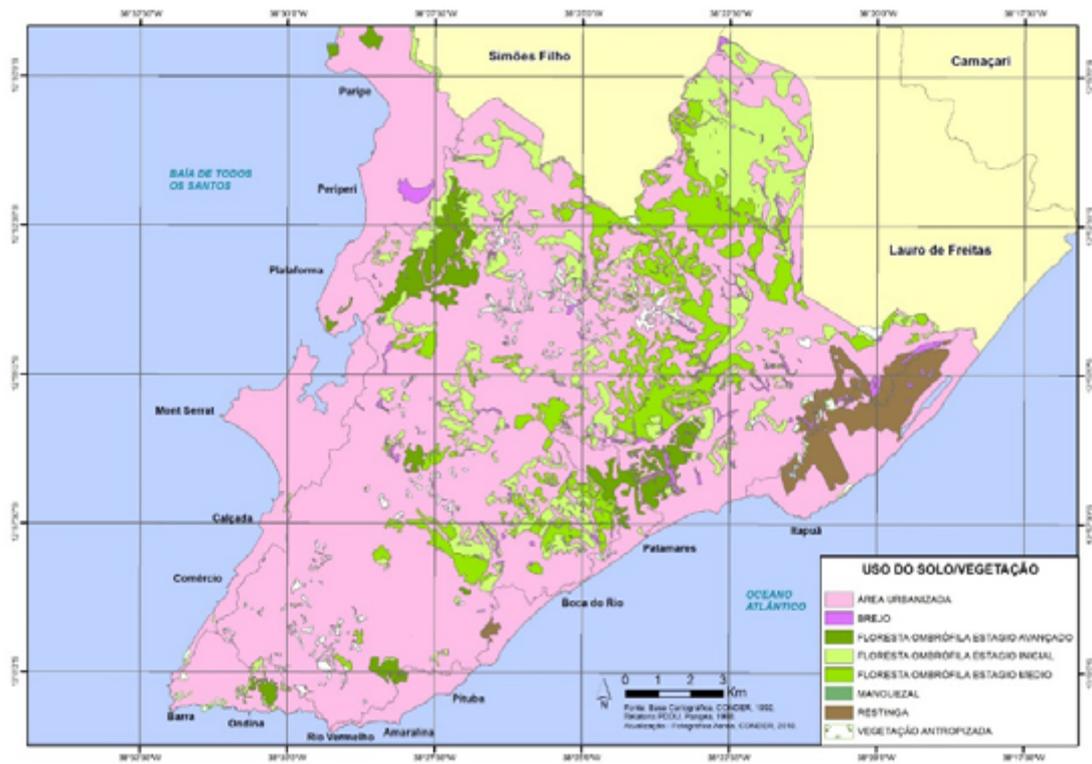
A partir da análise dos documentos gerados pela pesquisa associadas à interpretação das imagens de satélite e de fotografias fornecidas pela mídia. Foram detectados alguns fatores dignos de nota que acentuam o risco de movimentos de massa na cidade de Salvador. No decorrer da pesquisa foram identificados os seguintes. i. ocupação de áreas de risco; ii. Eventos pluviométricos concentrados; iii. Classes de declividade acentuadas;

##### *5.1 Usos dos solos nas áreas de risco*

A cidade de Salvador em seu processo de formação até atualidade não apresentou nenhum modelo de planejamento e ocupação do seu território. Por conseguinte, devido ao forte processo de urbanização, crescimento populacional e expansão do número de moradias no sítio urbano e região metropolitana. A cidade sobretudo em sua população mais vulnerável economicamente foram ocupando através da construção de moradias sem nenhum critério técnico as áreas de risco de Salvador. O processo de ocupação rápida, indiscriminada e sem acompanhamento do poder público municipal das encostas, vales fluviais e zonas de topo dos relevos produziram as condições necessárias à multiplicação dos episódios de deslizamentos nas encostas. Resultam historicamente em inúmeras perdas de vidas e matérias ao longo de décadas na cidade.



A ocupação e uso dos solos é um grande condicionante para ocorrência desses eventos de ordem geomorfológica. Como pode ser observado no mapa contido na Figura 2. Observa-se a expansão da Área Urbanizada em relação às áreas ocupadas pela vegetação.



**FIGURA 2:** Mapa de uso do solo e vegetação da cidade de Salvador.

Fonte: Base cartográfica, CONDER (1992) e Relatório PDDU, 1998. Atualização via fotografias aéreas, 2010.

A ocupação do solo de Salvador em relação às áreas de encostas é fruto do processo de uma urbanização acelerada e sem organização, responsável por promover várias desigualdades, como as que levam as pessoas a morarem em beiras ou bases de encostas, em casas que na maioria das vezes foram construídas sem a devida supervisão. Ao construir casas em áreas de encostas, principalmente as de maior declividade, áreas de risco, sem nem um auxílio de especialistas, como engenheiros, também sem o auxílio de órgãos públicos como a Defesa Civil de Salvador. Essa realidade se faz presente nos bairros com uma população de baixa renda.

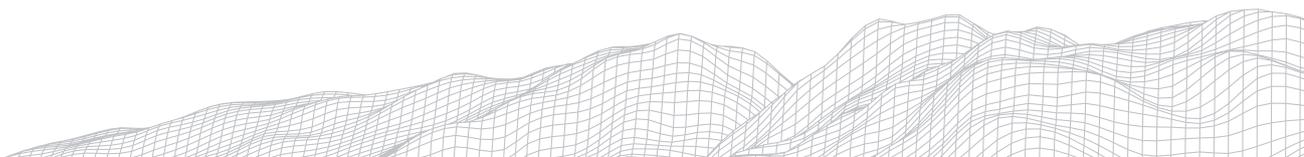


**FIGURA 3:** Fotografia de movimento de massa em encosta no Largo do Retiro, Salvador.  
Fonte: Correio 24 horas. 04.10.2019.

A ausência do saneamento básico torna precária a qualidade de vida das pessoas e aumenta o risco de deslizamentos. Como pode ser observado na Figura 3. A fotografia mostra deslizamento da massa de solos no bairro Retiro. Foram totalmente destruídas cinco residências sem perdas de vidas. Porém, há de se destacar que para além da caracterização de risco da encosta observa-se problemas de vazamentos de adutoras da EMBASA (Empresa Baiana de Saneamento e Abastecimento de Água). Neste caso, o vazamento de água das tubulações caracteriza o ponto de gatilho para o movimento de massa em particular.

Ao longo da fotografia observa-se através da seta em vermelho a existência de muro de contenção na encosta construído pela Prefeitura Municipal. Porém, devido ao peso da massa de solo saturada pela água das precipitações e das águas do vazamento da adutora produziram o peso de massa suficiente para a ruptura do paredão de concreto que protegia a encosta contra os deslizamentos de terra.

No evento pluviométrico ocorrido no dia 28.04.2015 as chuvas iniciaram às 18horas. Segundo dados da prefeitura, foram 243 milímetros entre 3 horas e 10 horas do dia anterior - a mesma a quantidade de todo mês de abril de 2014. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia, a chuva, provocada por uma frente fria que estacionou na cidade de Salvador. Este episódio pluviométrico foi o ponto de gatilho para evento de movimento de massa nesta área de risco, coo pode ser observado na fotografia da Figura 4.





**FIGURA 4:** Fotografia de movimento de massa na avenida San Martim. Este processo produziu a perda de vida de 11 pessoas. Período de outono em 28.04.2025.  
Fonte: Correio 24 horas. 28.04.2015.

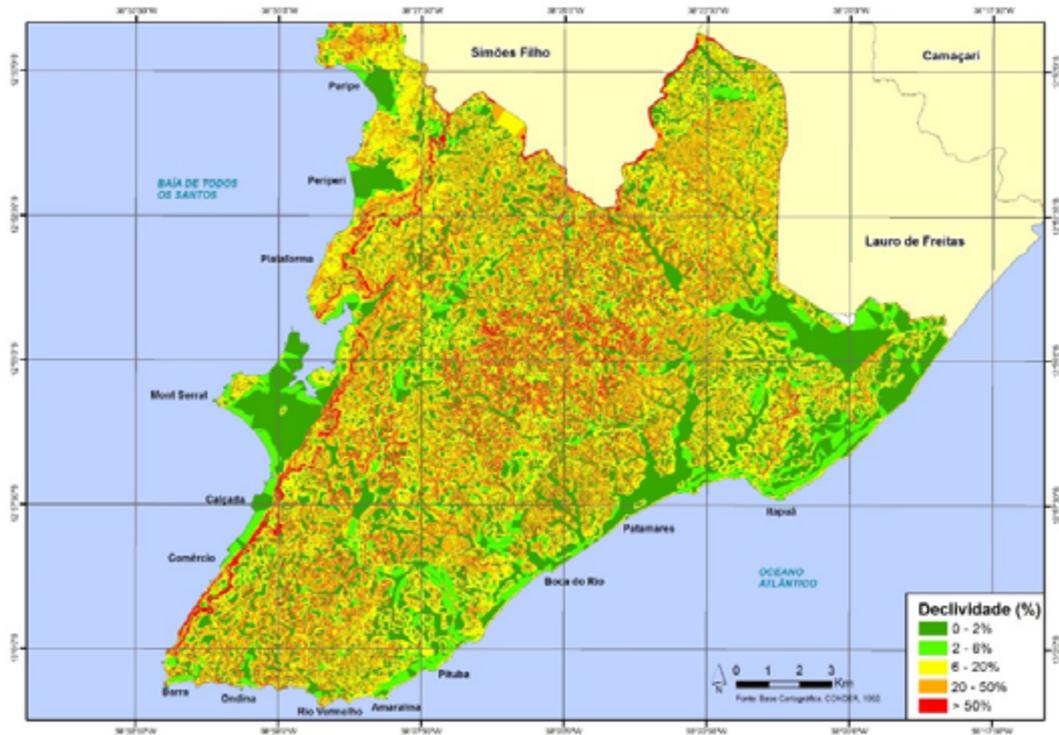
Segundo dados do Relatório Chuva 2016, documento feito pela Defesa Civil de Salvador, ao longo do ano de 2016 na capital baiana, foram feitas 1912 solicitações por ameaça de deslizamento, e 2239 vistorias para a verificação de possíveis ameaças. No mesmo ano foram 561 solicitações e 324 vistorias por conta de deslizamentos na cidade de Salvador. Essas solicitações e vistorias estão distribuídas por nove Prefeituras Bairro da capital baiana, sendo elas: Cabula/Tancredo Neves, Centro/Brotas, Cajazeiras, Cidade Baixa, Barra/Pituba, Liberdade/São Caetano, Pau da Lima, Subúrbio/Ilhas e Valéria. Vale destacar que só nos bairros da Liberdade (um dos mais populosos de Salvador) e no bairro de São Caetano, as solicitações e vistorias por ameaça de deslizamento e por deslizamento, chegaram a 1.594. O índice pluviométrico na Prefeitura Bairro de Liberdade/São Caetano, foi de 477,9 mm, a segunda menor média entre as nove Prefeituras Bairro Listadas.

Ao alterar a dinâmica natural, construindo em áreas com maior vulnerabilidade, essa parte da população coloca sua vida em risco, já que com o enfraquecimento do solo, mais as precipitações que infiltram, aumentando a probabilidade de deslocamento de terra do alto dessas encostas.

Salvador está localizada em uma área de falha de escarpa, o que dá à cidade a característica de desnivelamento entre várias áreas da região (Cidade Baixa e Cidade Alta), este fator somado ao alto nível de urbanização das cidades, que é um fator crucial nos impactos aos solos, principalmente nas áreas de encosta, onde há moradias que foram construídas sem o devido aparato técnico de especialistas. A geomorfologia da cidade de Salvador, a condição do Sistema Clima Urbano, junto com a ação antrópica, somados aos episódios de precipitação acima da média, são fatores que contribuem para os movimentos de massa na cidade de Salvador, especialmente em locais específicos como será mostrado no mapa a seguir.

#### 4.2 *Análise das declividades e ocupações em áreas de risco*

Como pode ser observado no mapa da Figura 5, o sítio urbano do município de Salvador está localizado numa área na qual mais de 70 % do seu território está situado nas classes de 20% a 50% de declividade. Há uma faixa de mais de 50% de declividade que se estende ao longo do litoral oeste de Salvador, indo até os limites do município de Salvador com os de Lauro de Freitas.



**FIGURA 5:** Mapa de Declividades da cidade de Salvador

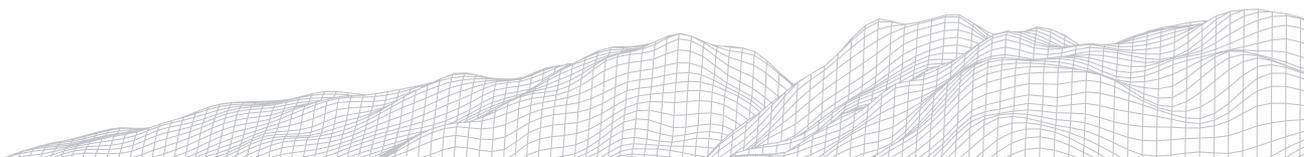
Fonte: Fonte: Base cartográfica, CONDER (1992) e Relatório PDDU, 1998. Atualização via fotografias aéreas da CONDER, 2010.

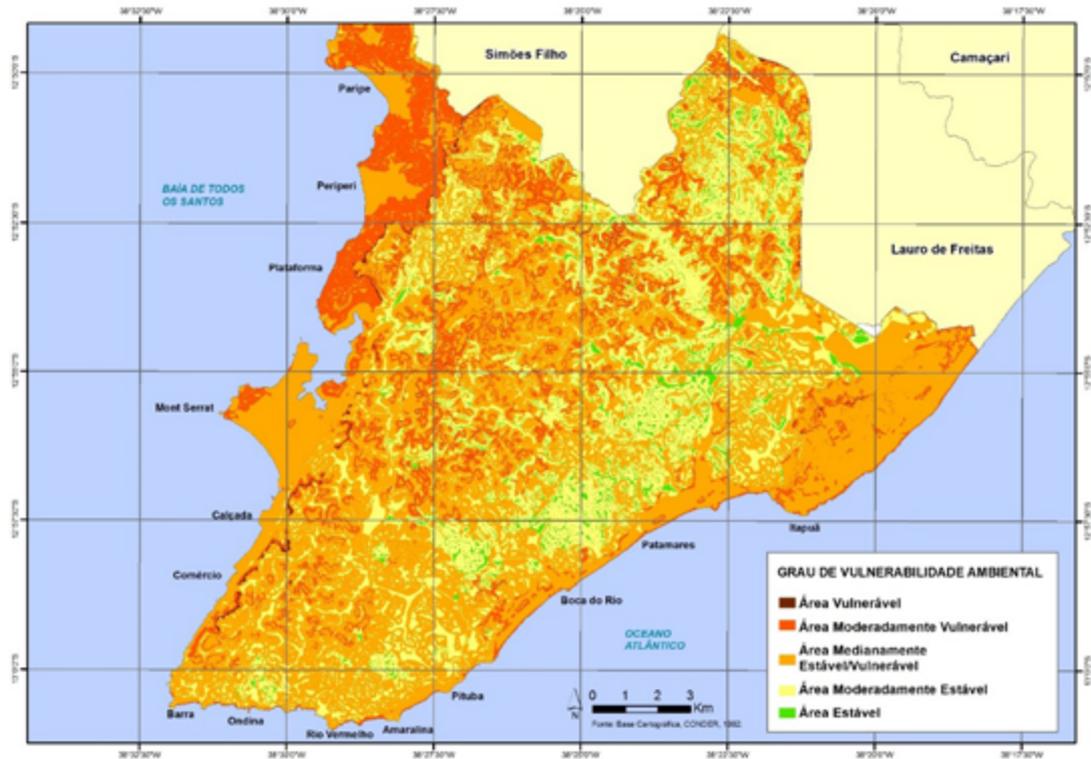
No litoral noroeste, na localização do bairro de Paripé, também é possível observar valores de declividade que superam os 50%. Entre as longitudes  $38^{\circ}27'30''$  W e  $38^{\circ}22'30''$  W - miolo urbano de Salvador - também é perceptível uma zona que supera os valores de 50%. Ainda na parte oeste da cidade identifica-se delineamento de declividades que superam 50% ao longo da falha geológica de Salvador - correspondem à encostas de elevado risco de movimentos de massa - Como pode ser observado no Mapa de Declividades, a maior parte do município de Salvador está localizada em áreas onde predomina as classes de declive entre 20% - 50%.

As áreas de risco aos movimentos de massa predominam no sítio urbano, particularmente na maior parte da zona urbanizada com maior destaque nas encostas. Indistintamente afetando as classes sociais mais vulneráveis e classes de padrão elevado. Segundo a Defesa Civil nos condomínios e áreas particulares os proprietários e empresas construtoras são responsáveis pelas contenções de suas encostas enquanto que nas áreas públicas a Superintendência de Conservação de Obras Públicas de Salvador é a responsável pela supervisão, monitoramento e contenção geotécnica.

#### 4.3 Vulnerabilidade ambiental aos movimentos de massa

A partir do entrecruzamento das informações dos usos dos solos e vegetação e das classes de declividades, observou-se que as áreas que mais se destacam com relação à vulnerabilidade aos movimentos de massa nas encostas correspondem às que possuem mais de 20% de declividade - *Áreas Vulneráveis e Moderadamente Vulneráveis* (Situação representada na Figura 6). Essas áreas encontram-se principalmente nas encostas que bordejam a falha geológica de Salvador e Iguatemi e as áreas que ocupam o Planalto Dissecado ao longo do miolo urbano da cidade.



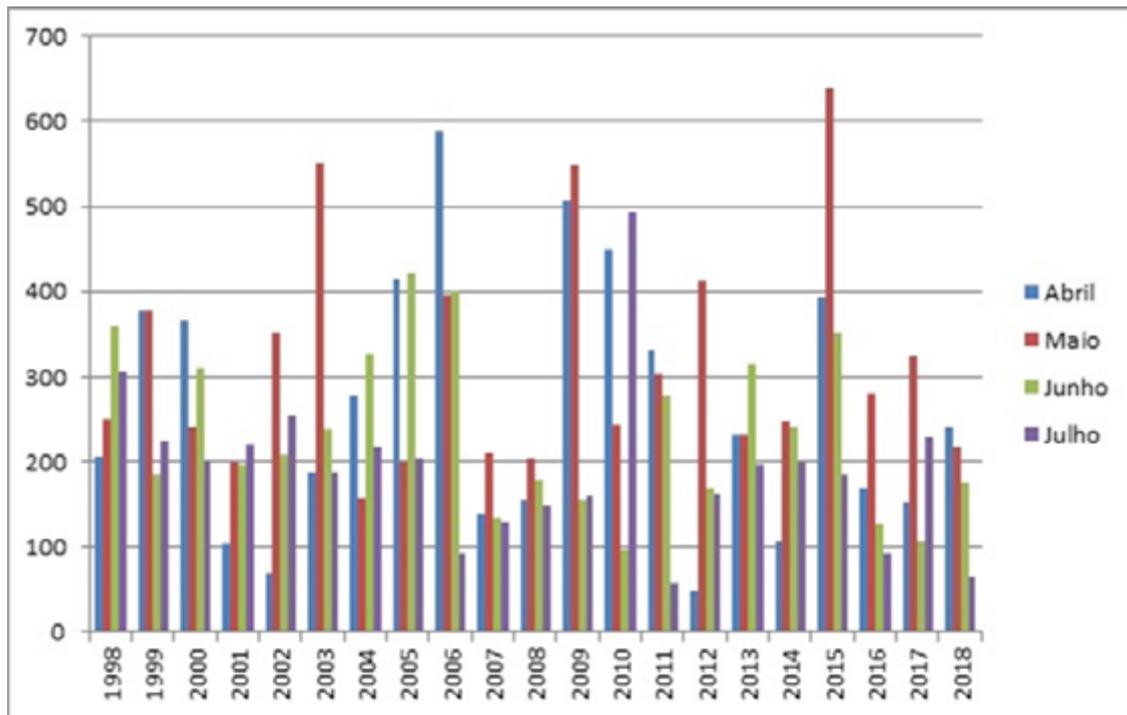


**FIGURA 6:** Mapa de vulnerabilidade ambiental em Salvador aos movimentos de massa na cidade de Salvador.

Fonte: Base cartográfica, CONDER (1992) e Relatório PDDU, 1998. Atualização via fotografias aéreas da CONDER, 2010.

É preciso ressaltar que as Áreas Vulneráveis e Moderadamente Vulneráveis aos deslizamentos de massa constituem as zonas de risco na cidade que detêm maiores condições geomorfológicas, pedológicas, geológicas e de usos dos solos para ocorrência dos eventos.

Porém, só ocorrem no transcorrer dos episódios de altas médias de precipitação da quadra chuvosa que compreende o período de abril até julho (Figura 7). Só como ponto de base, durante o período da quadra chuvosa em 2018, a média mensal, segundo dados da estação meteorológica localizada no bairro de Ondina, na capital baiana, foram de 235,05 mm. Mas fora desse período de concentração das chuvas na capital baiana, também há episódios de altos índices de precipitação. Segundo dados do INMET, os índices pluviométricos nos dias 26/11 e 27/11, foram respectivamente de 84,6 mm e 105,3 mm, totalizando 189,9 mm de chuva em 48 horas, superando a média mensal que 106,5 mm. Esses episódios de altos índices pluviométricos, sejam eles no período da quadra chuvosa ou não, sempre resultam em muitos deslizamentos nas encostas de Salvador.



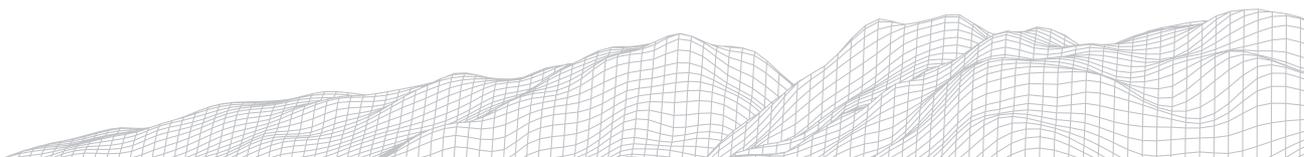
**FIGURA 7:** Intensidade de precipitação da cidade de Salvador entre os meses de Abril a julho.  
Fonte: INMET (2019)

## 6. Conclusões

Com a abordagem de Monteiro em 1976, de não analisar o clima das cidades de forma isolada, integrando os elementos naturais com os antrópicos, surgiu o conceito do Sistema Clima Urbano, essa junção dos elementos naturais com os antrópicos, e como essa integração afeta a dinâmica climática de dada cidade. Utilizando-se da metodologia do Clima Urbano no intuito de analisar a geografia do clima na metrópole. Empregou-se esse método de investigação geográfico para discutir a problemática urbana da cidade de Salvador. Uma das variáveis importantes no estudo do clima urbano de Salvador é a velocidade e intensidade das respostas ambientais as interferências antropogênicas sobre a paisagem local. Devido a um processo de urbanização acelerado e com pouca, ou quase nenhuma participação do poder público, muitas comunidades foram delegadas as áreas inapropriadas a ocupação humana.

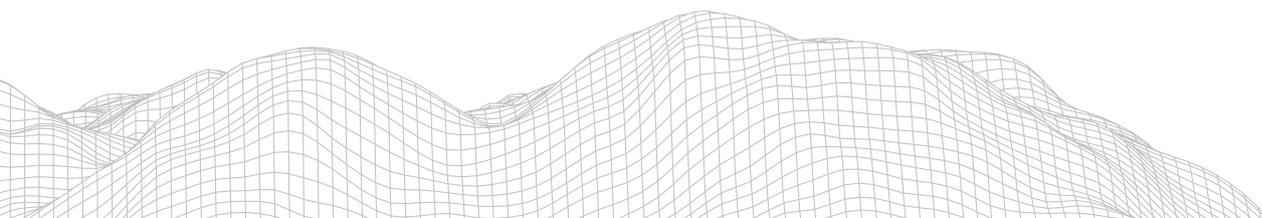
Com base nas análises dos mapas contidos nas Figuras 5 e 6, percebe-se que Salvador possui uma boa parte de sua área em locais de declividade e de vulnerabilidade ambiental aos movimentos de massa.

Somando esses dois fatores ao que já foi discorrido neste artigo sobre a questão do Sistema Clima Urbano e dos movimentos de massa, Salvador se mostra uma cidade com alta suscetibilidade a deslizamentos de terra. Esta suscetibilidade é potencializada em períodos e episódios de altos índices pluviométricos e também devido ao uso irregular do solo, e com as construções edificadas sem o mínimo amparo técnico.



## Referências

- BOTELHO, R.G.M & SILVA, A.S. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental**. In: GUERRA, A.J.T. e VITTE, A.C. (orgs). Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3.ed.2010.
- BRANDÃO, T.F. **Análise espacial de áreas afetadas por eventos hidrológicos extremos na cidade de Salvador - BA**. 2010. 110 f. Conclusão de Curso (Engenharia Civil) Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana/BA, 2010.
- BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial**: Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Editora RiMa. 278p. 2003.
- CONTI, J.B. **Clima e Meio Ambiente**. São Paulo: Atual, 1998.
- ESTEVAM, André Luiz Dantas. **Geomorfologia ambiental e paisagem urbana no Recôncavo Sul da Bahia**: uso dos solos e fragilidade dos sistemas de lagoas na cidade de Santo Antônio de Jesus/BA.Salvador. UFBA. Tese de Doutorado. 2010.
- ESTEVAM, André Luiz Dantas; SANTOS, Elba Medeiros Punski dos; CORREIA, Sandro dos Santos. **Recôncavo Baiano**: Trajetórias e Dinâmicas Territoriais. 1. ed. Salvador: Assembleia Legislativa, 2015. 178 p.- il.
- GIRELLI, Cristiane Corrêa. **Ocupações irregulares em áreas úmidas**: análise da moradia na ressaca chico dias e as consequências para o ambiente urbano. Dissertação (Pós-Graduação em Direito Ambiental e Políticas Públicas) – Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2009.
- GONÇALVES, N. M. S. **Os impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador**. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. de F. Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003.
- GONÇALVES, L. F. H.; & GUERRA, A. J. T. **Movimentos de massa na cidade de Pertrópolis-Rio de Janeiro**. In: GUERRA, A. J. T.; & CUNHA, S. B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- GRILLO, R. C.; BRINO, W. C. **O impacto da precipitação pluvial na cidade de Rio Claro-SP**. Geografia. Rio Claro, v.19 n.1, abr. p.39-60. 1994.
- GUERRA, A.J.T. & MENDONÇA, J.K.S. **Erosão dos Solos e a Questão Ambiental**. In: GUERRA, A.J.T. e VITTE, A.C. (orgs). Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3.ed.2010.
- LEPSCH, Igo F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- MENDONÇA, F. A. **Clima e planejamento urbano em Londrina**. In: MONTEIRO, C. A. F.;MENDONÇA, F. A. (Org.). Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003.
- MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.
- MOTA, S. **Gestão ambiental de re-cursos** hídricos. 3. ed. Rio de Janeiro:ABES, 2008.
- OSTROWSKY, Maria de Sampaio Bonafé. **Urbanização e controle de enchentes**: o caso de São Paulo. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP Depto. de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1991.
- PEDRO, Leda Correia; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. **A Relação Entre Processos Morfodinâmicos e os Desastres Naturais**: Uma Leitura das Áreas Vulneráveis a Inundações e Alagamentos em Presidente Prudente-SP. In: Caderno Prudentino de Geografia. Presidente Prudente, n.34, v.2, p.81-96, ago./dez.2012.
- PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL FRETT, Marcos Estevan. **A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais**. In:
- POMPÊO, C. A. **Drenagem urbana sustentável**. RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5 n. 01. Jan/Mar 2000.



SILVEIRA, André L.L., **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In Hidrologia Ciência e Aplicação. Cap 2, Editora UFRGS. Porto Alegre, 2004.

TUCCI, C.E.M.; GENZ, F. **“Controle do Impacto da Urbanização”**. In: Drenagem Urbana. Editora da UFRGS, ABRH, 1995.

TUCCI, Carlos E. M. Água no meio urbano. In: Água Doce. 1997.

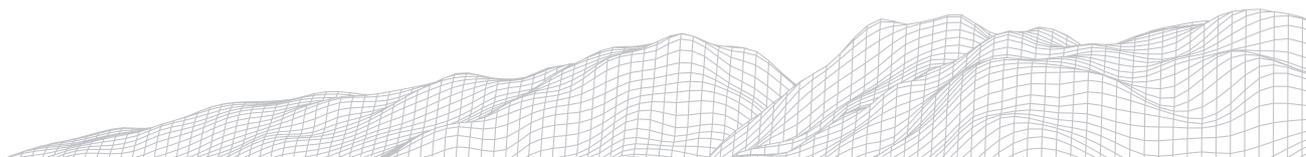
TUCCI, C.E.M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.7 n.1. Jan/Mar. 5-27, 2002.

TUCCI, C.E.M. Águas **Urbanas**. In: TUCCI, C.E.M. & BERTONI, J.C. Inundações Urbanas na América do Sul. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 1.ed. 2003.

TUCCI, Carlos E. M., **Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil**. REGA - Vol. 1, no. 1, p. 59-73, jan./jun. 2004.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. da. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, ABRH, 2009.



# FATORES DESENCADADORES E PREDIÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA DE SEGUNDA ORDEM NO NOROESTE DO PARANÁ

*Matheus Vinícius dos Santos*

*Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA)*

*Departamento de Geografia (DGE)*

*Universidade Estadual de Maringá (UEM)*

*Av. Colombo, 5.790 • Bloco 24 Maringá – Paraná CEP: 87020-900*

*E-mail: matheusvini.geo@gmail.com*

*Eduardo Souza de Moraes*

*Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA)*

*Departamento de Geografia (DGE)*

*Universidade Estadual de Maringá (UEM)*

*Av. Colombo, 5.790 • Bloco 24 Maringá – Paraná CEP: 87020-900*

*E-mail: esmoraes2@uem.br*

*Otávio Cristiano Montanher*

*Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA)*

*Departamento de Geografia (DGE)*

*Universidade Estadual de Maringá (UEM)*

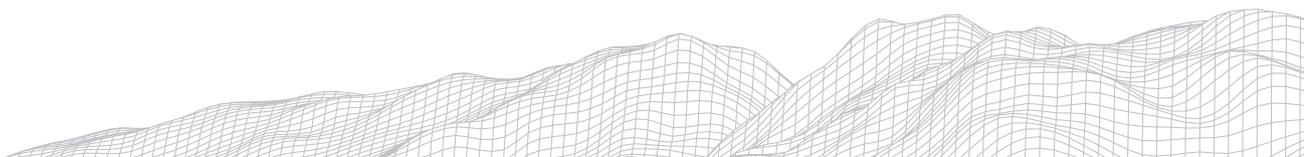
*Av. Colombo, 5.790 • Bloco 24 Maringá – Paraná CEP: 87020-900*

*E-mail: ocmontanher2@uem.br*

*Everton Hafemann Fragal**Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA)**Departamento de Geografia (DGE)**Universidade Estadual de Maringá (UEM)**Av. Colombo, 5.790 • Bloco 24 Maringá – Paraná CEP: 87020-900**E-mail: evertonhaf@gmail.com**Nelson Vicente Lovatto Gasparetto**Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA)**Departamento de Geografia (DGE)**Universidade Estadual de Maringá (UEM)**Av. Colombo, 5.790 • Bloco 24 Maringá – Paraná CEP: 87020-900**E-mail: gasparetto31@gmail.com***Resumo**

Processos erosivos são uma das principais causas da formação de áreas degradadas. Neste estudo o objetivo foi analisar alguns dos fatores determinantes para ocorrência de uma série de processos erosivos no ano de 2016 na bacia hidrográfica do ribeirão Água da Queixada, no município de Nossa Senhora das Graças, PR. Para isso foram feitas análises estatísticas de variável climática e avaliação da predição dos processos erosivos com o uso de índices morfométricos. A ocorrência de erosões está relacionada ao elevado acúmulo de pluviosidade semestral de 134 anos de recorrência. Os índices aplicados CTI e SPI, seguidos de validação com o índice Kappa, demonstraram-se satisfatórios e sugerem que o relevo da bacia hidrográfica possui contribuição parcial para a ocorrência destes processos. Investigações, incluindo fatores antrópicos como a dinâmica de uso e ocupação do solo, possuem potencial para também explicar a ocorrência destes processos geomorfológicos associados à degradação do solo.

**Palavras-chave:** Compound Topographic Index, Stream Power Index, áreas degradadas.



## 1. Introdução

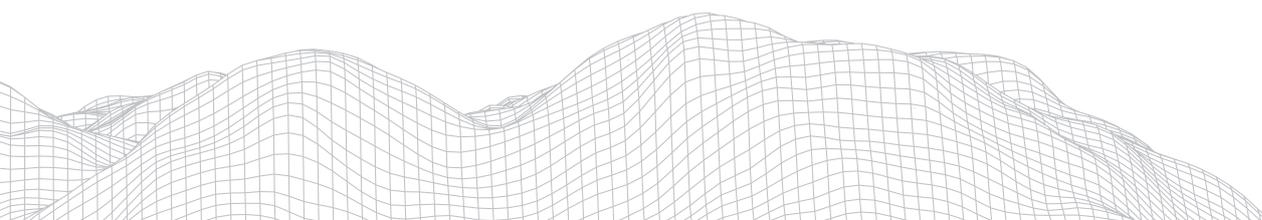
Os processos de degradação do solo, que incluem as ações físicas, químicas e biológicas e suas interações, afetam a pedogênese e a produtividade. Os processos físicos afetam, principalmente, a estrutura do solo se manifestando na forma de erosão, compactação, baixa infiltração e aeração. São causados por diversos fatores como desmatamento, agricultura intensiva e manipulação física do solo. Os processos químicos incluem mudanças nas propriedades químicas do solo, como o equilíbrio entre os nutrientes, também está relacionada com a presença de elementos tóxicos no solo e sua capacidade de inativá-los, acumulação de sal e metais pesados. São causados por agricultura intensiva com baixa reposição de nutrientes, despejo industrial, irrigação com água de má qualidade e fatores atmosféricos, como a chuva ácida. Os processos biológicos estão associados com a presença de matéria orgânica no solo, que pode ser influenciada por fatores como: alta temperatura do solo, agricultura intensiva, uso excessivo de pesticidas e agrotóxicos e a mineralização do carbono orgânico (LAL; HALL; MILLER, 1989).

O conceito de degradação também está, geralmente, associado aos efeitos ambientais considerados negativos ou adversos e que são causados, principalmente, por atividades humanas, não sendo tão frequentemente associado aos processos naturais. O conceito passou a ter variações com base tanto nos fatores que geram este fenômeno, quanto nas diferentes áreas do conhecimento humano, como a abordagem geográfica, biológica, agrônômica, técnica e normas legais (BITAR, 1997).

No âmbito da Geomorfologia, o conceito também é utilizado como “perturbação da terra” (*Land disturbance*), como o resultado de um processo de busca por equilíbrio em atendimento à dinâmica da bacia hidrográfica, sendo a erosão a mais frequente consequência. Associada a vários tipos de uso, tais como: pastagem, estradas, mineração e construção civil, cada um destes elementos implica em três principais fatores, a área de abrangência, a intensidade e a duração (TOY; HADLEY, 1989).

A Geomorfologia possui importância tanto na prevenção quanto na recuperação de áreas degradadas. A forma de degradação mais conhecida é a erosão do solo, em que grande parte decorre a partir da erosão hídrica. No Brasil tem sido constatado um aumento das áreas degradadas em diferentes regiões por meio de intensos processos erosivos em todas as suas formas (sulcos, ravinas e voçorocas). O resultado é a perda de produção dos agricultores, assoreamento e contaminação de rios e desmatamento, sendo assim, é necessário uma série de precauções a fim de evitar a degradação, como o planejamento do uso do solo de acordo com a aptidão agrícola e o manejo de acordo com as fragilidades e potencialidades (SILVA, et al., 2007).

Para minimizar a ocorrência de áreas degradadas tem sido feito esforços recentes para se compreender os fatores desencadeadores e as áreas mais propensas aos processos erosivos e deposicionais (MORAES, et al., 2013). Dentre as técnicas utilizadas destaca-se o emprego de análises estatísticas e modelos que possam aferir, por exemplo, a influência da quantidade de precipitação e os aspectos morfológicos do terreno. Os modelos podem ser compreendidos como representações da realidade, ou de algum aspecto do mundo real que seja de interesse do pesquisador para reconstruir a realidade, prever um comportamento, uma transformação ou evolução. São aproximações subjetivas da realidade, sendo assim, deve-se ressaltar que não é a realidade em si que se encontra apresentada, mas sim a visão do pesquisador e a maneira que percebe e compreende a realidade (CHRISTOFOLETTI, 1999).



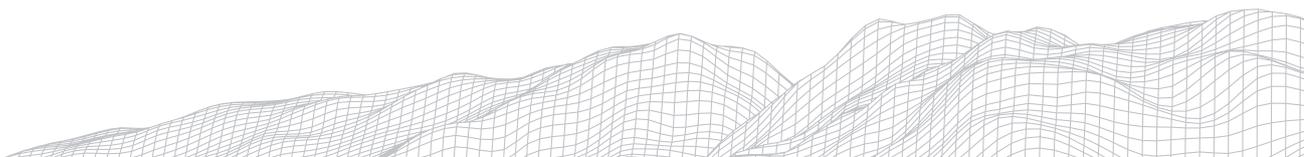
As análises do terreno com base no Sistema de Informação Geográfica (SIG), com índices morfométricos são exemplos de modelos com aplicações potenciais à dinâmica geomorfológica. Pelo fato do *Stream Power Index* (SPI) e *Compound Topographic Index* (CTI) utilizarem os atributos de declividade e fluxo de acumulação, tornam-se promissores para a predição de processos morfodinâmicos.

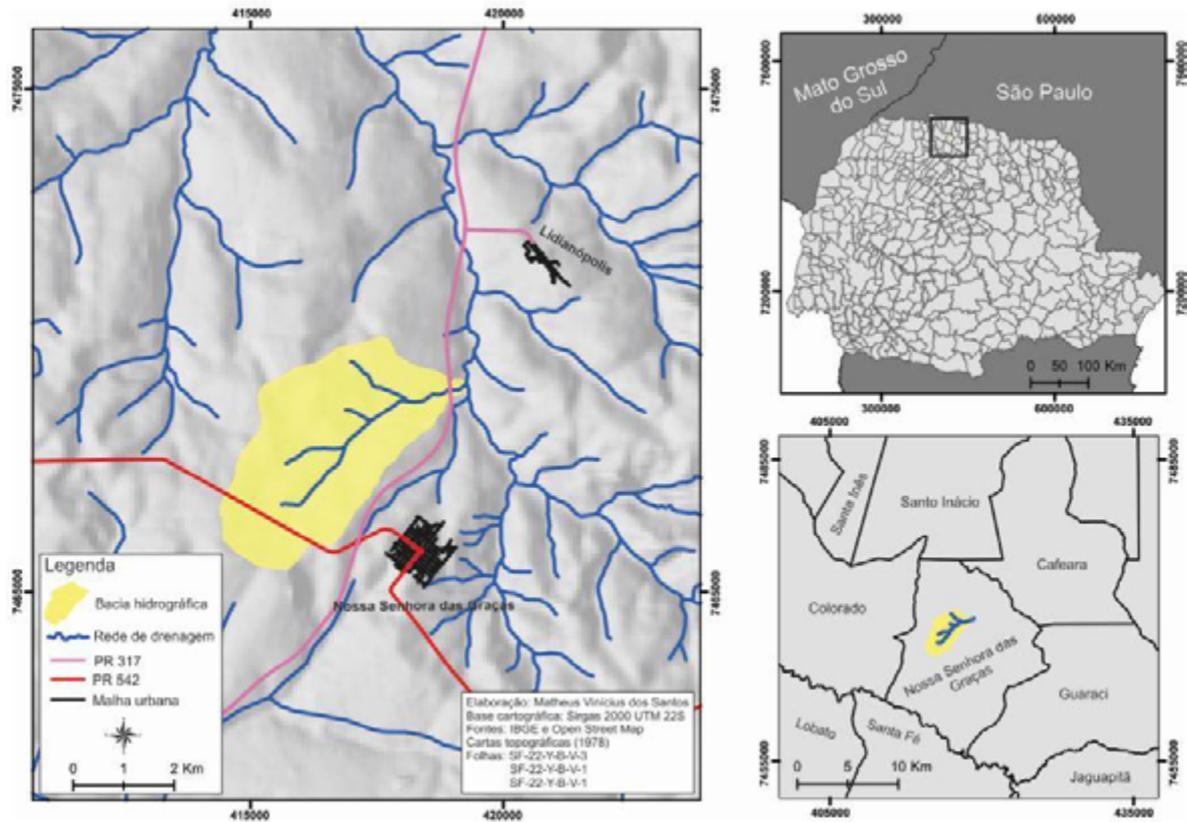
O SPI foi proposto por Zevenbergen e Thorne (1987) apresentando uma maneira de obter um novo índice morfométrico, tem sido comumente utilizado como método para localizar possíveis áreas de risco a erosão do solo, também chamadas de *Critical Source Areas* (CSA) (ANDERSON, KNEALE, 1982; STARK, REDENTE, 1985; BURT, BUTCHER, 1985; SRINIVASAN, MCDOWELL, 2009; RAMPI, et al., 2014). O CTI proposto por Beven e Kirkby (1979) com o intuito de aplicá-lo em bacias hidrográficas de pequena ordem hierárquica, é um dos índices utilizados em ambiente SIG com ampla aplicação nos estudos geomorfológicos (YANG et al., 2005; GALZKI, et al. 2011; DAGGUPATI, et al., 2014; MOMM et al., 2013).

Na região norte do Paraná predomina litologias de rochas sedimentares do Grupo Caiuá que originaram solos arenosos profundos e com considerável erodibilidade (FERNANDES, 2004; GASPARETTO, 1999). Essas características, acrescidas da ocorrência de eventos pluviométricos intensos e a ausência de planejamento do uso do solo, propiciam uma vulnerabilidade regional aos processos erosivos (EMBRAPA, 2018). Neste estudo o objetivo é uma análise dos processos erosivos intensos ocorridos no ano de 2016 em uma bacia hidrográfica de segunda ordem no município de Nossa Senhora das Graças. Os objetivos específicos dividem-se entre as análises dos seguintes fatores desencadeadores: pluviosidade e relevo. Para isso foram empregadas análises estatísticas da variação acumulada da pluviosidade e a aplicação de índices morfométricos para predição de áreas susceptíveis aos processos erosivos. O estudo avalia a existência de limiares geomorfológicos e analisa o papel do relevo como desencadeador dos processos erosivos na área em estudo.

## 2. Área em estudo

A bacia hidrográfica do ribeirão Água da Queixada está localizada no município de Nossa Senhora das Graças, estado do Paraná e possui uma rede de drenagem de segunda ordem com foz no ribeirão Santo Inácio, que é tributário do rio Paranapanema (Figura 1).





**FIGURA 1:** Mapa de localização da bacia hidrográfica ribeirão Água da Queixada.

Elaboração: Autores.

A bacia hidrográfica do ribeirão Água da Queixada apresenta um substrato geológico composto por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas sedimentares das Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, pertencentes ao Grupo Bauru (Soares et al., 1980).

A Formação Caiuá foi caracterizada por Soares et al. (1980) como arenito de fração muito fina a média, granulação arredondada a bem arredondada e com estratificação cruzada. Apresenta sua composição mineralógica essencialmente de quartzo, feldspatos e possíveis fragmentos líticos de basalto alterado, folhelhos, arenitos, siltitos, sílex (FERNANDES; COIMBRA, 1994).

A Formação Santo Anastácio é constituída por arenitos finos a muito finos pobremente selecionados, com estratificação plano-paralela ou cruzada com baixo grau de inclinação e mal definidas, também apresenta os grãos maiores subangulosos e subarredondados encoberto por uma película de óxido de ferro. Possui uma composição mineralógica semelhante à Formação Caiuá, predominantemente como quartzo e secundariamente com feldspato (FERNANDES; COIMBRA, 1994).

A Formação Adamantina encontra-se localmente nos topos do embasamento basáltico apresenta-se como arenitos avermelhados a acastanhados, finos a muito finos, argilosos, quartzosos, intercalados por camadas de lamito marrom a avermelhado, arenoso e carbonático (SILVA, et al. 2005).

A Formação Serra Geral é resultante de um intenso vulcanismo durante a Era Mesozoica apresentando-se como uma espessa cobertura de lava atingindo quase toda região da Bacia Sedimentar do Paraná. É constituída por derrames de natureza básica e intermediária, os quais correspondem a basaltos, andesi-

-basaltos e andesitos, estrutura maciça ou vesicular, os quais estão presentes na bacia hidrográfica de estudo (NARDY et al., 2002).

O clima na bacia hidrográfica é o subtropical úmido, apresentando chuvas bem distribuídas ao longo do ano, contudo são mais frequentes nos meses de verão (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) e menos frequentes nos meses de inverno (junho, julho, agosto e setembro). A bacia hidrográfica do Ribeirão Água da Queixada está localizada no Planalto de Maringá, inserida no Terceiro Planalto Paranaense, e apresenta baixa dissecação, um gradiente de 360 metros de altitudes variando entre 260 e 620 metros. Possui como formas predominantes topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V” (MINEROPAR, 2006).

A hipsometria da bacia hidrográfica varia entre 360 metros localizado na confluência do Ribeirão Água da Queixada com o Ribeirão Santo Inácio e as maiores altitudes estão nas áreas de topo da parte sudeste da bacia hidrográfica com aproximadamente 500 metros. A declividade varia entre 0% e 29,9%, possuindo a classe de 0 a 8% como predominante na bacia hidrográfica, nas áreas próximas à rede de drenagem a declividade passa a ser mais acentuada com a classe de 0 a 20% (suavemente ondulado) e com a classe de 20 a 29,9% (Ondulado) bastante pontual.

As classes pedológicas encontradas na bacia hidrográfica são Latossolos vermelhos distróficos e Argissolos vermelho distróficos. Os Argissolos são solos geralmente encontrados na média vertente, os quais possuem como características diferenciais, a presença do horizonte B textural imediatamente abaixo de qualquer horizonte superficial. Apresentam um incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B com uma transição clara, abrupta ou gradual. Apresentam textura média a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, possuindo, obrigatoriamente, o acréscimo de argila no horizonte B (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos são solos encontrados nas áreas de topo, caracterizados, segundo o Embrapa (2018), como solos muito intemperizados e muito profundos por serem formados em prolongadas condições tropicais quente e úmidas e com pequena diferenciação entre os horizontes. Os perfis de solo mais típicos apresentam o horizonte A pouco espesso e um horizonte B latossólico muito espesso, atingindo mais de dois metros de profundidade.

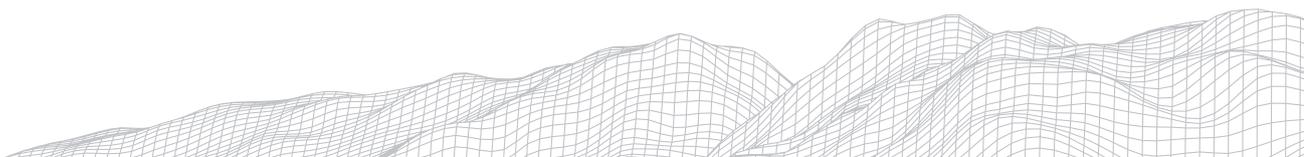
A composição fitogeográfica presente na bacia é composta apenas pela Floresta Estacional Semidecidual, a qual, segundo Coutinho (2016), possui como característica a queda das folhas no período mais seco do ano. Na bacia hidrográfica, encontra-se quase totalmente degradada, por conta de ocupações e uso do solo, assim como processos erosivos na bacia, sendo assim, a vegetação quase se limita à mata ciliar das áreas de preservação permanente e fragmentos florestais de reserva legal.

### 3. Metodologia

A metodologia deste estudo foi dividida entre (I) a avaliação da pluviosidade como fator desencadeador da intensa morfodinâmica na bacia hidrográfica e (II) o teste de índices morfométricos para a predição dos processos erosivos e deposicionais.

#### 3.1 Avaliação da Pluviosidade Acumulada

Foram avaliadas séries históricas da estação pluviométrica mais próxima da área de estudo (raio de aproximadamente 40 km), em que os critérios para



escolha de uma estação foram os seguintes: i) abrangência temporal relativa ao período em que os processos erosivos ocorreram (Jan/2016) e em período anterior (ao menos um ano completo); ii) ao menos 30 anos de série histórica; iii) menor quantidade de dados ausentes.

A partir desses critérios selecionou-se a estação pluviométrica denominada Alto Alegre (código 2251033), situado no município de Colorado (PR) e com distância aproximada de 7 km (em linha reta) em relação à área de estudo. Essa estação abrange um período compreendido entre jan/1975 a dez/2018 sem falhas na série histórica, sendo o período selecionado para o estudo.

A partir da série histórica foram definidas três variáveis, a precipitação diária máxima no mês, o total acumulado mensal e o total acumulado em seis meses. A variável precipitação máxima diária em cada mês indica a intensidade de chuvas diárias, ou seja, de eventos pontuais. O acumulado mensal abrange um período maior, variável normalmente utilizada para caracterização e comparação da precipitação em diferentes locais.

A variável definida nesta pesquisa, um pouco menos usual, é o acumulado de seis meses. Uma avaliação prévia dos dados mostrou que o segundo semestre de 2015 e os primeiros meses de 2016 tiveram grandes volumes de precipitação. Para tornar possível a comparação desse evento específico com o restante da série, foi realizada a soma do acumulado de um determinado mês e os cinco meses anteriores. Dessa forma, o acumulado de seis meses se torna uma variável contínua, sendo necessário desprezar os cinco primeiros valores da série.

A partir dessas três variáveis foram elaborados gráficos que apresentam as séries históricas e foi calculado o tempo de retorno para cada variável nos meses de jan/2016, mês em que os processos erosivos ocorreram, e de fev/2016, mês em que houve o máximo de precipitação acumulada em seis meses. Para o cálculo do tempo de retorno, foi utilizada a distribuição gama, em que obteve-se a probabilidade de o fenômeno de precipitação observada ser igualado ou excedido. No entanto, como a distribuição gama não admite valores nulos, foi utilizada uma distribuição mista, técnica que permite o tratamento de meses sem chuva (ASSIS et al., 1996).

### 3.2 Predição dos processos erosivos e deposicionais

Para este trabalho as áreas com processos erosivos foram mapeadas com o uso de imagens dos satélites CBERS 4 do dia 5 de maio de 2016 e do satélite Quick Bird do dia 25 de agosto de 2016 disponíveis no Google Earth. Este mapeamento serviu para a interpretação da distribuição geográfica das feições e para aferição do emprego dos índices morfométricos para a predição dos processos geomorfológicos.

As equações para aplicação dos índices morfométricos CTI (Beven e Kirkby, 1979) e SPI (Zevenbergen e Thorne, 1987) são descritas abaixo (5) e (6):

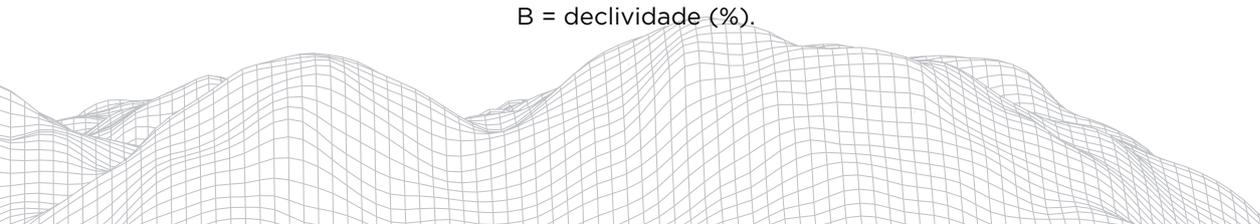
$$CTI = \ln\left(\frac{A}{\tan B}\right) \quad (5)$$

$$SPI = \ln(A \cdot \tan B) \quad (6)$$

Em que:

A = corresponde ao fluxo de acumulação (m<sup>2</sup>);

B = declividade (%).



A aplicação destes índices foi feita com o uso de um MDT gerado com base em curvas de nível e pontos cotados digitalizados manualmente da carta topográfica utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG) Qgis 3.4.15. Os arquivos foram georreferenciados para o sistema de coordenadas UTM fuso 22s e Datum SIRGAS 2000. Para se obter o MDT os dois arquivos shapes (ponto e linha) foram utilizados para processar um TIN e transformá-lo para raster posteriormente. Em seguida foi processado a declividade e o fluxo acumulado.

Após o processamento foi estabelecido o valor limite para a melhor representação e visualização dos índices. Para o CTI e SPI foram estabelecidos como valores limites apenas os 3% e 2% dos valores mais elevados, respectivamente. A validação dos processos erosivos identificados pelos índices CTI e SPI foi realizada pelo índice Kappa (CONGALTON, 1991). O índice Kappa expressa o acerto da identificação dos processos erosivos pelos índices CTI e SPI em relação aos processos erosivos identificados nas imagens de satélites.

O índice Kappa é calculado a partir de uma matriz de confusão, composta nas colunas as amostras (presença e ausência de processos erosivos) de referência, identificadas nas imagens de satélites, e nas linhas as amostras obtidas pelos índices CTI e SPI. Na matriz, são expressos os acertos (concordância das amostras de presença ou ausência de processos erosivos identificados pelos índices e das amostras de referência), os erros de omissão (não identificação de processos erosivos pelos índices, onde há processos erosivos de referência) e erros de comissão (identificação de processos erosivos pelos índices, onde não há processos erosivos de referência). O índice Kappa possui valores entre -1 e 1, sendo mais próximo de um, maior exatidão e confiabilidade da identificação dos processos erosivos pelos índices.

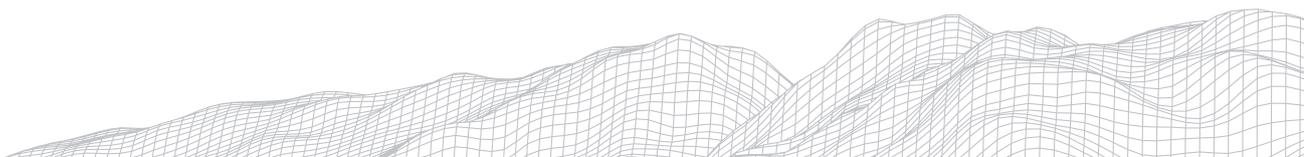
Foi realizada uma amostragem aleatória estratificada com 193 pontos, sendo 143 pontos amostrados nas áreas identificadas com processos erosivos pelos índices CTI e SPI e 50 pontos nas áreas que não foram identificados os processos erosivos pelos índices. Essa estratégia de amostragem foi utilizada para privilegiar as áreas com processos erosivos identificados pelos índices, uma vez que, são menores em comparação às áreas com ausência de processos erosivos na bacia hidrográfica. Para gerar os pontos, foi transformado em vetor e agrupado as áreas com presença ou ausência de processos erosivos com a ferramenta *merge*. Foi extraído o valor do vetor para os pontos. A partir dos valores extraídos, os mesmos foram utilizados para gerar a matriz de confusão.

#### **4. Resultados e Discussões**

##### *4.1 Resultados das análises de precipitação*

A série histórica de precipitação pode ser observada na Figura 2, em que o evento está demarcado com um círculo vermelho. Os valores específicos de precipitação, para as três variáveis, estão descritos na Figura 3.

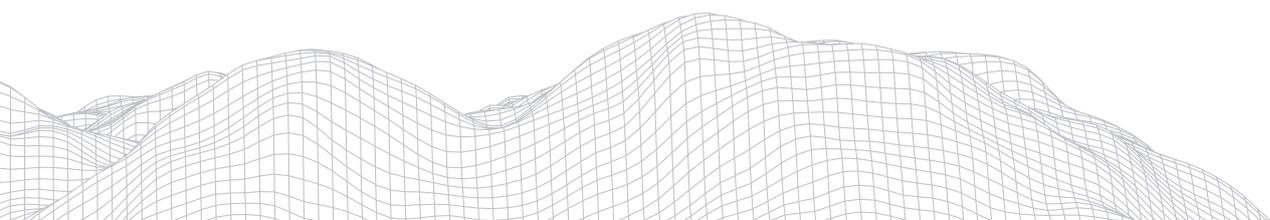
Com relação às máximas diárias, nota-se que a maior precipitação nos meses de janeiro e fevereiro de 2016 foram de aproximadamente 70 e 90 mm. Apesar desses valores serem altos observando-se a série histórica (Figura 2) percebe-se que eventos anteriores excederam tais valores, e os dados da Figura 3 também indicam que esses eventos não possuem baixo tempo de recorrência, em que o maior ocorreu no mês de fevereiro (1,61 anos). Portanto, as chuvas diárias de maior intensidade nesses dois meses não devem ser as únicas variáveis que explicam o desenvolvimento dos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, observados na área de estudo.

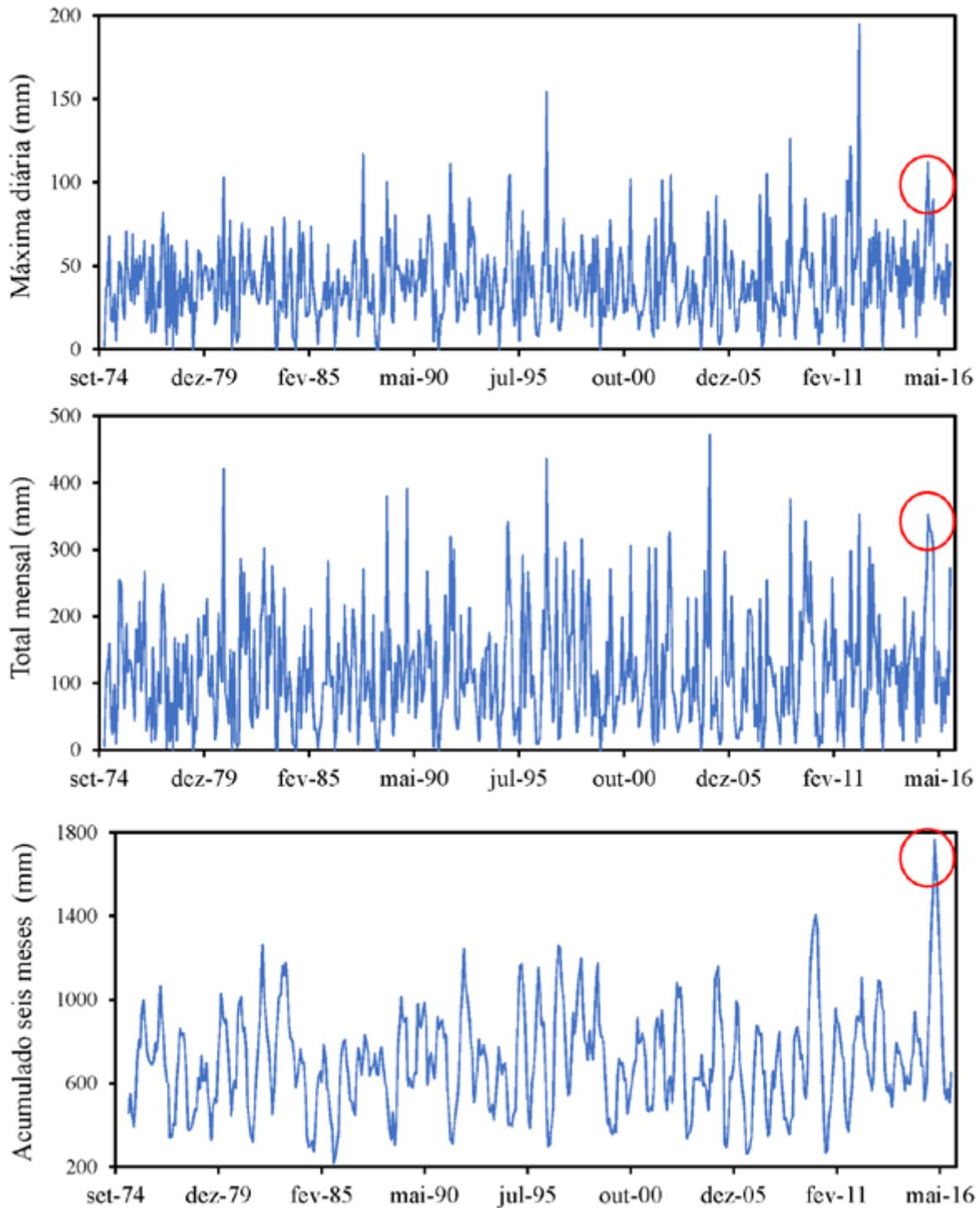


Os meses avaliados também apresentaram altos valores de precipitação acumulada mensal, de aproximadamente 300 mm (Figura 3). No entanto, assim como para as máximas diárias, esses valores foram excedidos em outros momentos da série histórica (Figura 2) e possuem tempo de retorno relativamente baixo, entre 1,5 e 2 anos, aproximadamente (Figura 3). Também entende-se que apenas o acumulado mensal de precipitação não foi o único e/ou principal fator de desencadeamento dos processos geomorfológicos.

Por último, a variável de precipitação acumulada em seis meses apresenta um pico proeminente para o evento avaliado (Figura 2), com um máximo de 1767,7 mm para fevereiro de 2016. Como essa variável representa uma soma de eventos anteriores, o valor observado para janeiro também é alto (1510,2 mm), pois eles não são independentes.

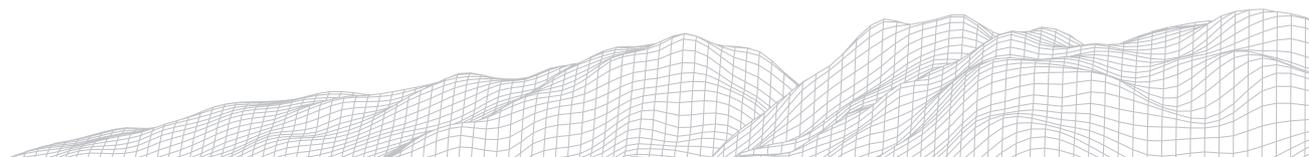
O mês em que os processos geomorfológicos tiveram início, em janeiro de 2016, teve um acumulado de seis meses com tempo de retorno de quase 19 anos (Figura 3), mesmo mês em que o acumulado mensal tem tempo de retorno de dois anos. Como o volume de água, proveniente das chuvas nos meses anteriores foi muito alto, o solo deveria apresentar altos valores de saturação naquele momento. Com o solo já saturado, um mês em que houve uma precipitação com tempo de retorno de 2 anos (não tão intenso), seria capaz de iniciar processos erosivos. Também é interessante notar que os eventos diários também foram intensos (embora não sejam os maiores da série).





**FIGURA 2:** Representação dos valores de precipitação máxima diária, total mensal e acumulação de seis meses.

Todas as características dos eventos de precipitação que ocorreram até janeiro de 2016 foram suficientes para dar início aos processos erosivos, conforme comunicação pessoal de moradores da área. No entanto, o ápice do fenômeno de precipitação ocorreu no mês seguinte, em fevereiro. A precipitação acumulada em seis meses para fevereiro de 2016 é a maior de toda a série histórica (Figura 2), superando em aproximadamente 360 mm o segundo maior evento independente (fev/2010). O tempo de retorno de 134 anos (Figura 3) mostra que realmente este fenômeno foi muito raro, em termos de escala temporal de uma vida humana.



**Tabela A**

Mês	Máxima diária	Acumulado mensal	Acumulado - seis meses
01/2016	71	324,2	1510,2
02/2016	89,8	297,4	1767,7

**Tabela B**

Mês	Máxima diária	Acumulado mensal	Acumulado - seis meses
01/2016	0,68	2,04	18,91
02/2016	1,61	1,49	134,18

**FIGURA 3:** A tabela A corresponde aos valores de precipitação específicos em milímetros (mm) sobre o evento avaliado e a Tabela B corresponde ao tempo de retorno (anos) para os eventos de precipitação.

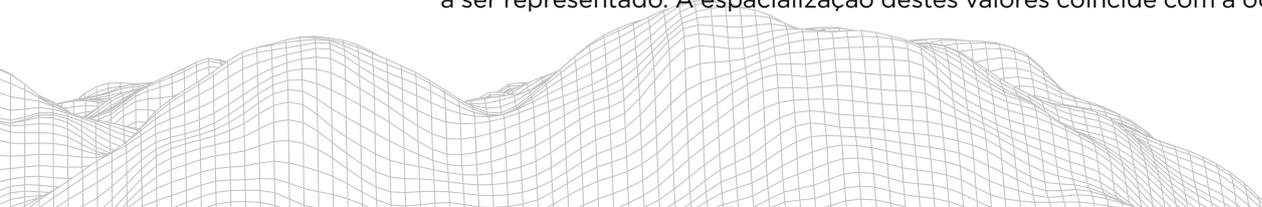
Como os processos erosivos iniciaram em janeiro, provavelmente em condições de solos próximos à saturação em água, durante o mês de fevereiro basicamente toda a precipitação adicional (297,4 mm, com máxima diária de 89,9 mm) pôde dar continuidade à erosão nas cabeceiras de drenagem e vertentes, com transporte e deposição de grandes quantidades de sedimentos nas planícies fluviais.

Semelhante com as condições de solo de saturação, Casalia et al. (1999) estabeleceu a mesma relação do surgimento de processos erosivos com o acúmulo de um extenso período de chuvas durante dois anos consecutivos, um primeiro período entre outubro de 1995 e setembro de 1996 e um segundo período entre outubro de 1996 e setembro 1997, os quais observaram, em campo, um aumento significativo de sulcos, ravinas e voçorocas. Além do aumento de processos erosivos na área de estudo, os autores detectaram um aumento muito mais expressivo nas áreas com recentes plantações agrícolas, pelo fato de ainda estarem com grande parte do solo exposto.

#### 4.2 Predição dos processos erosivos

Foram identificadas 24 áreas com processos erosivos na bacia hidrográfica do ribeirão da Água da Queixada. As ocorrências concentram-se principalmente nas cabeceiras de drenagem e, secundariamente, nota-se a presença de processos erosivos em rupturas topográficas entre os topos e os segmentos da alta e média vertente. Analisando o mapeamento temático produzido da área em estudo observa-se que esses processos erosivos não apresentaram associação expressiva com as classes de declividade. Com relação às litologias e solos foi possível estabelecer um padrão relacionado com a presença dos processos erosivos. Foi possível identificar que 18 dos 23 processos erosivos estão localizados na Formação Santo Anastácio e outros cinco presentes na Formação Caiuá. Enquanto nas classes de solos, 17 processos erosivos estão localizados em Latossolos e apenas 6 localizados em Argissolos.

É possível observar grande semelhança entre o desempenho do CTI e SPI, os quais identificaram os mesmos processos erosivos, com exceção de apenas um. A aplicação do índice morfométrico CTI resultou em valores entre -5,86 e 16,66, os valores mais baixos estão presentes nas áreas de topos e os maiores valores estão localizados nas áreas com maior concentração de fluxo. Ao estabelecer o valor limite para o CTI (>97%), apenas este intervalo máximo (8,35-16,66) passou a ser representado. A espacialização destes valores coincide com a ocorrência de

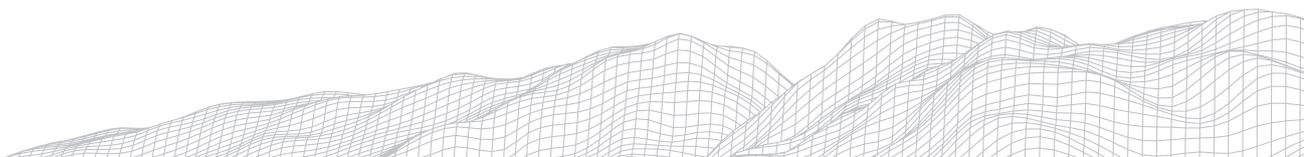


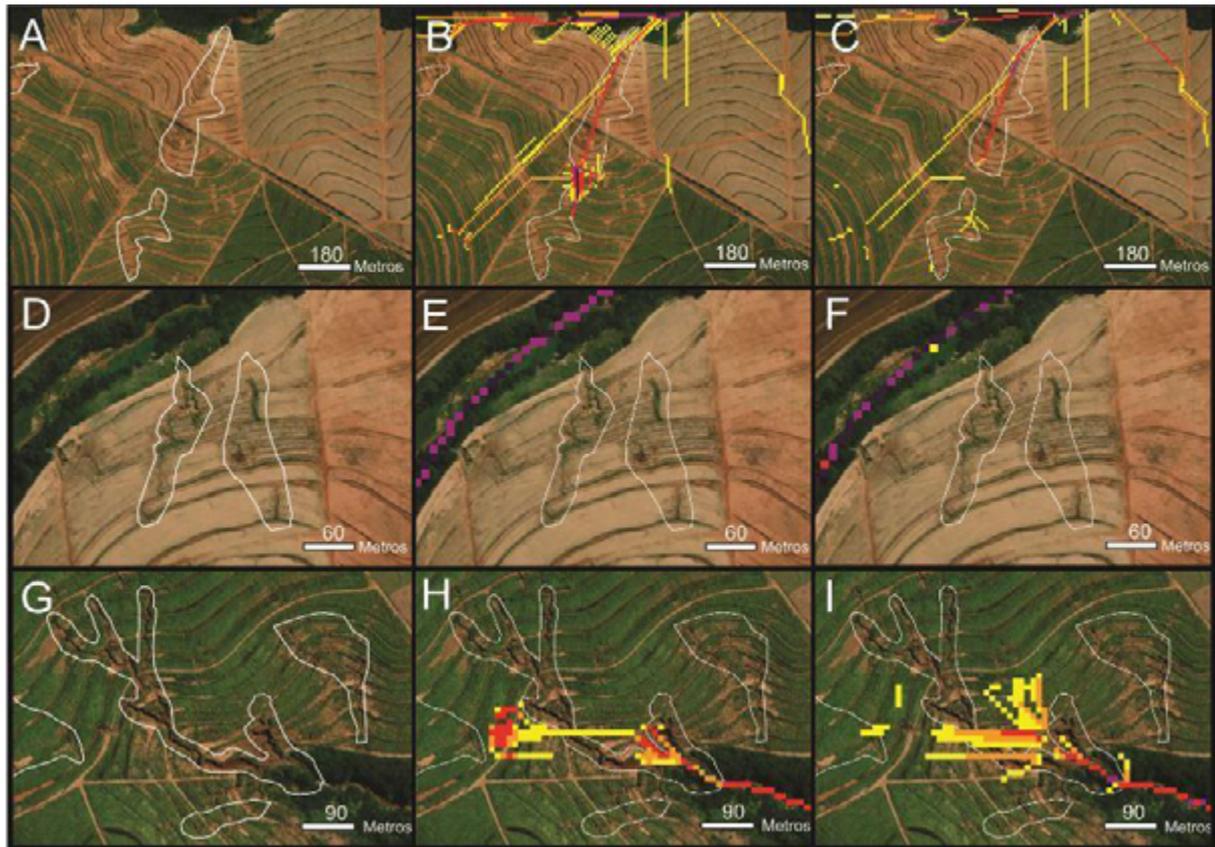
13 do total de 24 processos erosivos. Os processos erosivos são identificados em sua maior parte pelos menores valores, essencialmente entre o intervalo de 8,35 e 12,16, enquanto os maiores valores estão associados, majoritariamente à rede de drenagem.

O SPI apresentou um resultado inferior ao CTI, com menor precisão para a identificação dos processos erosivos. Apesar da identificação de 12 processos erosivos, similar ao CTI, com o uso deste índice notou-se que os resultados foram expressivamente mais inferiores na identificação da rede de drenagem por apresentar uma sequência de falhas. Os valores de SPI variaram de -13,81 a 9,14, onde os menores valores, assim como no CTI, estão localizados nas áreas de topo. Quando estabelecido o limite (>98%), os valores passaram a ser representados no intervalo entre 2,63 a 9,14, os quais identificaram os processos erosivos com as classes de valores mais baixos, assim como no CTI.

O valor do Kappa obtido para o CTI foi de 0,55 o que de acordo a classificação de Landis e Koch (1977) refere-se a uma concordância moderada (0,41 - 0,60), indicando um resultado positivo com relação à identificação de processos erosivos. O SPI não apresentou o mesmo resultado satisfatório, obtendo 0,38 para o Kappa, que corresponde a uma concordância razoável (0,21 - 0,40). Nossos resultados indicam que as características do relevo, consideradas no cômputo destes índices, são representativas, parcialmente, para a detecção de áreas susceptíveis aos processos erosivos.

Ogren (2012) obteve um melhor resultado com o SPI, o qual identificou 93% das CSA, contudo, vale ressaltar que a base cartográfica utilizado para o processamento do índice foi *LiDAR* com resolução espacial de três metros. Fato também evidenciado por Galzki et al. (2011), os quais comparam a eficiência do SPI em diferentes resoluções espaciais, sendo assim, chegaram ao resultado que apenas 7 de 32 processos erosivos foram identificados por uma base de resolução de 30 metros, enquanto a base com resolução espacial de 3 metros identificou 31 dos 32 processos erosivos. Por outro lado, Sheshuckov et al. (2018) também utilizando dados *LiDAR* obtiveram resultados diferentes ao comparar a precisão de quatro fórmulas utilizadas para computar o CTI em duas bacias hidrográficas. O índice Kappa do resultado destes autores com a mesma fórmula utilizada neste trabalho teve um valor de apenas 0,14 e 0,15.





**FIGURA 4:** Identificação dos processos erosivos e índices CTI e SPI em imagens Quick Bird disponíveis no Google Earth do mês maio de 2016: As figuras (A), (D) e (G) correspondem a processos erosivos; (B), (E) e (H) correspondem à representação do CTI; (C), (F) e (I) correspondem à representação do SPI.

Elaboração: autores.

Abdou et al. (2017) obtiveram resultados similares ao aplicar o CTI e SPI na região da cidade de Guelmim, Marrocos, com o intuito de identificar inundações e movimentos de massa, contudo não foi estabelecido uma escala temporal para análise das precipitações. Estes autores chegaram à conclusão de que as chuvas e os atributos morfométricos são os maiores contribuintes para estes eventos, contudo não houve validação dos índices com o índice Kappa.

Apesar do desempenho dos índices é necessário apresentar que aproximadamente a metade dos processos erosivos não foram identificados (Figura 4). Esse cenário aponta que provavelmente os processos erosivos não são controlados exclusivamente por ação do relevo. Outros fatores como a interferência antrópica com o uso e ocupação do solo e o manejo inadequado na bacia hidrográfica podem ser apontados como possíveis causas dos processos erosivos e deposicionais intensos.

## 5. Considerações Finais

O estudo avaliou a variação da precipitação e de aspectos do relevo na ocorrência de processos erosivos intensos ocorridos no ano de 2016 na bacia hidrográfica do Ribeirão Água da Queixada. O conjunto de características da precipitação (diária, mensal e semestral) desencadeou os processos geomorfológicos observados na área de estudo, porém o principal fator identificado foi o grande volume de chuvas por um longo período de tempo, fenômeno descrito a

partir da variável precipitação acumulada em seis meses (tempo de retorno de 134 anos). Isso fez com que o solo chegasse a altos níveis de saturação em água e que as chuvas adicionais tivessem forte capacidade de desenvolvimento de processos erosivos. Em termos de manejo, as chuvas prolongadas também devem ter impedido que os agricultores da região conseguissem conter as erosões em seu início.

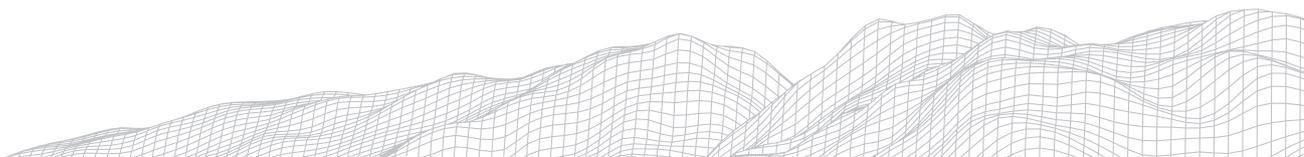
A aplicação dos índices CTI e SPI indica que aspectos do relevo condicionam a ocorrência de processos erosivos. O CTI demonstrou ser o mais adequado na predição dos processos erosivos para a área em estudo. Contudo, a ocorrência dos processos erosivos não se deve exclusivamente aos atributos do relevo, outros fatores como a ação antrópica, principalmente com o uso e ocupação do solo inapropriado, possuem potencial influência nos processos erosivos.

### Agradecimentos

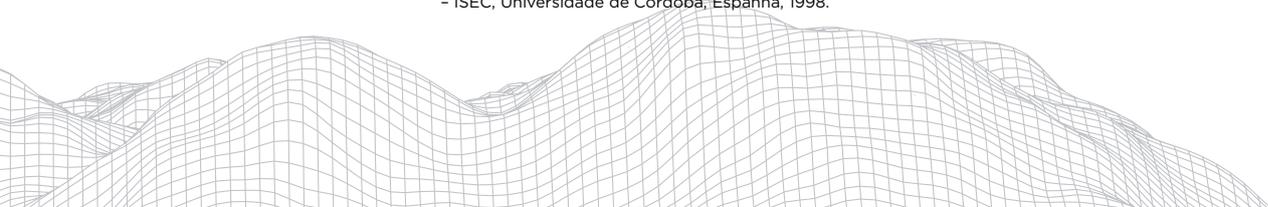
Os autores agradecem ao CNPq pelo projeto 404592/2016-3, pela bolsa de iniciação científica processo 11252/2017 e ao proprietário do imóvel rural pelo apoio para o desenvolvimento da pesquisa.

### Referências

- ABDOU, B. *et al.* **Global changes and natural disaster management: Geo-information technologies.** Global Changes and Natural Disaster Management: Geo-information Technologies, n. March, p. 1-228, 2017.
- ABRAMOVAY, R. Agricultura Familiar e Serviço Público: novos desafios para a extensão rural. Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v. 15, n. 1, p. 137-157, jan./abr. 1998.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia:** bases científicas para uma agricultura sustentável. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad, 1999.
- ANDERSON, M. G.; KNEALE, P. E. The influence of low-angled topography on hillslope soil-water convergence and stream discharge. **Journal of Hydrology**, v. 57, n. 1-2, p. 65-80, 1982.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA. Secretaria de Agricultura Familiar - SAF. Departamento de Assistência Técnica e Extensão Rural - DATER. **Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural.** Brasília: MDA/SAF/DATER, 2004.
- BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Sciences Bulletin**, v. 24, n. 1, p. 43-69, 1979.
- BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo.** 1997. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- BURT, T. P.; BUTCHER, D. P. Topographic controls of soil moisture distributions. **Journal of Soil Science**, v. 36, n. 3, p. 469-486, 1985.
- CAPORAL, F. R. **A extensão rural e os limites à prática dos extensionistas do serviço público.** 1991. 134 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural, Universidade de Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 1991.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e Sustentabilidade: base conceitual para uma nova extensão rural. In: WORLD CONGRESS OF RURAL SOCIOLOGY, 10., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IRSA, 2000. p. 1-19.
- CASALÍ, J.; LÓPEZ, J. J.; GIRÁLDEZ, J. V. Ephemeral gully erosion in southern Navarra (Spain). **Catena**, v. 36, n. 1-2, p. 65-84, 1999.



- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: UNESP; Edgard Blücher, 1999. 236p.
- CONGALTON, R. G. **An review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data**. Remote Sensing of Environment, v. 49, n. 12, p. 1671-1678, 1991.
- Coutinho LM. **Biomias brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.
- DAGGUPATI, P.; SHESHUKOV, A. Y.; DOUGLAS-MANKIN, K. R. Evaluating ephemeral gullies with a process-based topographic index model. **Catena**, v. 113, p. 177-186, 2014.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 5. ed, 2018.
- FAVARETO, A. da S. **Paradigmas do Desenvolvimento Rural em questão: do agrário ao territorial**. 2006. 220 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2006.
- FERNANDES, B. M. Sobre a tipologia de territórios. In: SAQUET, M. A. & SPOSITO, E. S. (Org.). **Território e territorialidades: teorias, processos e conflitos**. São Paulo: Expressão Popular/UNESP/Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2009. p. 197-215.
- FERNANDES, B. M. Sobre a tipologia de territórios. In: SAQUET, M. A. & SPOSITO, E. S. (Org.). **Território e territorialidades: teorias, processos e conflitos**. São Paulo: Expressão Popular/UNESP/Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2009. p. 197-215.
- FERNANDES, L. A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 1, n. 55, p. 53-66, 2004.
- FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. O GRUPO CAIUÁ (Ks): REVISÃO ESTRATIGRÁFICA E CONTEXTO DEPOSICIONAL. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 3, p. 164-176, 1994.
- FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação**. 7. ed. Tradução de Rosisca Darcy de Oliveira. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983[1969]. Título original: Extención o Comunicación?
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO – FJP. **Vale do Jequitinhonha: diagnóstico preliminar**. Belo Horizonte: FJP, CODEVALE, 1975.
- GALZKI, J. C.; BIRR, A. S.; MULLA, D. J. Identifying critical agricultural areas with three-meter LiDAR elevation data for precision conservation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 66, n. 6, p. 423-430, 2011.
- GASPARETTO, N. V. L. **As formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá**. 1999. 183 f. Tese - Departamento de Geoquímica e Geotectônica, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo. 1999.
- LAL, R.; HALL, G. F.; MILLER, F. P. Degradation: I. basic processes\*. v. 1, n. January, p. 51-69, 1989.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159, 1977.
- MINEROPAR- Minerais do Paraná. **Atlas Geomorfológico do Estado Do Paraná** - Escala base 1: 500.000; Curitiba, 2006.
- MOMM, H. G. *et al.* Effect of topographic characteristics on compound topographic index for identification of gully channel initiation locations. **Transactions of the ASABE**, v. 56, n. 2, p. 523-537, 2013.
- MORAES, L. F. *et al.* **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.
- MUSSOI, E. M. **Integración entre Investigación y Extensión Agraria en un contexto de descentralización del Estado y sustentabilización de políticas de desarrollo: el caso de Santa Catarina, Brasil**. 1998. 411 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Campesinato e História, Instituto de Sociología y Estudios Campesinos – ISEC, Universidade de Córdoba, Espanha, 1998.



NARDY, A.J.R.; OLIVEIRA, M.A.F. DE.; BETANCOURT, R.H.S.; VERDUGO, D.R.H.; MACHADO, F.B. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. **Geociências**, v. 21.n. 1/2, p. 15-32, 2002.

OGREN, B. M. Precision Conservation in the Zumbro River Watershed Using LiDAR and Digital Terrain Analysis to Identify Critical Areas Associated with Water Resource Impairment in Agricultural Landscapes. v. 14, n. 6, p. 478-485, 2012.

SOARES, P. C. *et al.* Ensaio De Caracterização Estratigráfica Do Cretáceo No Estado De São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 10, n. 3, p. 177-185, 1980.

RAMPI, L. P.; KNIGHT, J. F.; LENHART, C. F. Comparison of flow direction algorithms in the application of the cti for mapping wetlands in minnesota. **Wetlands**, v. 34, n. 3, p. 513-525, 2014.

SHESHUKOV, A. Y.; SEKALUVU, L.; HUTCHINSON, S. L. Accuracy of topographic index models at identifying ephemeral gully trajectories on agricultural fields. **Geomorphology**, v. 306, p. 224-234, 2018.

SILVA, F. DE P. E; KIANG, C. H.; CHANG, M. R. C. ESTRATIGRAFIA DE SUBSUPERFÍCIE DO GRUPO BAURU (K) NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, p. 77-88, 2005.

SILVA, A.M.; H.E. SCHULZ & P.B. CAMARGO. 2003. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos, Editora RiMa, 140p.

SRINIVASAN, M. S.; MCDOWELL, R. W. Identifying critical source areas for water quality: 1. Mapping and validating transport areas in three headwater catchments in Otago, New Zealand. **Journal of Hydrology**, v. 379, n. 1-2, p. 54-67, 2009.

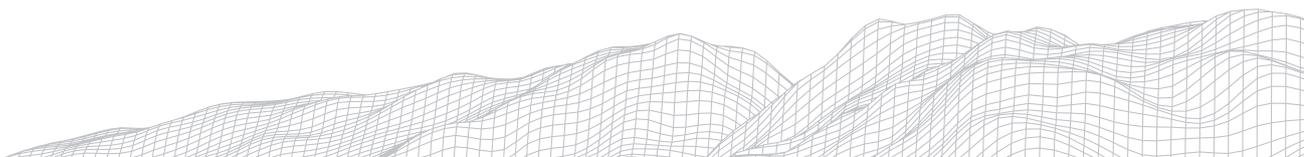
STARK, J. M.; REDENTE, E. F. Soil-plant diversity relationships on a disturbed site in northwestern Colorado. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, n. 4, p. 1028-1034, 1985.

TIMM, D. F. **Identifying Critical Source Areas for Best Management Practice Targeting in Impaired Zumbro River Watersheds Using Digital Terrain Analysis**. 2016. 285 f. Tese. Departamento de Agronomia, Universidade de Minnesota. December, 2016.

TOY, T.; HADLEY, R. Geomorphic design and management of disturbed lands. **Sediment and the Environment**, v. 1, n. 184, p. 145-153, 1989.

YANG, X. *et al.* Delineating soil landscape facets from digital elevation models using compound topographic index in a geographic information system. **Australian Journal of Soil Research**, v. 45, n. 8, p. 569-576, 2005.

ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE, C. R. Quantitative analysis of land surface topography. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 12, n. 1, p. 47-56, 1987.



# FRAGILIDADE AMBIENTAL URBANA E AMEAÇAS NATURAIS EM UMA METRÓPOLE DO NORDESTE DO BRASIL: ÁREAS DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA NA CIDADE DE FORTALEZA, CEARÁ

885

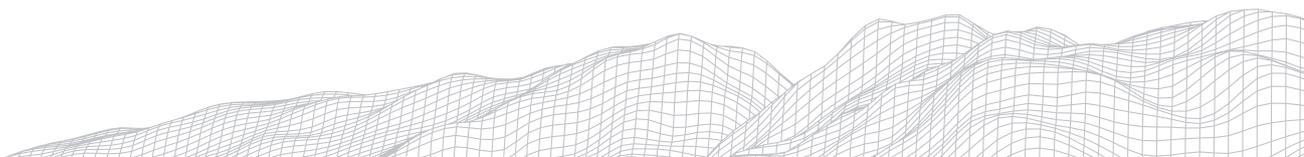
---

*João Sérgio Queiroz de Lima*  
Secretaria de Educação do Ceará (SEDUC)  
Rua Ricardo Pontes, 247 (CEP 60534-020). Genibaú, Fortaleza-Ceará  
Joao Sergio1980@gmail.com

### Resumo

O estudo trata dos riscos de desastres ambientais na cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará, localizada no nordeste setentrional do Brasil. Procura-se compreender a relação entre fragilidade ambiental urbana e assentamentos precários na produção de ameaças naturais e áreas de riscos, com ênfase nos movimentos de massa, nas encostas das dunas, adotando-se metodologia integrativa, no âmbito da geografia física urbana, com base na geomorfologia. Como resultados, identificou-se que a problemática está presente desde a década de 1970. Na atualidade, foram mapeados 22 assentamentos precários em encostas de dunas caracterizadas pela fragilidade ambiental urbana emergente alta e muito alta, com mais de 19 mil famílias expostas às ameaças dos movimentos de massa, do tipo corrida de detrito, configurando áreas de risco nas regiões do litoral nordeste e noroeste da cidade. A geomorfologia contribuiu como meio de compreensão e representação da problemática ambiental urbana.

**Palavras-chave:** desastres ambientais, assentamentos precários, riscos.



## Introdução

O acelerado e desordenado crescimento urbano incidindo sobre ambientes naturais com elevada instabilidade produziu, historicamente, grande variedade de acidentes relacionados aos eventos naturais, não necessariamente extremos. Os impactos desses acidentes afetam, sobretudo, a população de mais baixa renda, vulnerabilizada e permanentemente sujeita a uma série de problemas, que revelam uma imbricada relação entre o uso e ocupação da terra, degradação, riscos e desastres ambientais.

Conforme Lavell (1999; 2003), a problemática ambiental dos desastres está cada vez mais presente nas cidades, onde a concentração espacial das vulnerabilidades favorece a maior sujeição da sociedade aos efeitos indesejados dos eventos naturais, que devem ser analisados em conjunto com as formas inadequadas de uso e ocupação do meio físico.

Jacobi (2000), Mendonça (2004; 2011), Kobiyama et al. (2006), Tominaga (2009b, p.13), Cerri e Nogueira (2012) e Zamparoni e Nunes (2012), apontam que os riscos de desastres ambientais têm localização preferencial nos espaços urbanos das grandes metrópoles, fato intensificado desde as últimas décadas do século XX no Brasil.

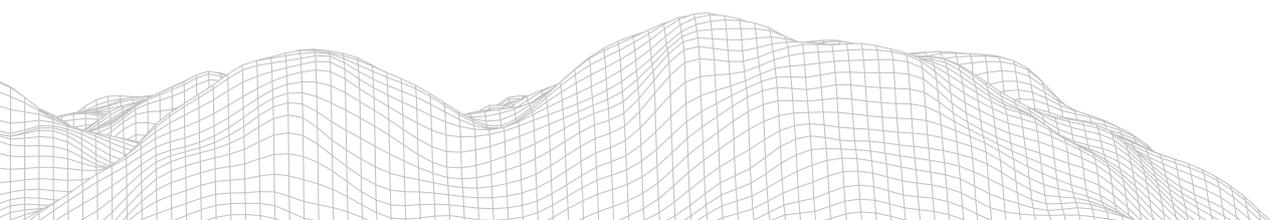
Os riscos de desastres ambientais são marcantes nos espaços urbanos das grandes cidades brasileiras, incidindo, principalmente, e de forma desigual, no território das comunidades mais carentes, cujas desfavoráveis condições socioeconômicas, políticas e tecnológicas definem a baixa capacidade de suporte das famílias frente às ameaças naturais, tornando-as vulneráveis pelas limitações impostas pela renda e moradia.

Os riscos estão concentrados, principalmente, nas periferias, em áreas onde há integração entre pobreza, precárias condições de moradia, déficit de infraestruturas e ocupação inadequada do meio físico. Esses fatores interagem, potencializando os efeitos adversos dos eventos naturais, sobretudo, nas comunidades em assentamentos mais precarizados por múltiplas vulnerabilidades.

Considerando a relação entre ameaças naturais e desastres ambientais na história da urbanização brasileira, inundações e movimentos de massa, deflagrados por precipitações pluviais, são os eventos mais frequentemente responsáveis por grandes e pequenos acidentes, sobretudo nas periferias das grandes cidades, onde se concentram os principais processos socioespaciais de vulnerabilização das comunidades, contribuindo para a produção de territórios denominados de “*áreas de risco*”.

Entende-se que o desastre ambiental não é um processo natural, mas derivado de práticas sociais, políticas e institucionais inadequadas em relação aos fenômenos físicos, representadas através de múltiplas vulnerabilidades, integradas e materializadas no território, determinando áreas e setores mais propícios para sua ocorrência. Os danos e prejuízos, definidores do problema, são compreendidos como entraves ao bem-estar social e desenvolvimento econômico, demandando o gerenciamento público adequado, em diversas escalas.

Os estudos dos desastres ambientais, na perspectiva da geografia física e geomorfologia, abordam as repercussões problemáticas no território, devendo priorizar a manifestação dos diversos eventos naturais em diferentes contextos socioespaciais, com várias frequências e intensidades, com intuito de subsidiar o adequado planejamento territorial, visando à redução das vulnerabilidades e riscos relacionados ao uso e ocupação da terra.



Gilbert Fowler White, de acordo com Gregory (1992), foi um dos pioneiros dos estudos dos riscos de desastres ambientais no âmbito da Geografia, empreendendo estudos sobre a temática das ameaças naturais (*natural hazards*) integradas aos desastres, quando no comando da Comissão “Homem e Meio Ambiente”, da União Geográfica Internacional (UGI). Entre seus objetivos de trabalho, destacam-se, estimar a extensão da ocupação humana nas áreas sujeitas aos eventos naturais extremos e examinar como os indivíduos percebem os eventos extremos e o risco decorrente dos mesmos. Nessa perspectiva, as pesquisas geográficas sobre os desastres naturais desenvolveram-se como resultado da abordagem da inter-relação entre eventos naturais e atividades humanas no território.

Nesse ínterim, os estudos apontam para três atividades principais: (1) monitoramento dos processos naturais (geológico-geomorfológicos, hidrológicos e atmosféricos), para determinar o padrão temporal e espacial; (2) relação entre processos naturais e ambiente construído, para planejamento de ações de ordenamento frente aos efeitos adversos; (3) elaboração de medidas de emergência, planos de contingência, reabilitação e reorganização do território (GREGORY, 1992, p.207).

Para Gerasimov (1980), o estudo das calamidades naturais é um instrumento criativo para a integração dos prospectos da geografia física e humana, através da avaliação integrada dos diferentes objetos da natureza e sociedade, articulando ciências histórico-naturais e socioeconômicas. Conclui que a maioria das calamidades deflagradas por eventos naturais pode ser adequadamente gerenciada se estudada coerentemente, visando à proposição de medidas preventivas e de reorganização do território.

No plano geral, os estudos sobre desastres naturais no mundo e no Brasil foram estimulados a partir dos esforços da Organização das Nações Unidas (ONU). Atualmente, o Escritório das Nações Unidas para Redução dos Riscos de (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR*) conduz a implantação das propostas do Plano de Ação de Sendai (2015-2030), que articula, como principais temas, a vulnerabilidade dos países subdesenvolvidos, a ocorrência de eventos climáticos extremos e a necessidade de construção de cidades resilientes, tendo como necessidade fundamental, a compreensão científica dos riscos, na perspectiva territorial, priorizando a redução dos riscos nas comunidades mais vulnerabilizadas e expostas às ameaças naturais, principalmente nos espaços urbanos.

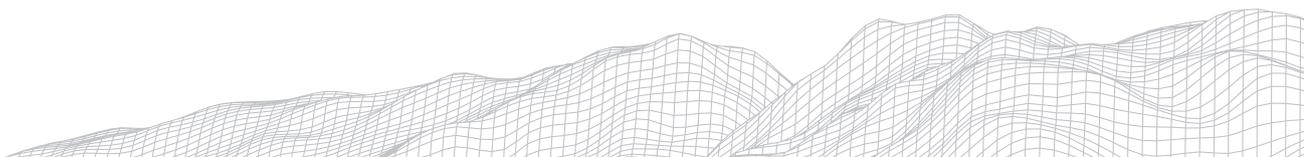
Em diferentes perspectivas, o conhecimento sobre desastres ambientais nos espaços urbanos pretende dar enfoque à instabilidade natural dos sítios urbanos quanto ao desenvolvimento de eventos físico-naturais de ordem climatológica, hidrológica e geomorfológica, com efeitos adversos potenciais na sociedade, de acordo com seus diferentes contextos de vulnerabilidade socioeconômica, materializados, sobretudo, nas condições e formas de moradia precarizadas.

Considerando a problemática exposta, este estudo tem como objetivo contribuir para a compreensão das ameaças naturais nos riscos de desastres ambientais na cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará, região Nordeste do Brasil, utilizando como exemplo as “áreas de risco” relacionadas aos movimentos de massa.

#### Área de estudo

A área de estudo compreende a cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará. Localizada na porção norte do Ceará<sup>1</sup>, limita-se ao norte com o Oceano

1 3°45'47" de latitude sul e 38°32'35" de longitude oeste.

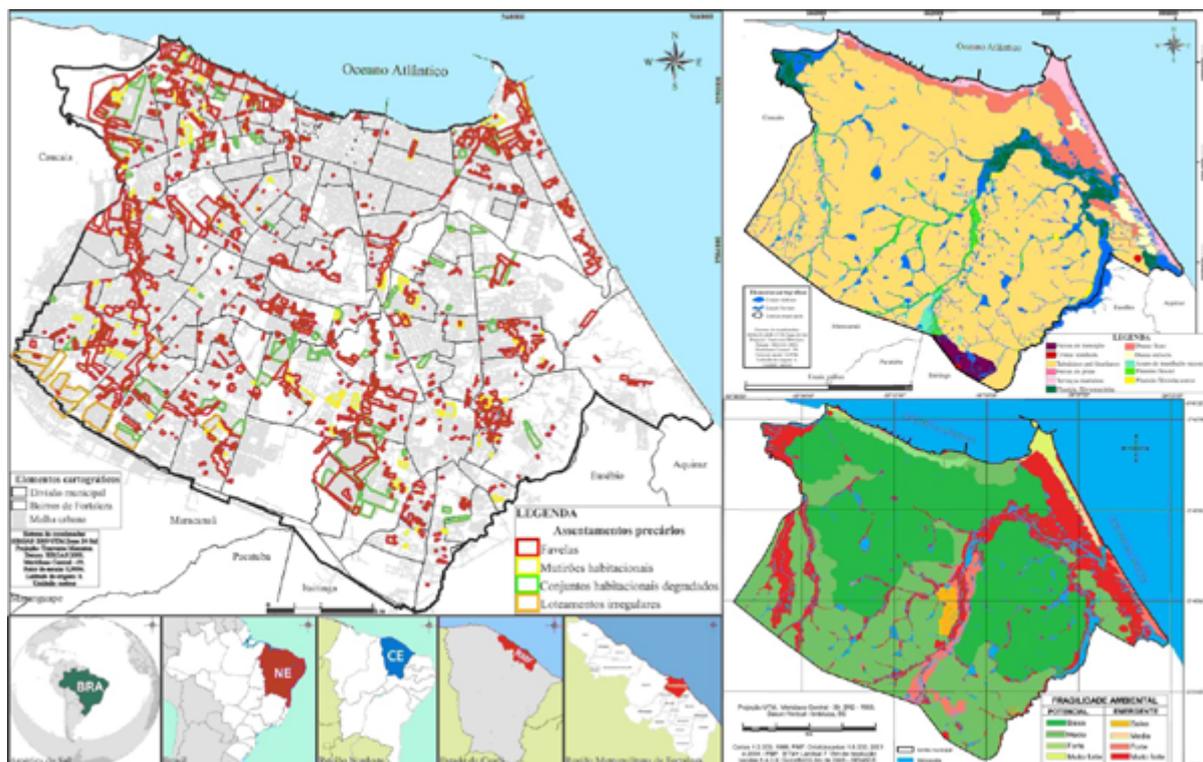


Atlântico, ao sul com os municípios de Maracanaú, Itaitinga e Pacatuba, a oeste com Eusébio e Aquiraz e, a leste, com Caucaia. Situa-se a 26,36m de altitude em relação ao nível do mar e ocupa área territorial de 314,9 km<sup>2</sup>.

Com 2.452.185 habitantes, ao final da primeira década do século XXI, se destaca como principal centro urbano do nordeste setentrional brasileiro e quinto maior do país (IBGE, 2011). Entre seus principais problemas, a cidade apresenta 838 assentamentos precários, entre esses, 617 favelas (figura 1). Nesses assentamentos estão 243.170 imóveis, 352.597 famílias e 964.562 habitantes, ocupando, no território municipal, 19,19% da área total, representando 39,34% da população e 34% dos imóveis (LIMA, 2018; LIMA; SANTOS, 2018).

O sítio urbano é composto por ambientes naturais predominantemente litorâneos e pré-litorâneos, fortemente alterados e densamente ocupados. Embora apresentem dinâmicas integradas, cada tipo de ambiente apresenta eventos naturais com funcionamento específico, que podem representar diferentes tipos de ameaças às ocupações vulnerabilizadas, como os assentamentos precários.

Considerando a dinâmica atmosférica, sobretudo pluvial, destaca-se o estudo de Ferreira e Mello (2005), sobre os sistemas locais, com grande atenção à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN); Linhas de Instabilidade (LI); Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM); Ondas de leste (OL); e, brisas marítimas e terrestres. A variabilidade interanual das chuvas tem como mecanismos mais importantes os fenômenos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), na bacia do Pacífico, e a temperatura da superfície do mar (TSM), na bacia do Atlântico sul.



**FIGURA 1:** Cidade de Fortaleza: localização, assentamentos precários, sistemas ambientais e fragilidade ambiental urbana. Fonte: Lima (2018); Santos (2015)

Zanella, Sales e Abreu (2009) consideram, para a cidade de Fortaleza, que as precipitações diárias a partir de 60 mm já contribuem para produção de impactos significativos. Segundo Olímpio *et al.* (2013), os eventos de chuva são considerados extremos (expressivos e insuportáveis quanto ao potencial de impacto) quando ultrapassam 100 mm/dia.

Conforme Souza *et al.* (2009), Santos e Ross (2012) e Santos (2015; 2016), no sítio urbano de Fortaleza, a elevada fragilidade de ambientes como faixas de praia, encostas de dunas móveis e fixas fortemente alteradas, planícies fluviomarinhas, fluviais, fluviolacustres e lacustres, indica forte suscetibilidade a eventos intensos e extremos, deflagrados por chuvas e acompanhados de alagamentos, inundações, movimentos de massa e ressacas do mar, com potencial de causar fortes impactos à ocupação urbana. Nesse sítio, são 32 unidades distintas de fragilidade ambiental urbana. Nesse contexto, são 14 unidades de fragilidade potencial e 18 unidades de fragilidade emergente.

Integralmente, as unidades de fragilidade potencial, menos instáveis, apresentam maior dimensão territorial, compreendendo 73% do sítio urbano, com cerca de 230 km<sup>2</sup>. As unidades de fragilidade emergente, mais instáveis, correspondem a 27% do território municipal, com aproximadamente 85 km<sup>2</sup>. De uma forma geral, o sítio urbano de Fortaleza não apresenta ambientes com fragilidades baixas.

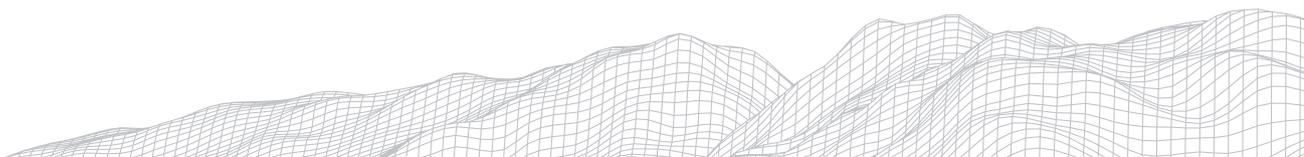
As maiores expressões espaciais contíguas da zona de fragilidade ambiental urbana emergente se encontram no litoral leste e seguindo os cursos fluviais dos rios Maranguapinho (a oeste) e Cocó (a leste). No litoral leste, compreende um corredor formado pelo campo de dunas na porção nordeste/leste do sítio urbano, em que se encontram partes dos bairros Vicente Pinzon, Lourdes, Manoel Dias Branco, Praia do Futuro I e II e Sabiaguaba.

Na bacia do rio Cocó, segue preferencialmente o curso principal, abrangendo áreas de planície fluvial e fluviomarinha, partindo do sul, seguindo a direção transversal sudoeste-nordeste, até a desembocadura a leste do sítio, na praia do “Caça e Pesca”, localizada no extremo sudeste do bairro Praia do Futuro II. Na bacia do rio Maranguapinho, porção oeste, segue também o curso principal, partindo do setor sudoeste do sítio, abrangendo planícies fluviais na direção sul-norte até a planície fluviomarinha, na porção noroeste, localizada nos bairros Quintino Cunha e Vila Velha.

Historicamente, as principais ameaças naturais registradas na cidade de Fortaleza se relacionam com fenômenos climáticos intensos e extremos deflagrados no período chuvoso e suas repercussões hidrológicas e geomorfológicas na zona de fragilidade ambiental urbana emergente, formada por ambientes mais instáveis quanto à morfodinâmica, cujas características potencializam a manifestação de eventos físicos com alto poder de destruição quando relacionados à precariedade e vulnerabilidade da ocupação urbana.

### Metodologia

O estudo em pauta se insere dentro da proposta de uma “geografia física urbana”, conforme expressam Gregory (1992), Coelho (2001) e Monteiro (2011), ao tratarem da complexidade existente, na especificidade das cidades, em relação ao nível de intervenção da sociedade na natureza. Para orientar a investigação, adota-se metodologia integrativa, que permite adaptações para abordagem dos problemas ambientais no território das cidades. Assim, utiliza-se a Análise da Fragilidade Ambiental Urbana, método com pressupostos lógicos no conceito de paisagem integrada, de perspectiva geossistêmica e ecodinâmica (SANTOS; ROSS, 2012).



As análises integrativas oferecem à geografia uma metodologia de unificação interdisciplinar para tratamento das questões ambientais. Operacionalmente, propõe uma estratégia partindo do nível teórico para o experimental, adotando fases de identificação dos componentes, análise das relações entre eles e construção de modelos de síntese.

Em consonância com Sotchava (1977, p.35 e 47), esse modelo analítico permite abordar os problemas relacionados à urbanização, integrando campos disciplinares e operacionalizando, paralelamente, análises setoriais e integrais, representadas em modelos, gráficos e mapas. Concordando com Bertrand (1971, p.4), nesse tipo de estudo a escala temporal e espacial adotada denota compatibilidade com a escala da sociedade, observando-se a maioria das interferências entre os elementos naturais e antrópicos da elaboração da paisagem urbana, considerando, adicionalmente, a divisão bairros e comunidades como um critério espacial de delimitação.

Segundo Tricart (1977, p.18), a maior vantagem da visão integrativa é a síntese dos conhecimentos setoriais da geografia física em sistemas ambientais, para lidar com a complexidade dos problemas em perspectiva dinâmica, funcional e evolutiva. A caracterização das unidades espaciais, descrições, avaliações e classificação tipológica adotam o sistema de evolução, agentes, processos e relações entre morfogênese, pedogênese e ação antrópica, de acordo com a ecodinâmica.

Os estudos no âmbito da Fragilidade Ambiental buscam a compreensão da síntese do espaço geográfico através das relações entre os ambientes naturais e as comunidades humanas através de adaptações de operações técnicas para geração de informações sistematizadas em banco de dados geográficos georreferenciados.

A síntese procura, na unidade do conjunto, a escala mais conveniente para articular o maior número de correlações dos diferentes atributos, cuja delimitação, embora arbitrária, privilegia os limites espaciais dos sistemas ambientais, privilegiando os aspectos geomorfológicos, como meio de aproximação em relação à realidade geográfica, atendendo as combinações e as relações entre os elementos.

A fragilidade do relevo é um dos principais elementos analíticos, considerando os padrões de formas, a rugosidade topográfica, a dissecação e as classes de declividade, que definem, por exemplo, limites geotécnicos críticos (indicadores da suscetibilidade). Aborda em primeiro plano as formas de diferentes dimensões e, em planos secundários, morfometria, morfogênese e morfocronologia, destacando-se, ainda, as tipologias das formas, morfoestrutura e morfoescultura.

Na perspectiva da integração, possibilita a abordagem das ações hidroclimáticas e suas repercussões em termos geomorfológicos (intensidade do escoamento superficial, possibilidade de infiltração, drenagem após a incidência das chuvas), indicando as possíveis ameaças naturais à sociedade, avaliada através das diferentes formas de uso e ocupação e suas vulnerabilidades.

Nesse modelo metodológico, a dinâmica ambiental é avaliada através das relações entre morfogênese, pedogênese e intensidade dos processos morfogenéticos nos problemas de organização dos territórios. Nesse contexto, a pedogênese explica a estabilidade e a morfogênese explica a instabilidade.

O modelo analítico permite verificar as tendências de estabilidade ou instabilidade morfodinâmica dos sistemas ambientais incorporando a avaliação das interferências das atividades antrópicas. Nesse ínterim, pode ser investigada a



suscetibilidade do sítio urbano às ameaças naturais, integrando-as às condições de vulnerabilidade social para compreensão dos riscos de desastres ambientais.

O sistema morfogenético é o mais importante para a dinâmica natural da superfície terrestre. Nos sistemas ambientais onde predominam a morfogênese os fatores naturais intensificam a instabilidade. Quando ocorrem influências antrópicas nesses sistemas pode haver degradação e potencialização dos efeitos adversos dos eventos naturais.

A morfogênese, produtora de instabilidade, é fator limitante para desenvolvimento da ocupação humana nos ambientes naturais. Onde a morfodinâmica é intensa não há suporte ambiental adequado para ocupação urbana, por exemplo, em função da possibilidade de ocorrência de eventos catastróficos. A partir desse entendimento, explica Tricart (1977) que um dos principais objetivos da gestão e ordenamento territorial é reduzir as ocupações e interferências humanas nos ambientes instáveis.

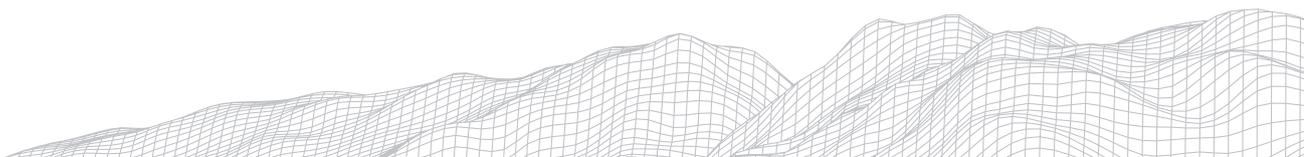
Sumariando as orientações de Ross (1992; 1994; 1995; 2009), Santos e Ross (2012) e Santos (2015; 2016), considera-se que no plano prático a Análise da Fragilidade Ambiental Urbana representa instrumento técnico-científico para avaliação do meio físico-natural fortemente alterado pela urbanização. Procura identificar as fragilidades potenciais e emergentes no sítio das cidades e classificá-las em diferentes níveis de problemas socioambientais.

Para o estudo dos riscos de desastres, o foco principal se concentra nos fatores morfodinâmicos limitantes, que restringem a ocupação urbana, pela elevada suscetibilidade dos ambientes aos eventos naturais considerados ameaças à sociedade, localizada de forma exposta e vulnerável.

A classificação e hierarquização das categorias de Fragilidade Ambiental Urbana consideram as características do ambiente natural, as condições de infraestrutura, as diferentes tipologias e formas de uso e ocupação do território e exploração dos recursos.

Aponta, a partir disso, cinco classes: (1) Muito baixa e (2) Baixa: Ambientes estáveis; baixa declividade; drenagem eficiente; média urbanização; infraestruturas para controle de cheias e redução da velocidade do escoamento superficial; vias, lotes e construções com excelente infraestrutura de drenagem; (3) Média: Ambientes com declividade praticamente nula, com problemas de drenagem e suscetíveis à inundações sazonais e alagamentos devido à ocupação urbana em planícies fluviais e lacustres; (4) Alta: Áreas naturalmente inundáveis, como setores das planícies lacustres, fluviais e fluviomarinhas mais próximos aos corpos hídricos, com urbanização precária e sem infraestruturas para contenção dos efeitos físicos dos eventos pluviais de média/baixa intensidade; (5) Muito Alta: Ambientes naturalmente inundáveis sazonalmente; ambientes com vertentes com grande declividade, suscetíveis a movimentos de massa; ausência de infraestrutura e total precariedade urbana e ocupações desordenadas; áreas fortemente instáveis (SANTOS; ROSS, 2012).

As diferentes classes qualitativas e hierarquizadas de Fragilidade Ambiental Urbana são zoneadas através das unidades de fragilidade potencial e emergente. As unidades de fragilidade potencial apresentam sistemas naturais com morfodinâmica mais estável e menos afetada pelas atividades humanas. As unidades de fragilidade emergente apresentam ambientes com potencial morfodinâmico que caracteriza a instabilidade dos ambientes, com notáveis mudanças das formas e frequentes alterações sazonais, crônicas e catastróficas.



A análise do zoneamento da fragilidade ambiental urbana da cidade de Fortaleza, realizada por Santos e Ross (2012) e atualizada por Santos (2015; 2016), fundamenta a compreensão da suscetibilidade dos ambientes naturais, submetidos às intervenções urbanas, quanto à ocorrência de eventos naturais com potencial de impactos sobre a ocupação urbana vulnerável.

Nesse contexto, a zona de fragilidade emergente, formada por vários tipos de ambientes instáveis, indica os setores mais suscetíveis do sítio urbano à ocorrência de ameaças naturais, por denotarem a maior intensidade morfodinâmica dos processos climáticos, hidrológicos e geomorfológicos, associados à ocupação desordenada e ao déficit de infraestrutura.

Na etapa de síntese e integração são procedidas as associações entre os temas através de correlações de informações e sobreposições de dados espaciais georreferenciados. Na análise espacial por supervisão visual, com uso de programa de geoprocessamento, a integração entre o conjunto de informações mapeadas serve para identificar, espacializar e caracterizar as áreas de risco de desastres ambientais, considerando as interseções.

Na principal atividade dessa etapa, com auxílio do programa *ArcGis*, os polígonos da zona de fragilidade ambiental urbana emergente são correlacionados com os polígonos dos assentamentos precários, utilizando ferramentas de geoprocessamento e composição de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Essa integração sugere a correlação de fatores naturais e socioeconômicos (ameaças naturais e vulnerabilidade social indicada pela precariedade da moradia) na produção dos riscos de desastres no território da cidade. Os assentamentos expostos e vulneráveis às ameaças naturais, em função da localização e precariedade, são objeto da classificação das áreas de riscos de desastres ambientais.

A classificação se destina a representar, através de mapa temático, a distribuição espacial das “áreas de risco” categorizadas. Esse procedimento é realizado considerando o agrupamento de áreas por tipo de assentamentos e por tipo de ameaça natural. O mapeamento das classes representa o produto síntese do estudo em questão, expressando espacialmente um conjunto de informações pertinentes à vulnerabilidade social integrada à suscetibilidade das ameaças naturais produzindo riscos de desastres ambientais na cidade de Fortaleza.

### **Resultados e discussões**

Souza (1978), Braga (1995), Silva (2001) e Pequeno (2009) apontam a problemática das áreas de risco de desastres ambientais nas dunas na cidade de Fortaleza desde a década de 1970, com agravamento mais evidente da situação a partir dos anos 2000. Enfatizam o crescimento progressivo da abrangência e recorrência dos impactos dos movimentos de massa nas favelas ocupadas por população de baixíssima renda, sem acesso ao mercado imobiliário formal.

Instituições públicas da prefeitura municipal de Fortaleza (PMF) e do governo do Ceará destacam, em documentos produzidos entre 1990 e 2011, os eventos denominados de “movimentos de terra”, “deslizamentos de terra” e “soterramentos” como as principais ameaças às comunidades em dunas da cidade de Fortaleza no período das chuvas (FORTALEZA, 1997; 2000; 2001; 2002; CEDEC, 1998; 1999; 2000; 2001; COMDECFOR, 2005, 2008, 2009, 2011a, 2011b).

No final da década de 1990, a Coordenação Estadual de Defesa Civil do Ceará (CEDEC) identificou sete áreas de risco relacionadas a deslizamentos e soterramentos em encostas de dunas. No início dos anos 2000, foram identificadas 13 comunidades ameaçadas por movimentos de massa, no Plano Municipal para Assentamentos Subnormais (PEMAS) (FORTALEZA, 2001; CEDEC, 1999).



No começo da década de 2010, a PMF identificou 13 áreas de risco em dunas ameaçadas por movimentos de massa, com 3.976 famílias localizadas na Comunidade do Farol Novo, Aristides Barcelos, Morro do Teixeira, Morro do Gengibre, Morro das Placas, Morro do Mirante, Morro do “Sandras” e Santa Terezinha, nas dunas do litoral leste, e, Comunidade Novo Lar, Morro Santiago, Dunas II, Álvaro de Alencar e o Complexo formado pelas comunidades Cacimba dos Pombos/Becos dos Biscoitos, Areia Grossa e Rio Nilo, nas dunas do litoral oeste (COMDECFOR, 2011b).

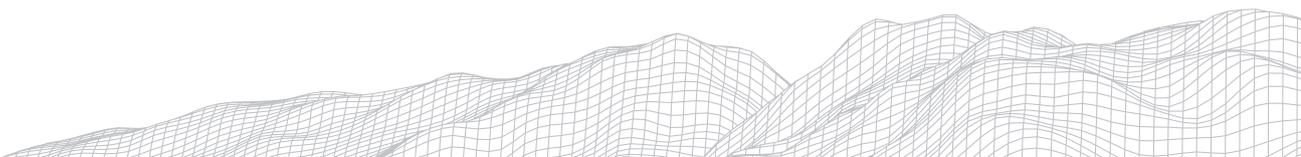
Segundo diversas definições de “áreas de risco” com referência na cidade de Fortaleza, são destacadas as ênfases dadas aos termos encostas de dunas, declividades acentuadas e movimentos de massa, como o exemplo do artigo 75, do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU-For) de 1992, que não menciona o termo “área de risco”, mas traz definição alusiva ao tema, no item II, destacando “áreas com declividade maior ou igual a 30%, ocupadas por assentamentos espontâneos, consideradas inadequadas à urbanização e à regularização fundiária” (FORTALEZA, 1992).

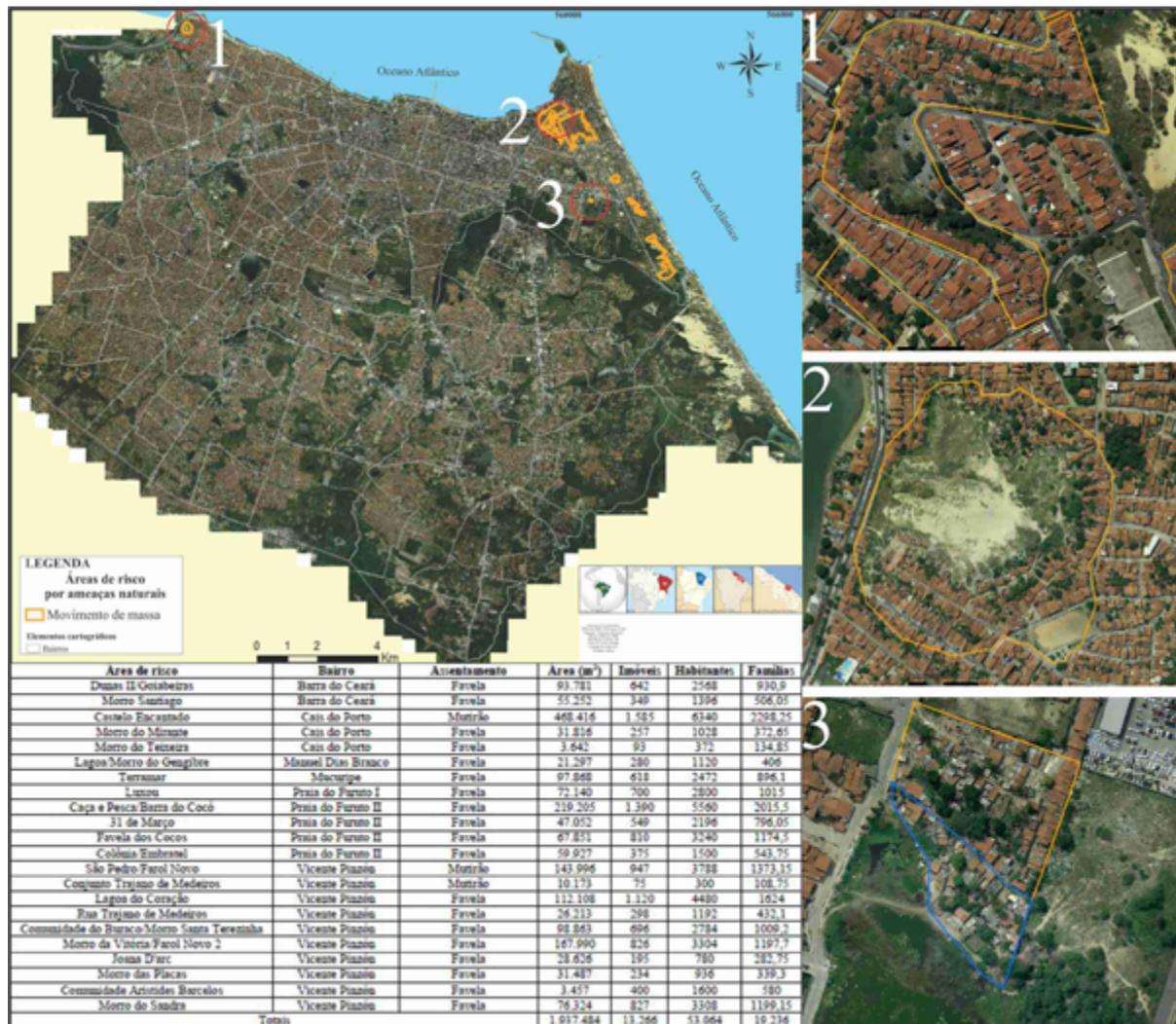
Áreas sujeitas a deslizamentos são descritas como “áreas de risco” na definição da Comissão de Implantação de Projetos Habitacionais de Interesse Social e Infraestrutura Urbana (COMHAB), da PMF em 1997 (FORTALEZA, 1997). A Arquidiocese de Fortaleza define “áreas de risco” como “áreas ocupadas por comunidades em terrenos impróprios para habitação e proibidas para qualquer tipo de edificação”, incluindo dunas ameaçadas por deslizamentos e desmoronamentos (CDPDH, 1999).

A definição de “área de risco”, do Programa “Habitar Brasil” - BID (PHBB), de 1999, inclui, também, “terrenos com declividades acentuadas e sujeitos a deslizamentos” (FORTALEZA, 2000), assim como, a definição da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Ceará, também de 1999, que integra “manchas de ocupações indevidas, com casebres e barracos, sujeitas a perigos de deslizamento e soterramento, por ocasião da quadra chuvosa, com registros anuais, entre janeiro e junho, de risco de desmoronamento de barreiras, dunas e encostas” (CEDEC, 1999).

A partir da proposta desse estudo, foram identificados, na cidade de Fortaleza, 22 assentamentos precários ocupando encostas de dunas caracterizadas pela elevada (alta e muito alta) fragilidade ambiental urbana emergente, representando áreas de risco de desastres ambientais, devido às ameaças de movimentos de massa, do tipo corrida de detritos.

As 22 áreas de risco ameaçadas por movimentos de massa são formadas, na maioria, por favelas (19), mas, também, por assentamentos do tipo mutirão (03) (figura 2). Ocupam área de 1,9 km<sup>2</sup>, com 13.266 imóveis expostos às corridas de detritos, com 19.236 famílias ameaçadas. Concentram-se, principalmente, no litoral leste, em bairros como Vicente Pinzon, Praia do Futuro II, Cais do Porto, Praia do Futuro I, Mucuripe e Manoel Dias Branco. No litoral oeste, duas comunidades, Morro Santiago e Goiabeiras, localizam-se no bairro Barra do Ceará.





**FIGURA 2:** Cidade de Fortaleza: áreas de risco por movimentos de massa. Fonte: autor (manipulação de fotos aéreas de 2010). Nota: (1) Comunidades Morro Santiago e Goiabeiras, bairro Barra do Ceará, margem direita do rio Ceará; (2) Comunidade Encosta do Mirante, bairro Vicente Pinzon; (3) Comunidade do Gengibre, bairro Manuel Dias Branco, margem norte da lagoa do Gengibre.

Os movimentos de massa são fenômenos naturais comuns nos ambientes com relevos fortemente inclinados, onde podem assumir grandes velocidades e elevado poder erosivo, se constituindo em ameaças à ocupação urbana. Impactos ambientais como desmatamentos, cortes, aterros, depósitos, modificações na drenagem, entre outros, têm aumentado a suscetibilidade das encostas às ações mais abruptas, condição agravada pelas ocupações irregulares sem infraestrutura adequada, evidentes nas dunas ocupadas da cidade de Fortaleza.

Analisa Kobayama et al. (2006) e Tominaga (2009b) que esses eventos se referem a descida de solos e rochas em encostas íngremes sob o efeito da gravidade e potencializada pela ação da água, em episódios pluviiais intensos e concentrados. Hesp e Thom (1990) explicam que nas encostas das dunas os movimentos de massa se desenvolvem através das corridas ou fluxos de massa.

Segundo Higland e Bobrowsky (2008) as corridas de massa (*flow*) são um tipo movimento gravitacional extremamente rápido, com extenso raio de ação e alto poder destrutivo, desencadeado por um intenso fluxo de água na superfície, em decorrência de chuvas intensas e concentradas. Quanto ao material

mobilizado, podem ser classificadas em três tipos básicos: corrida de terra (*earth flow*), corrida de lama (*mud flow*) e corrida de detritos (*debris flow*). Esse último é identificado nas dunas da cidade de Fortaleza.

Nas corridas de detritos, o fluxo de materiais grosseiros (areia) ocorre com elevado volume de água, velocidade relativamente alta e considerável poder destrutivo. São, em geral, movimentos rápidos, súbitos, associados com formações superficiais facilmente desagregáveis. Podem estar relacionados ao aumento de pressão de fluidos nos poros entre os grãos de areia, provocado pela concentração da umidade. A pressão elevada nos poros diminui a força coesiva entre os grãos de areia, que, em conjunto, desestabiliza toda a encosta, propiciando a corrida do material arenoso.

Segundo Hunter (1977), Jaffe et al. (1998) e Nichols (2009) os setores das dunas mais suscetíveis às corridas de detritos são as encostas mais íngremes, nas faces de sotavento (*lee face*) ou de avalanche, com ângulo de inclinação superior a 33° de declividade (ângulo crítico de repouso da areia seca). Os sedimentos acumulados pelo vento nesses setores sofrem constante reativação do transporte por ação da gravidade, para a manutenção do equilíbrio do perfil de forma natural. Na presença de elevada umidade, ocorre saturação do solo em pacotes coesos de maior dimensão, que favorece episódios de corrida de detritos.

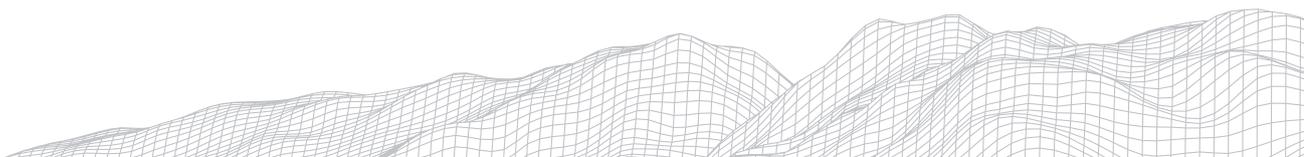
Guzzetti et al. (1999), Fell, et al. (2008), Cerri e Nogueira (2012, p.286) e Sepúlveda e Petley (2015) apontam os ambientes urbanos e os assentamentos precários como as áreas mais propícias à produção de riscos e desastres associados ao movimentos de massa, destacando que, a ação natural transforma-se em catástrofe motivada pela extensão das ocupações inadequadas.

No sítio urbano fortalezense, as dunas estão dispostas paralelamente à linha da costa, em uma faixa que vai de dezenas de metros até 3 km em alguns trechos, com maior expressão espacial no litoral leste. Apresentam perfil dissimétrico, com declive suave a barlavento e abrupto a sotavento. Os dois mais representativos campos localizam-se na porção oeste, nos bairros Barra do Ceará e Pirambu; e, na porção leste, a retaguarda do Porto do Mucuripe e Praia do Futuro (LIMA; FRANÇA, 1976, p.21; MORAIS, 1980; p.52).

As corridas de detritos, geralmente, ocorrem nas encostas mais abruptas das dunas do Morro Santiago e Santa Terezinha, durante episódios de chuvas intensas ou extremas. O primeiro localiza-se no litoral extremo oeste da cidade, próximo à margem direita da foz do Rio Ceará (montante-jusante). O segundo localiza-se na porção nordeste do sítio urbano, no litoral leste, próximo ao Porto do Mucuripe. Ambos apresentam grande concentração de moradias precárias, instaladas de forma inadequada, com riscos de desmoronamento e soterramento devido aos movimentos de massa.

Na encosta norte da paleoduna onde se localiza a Santa Casa de Misericórdia, no bairro Centro, ocorreu um evento de corrida de detritos no dia 31 de março de 2014, que ocasionou a interrupção temporária do trânsito de veículos na Avenida Leste-Oeste, no sopé. No dia da ocorrência foi registrado um total pluviométrico de 116,6 mm na cidade, sob a vigência da ZCIT.

Na maior parte dos campos de dunas da cidade de Fortaleza, além da declividade das vertentes, o principal fator desencadeador das corridas de detritos é a saturação do material arenoso com umidade proveniente das águas das chuvas concentradas. Esse tipo de ação natural potencializa a destruição de imóveis e infraestruturas.

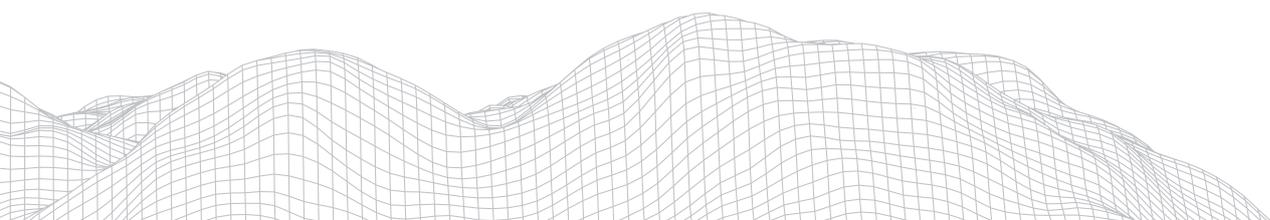


Nas dunas do litoral oeste, região do Grande Pirambu, movimentos de massa são desencadeados devido ao solapamento basal provocado pela abrasão das ondas em períodos de maré alta ou ressacas do mar. As dunas no litoral oeste de Fortaleza estão dispostas de forma contínua, no sentido O e SE, na mesma linha de direção dos ventos. Apresentam 2.577 m de faixa de extensão, 755 m de largura e perfil com declividade suave a barlavento (leste) e abrupto a sotavento (oeste). As altitudes variam entre 25 metros nas dunas fixas e 30 metros nas dunas semifixas (LIMA; FRANÇA, 1976, p.23).

A ocupação das dunas, nesse setor do litoral, foi intensificada a partir da década 1980, processo foi motivado pela crescente demanda dos grupos sociais de baixa renda por moradia. A construção de conjuntos habitacionais pelo governo do estado do Ceará, como o Planalto das Goiabeiras, através da Fundação PROAFA, e o Polo de Lazer da Barra do Ceará, em 1982, contribuiu para a consolidação da ocupação nessa região da cidade.

Localizado na Comunidade das Goiabeiras, o Morro Santiago constitui-se das dunas com as encostas mais íngremes nessa parte do litoral (figura 2: 1 e 2). Apresenta histórico de corridas de detritos nas vertentes a oeste, norte e sul. A instalação progressiva de moradias extremamente precárias suscitou a elevada predisposição aos acidentes, por conta de eventos naturais, como o ocorrido na madrugada do dia 09 de dezembro de 2008. Nessa data o Jornal Tribuna do Ceará noticiou um “deslizamento” destruindo e danificando várias residências, deixando outras em risco de desabamento (MAGALHÃES; SILVA, 2009).

No litoral leste, entre a foz do rio Cocó e a ponta do Mucuripe, as dunas estão dispostas de forma retilínea em relação à linha de costa e orientadas no sentido NW-SE. Apresentam 6.186 m de faixa de extensão, 1.660m de largura. As cotas altimétricas variam de 5 a 70 metros (LIMA; FRANÇA, 1976, p.23). Nesse setor do litoral, o campo de dunas encontra-se densamente ocupado pelos bairros Mucuripe, Vicente Pinzon, Cais do Porto, Papicu, Lourdes e Praia do Futuro. Destacam-se, nesse contexto, as comunidades que formam o Morro Santa Terezinha, localizado na porção nordeste do sítio urbano, à retaguarda do Porto do Mucuripe (figura 3: ilustração 3; ilustrações a, b, c, d).





**FIGURA 3:** Campos de dunas com encostas suscetíveis a movimentos de massa na cidade de Fortaleza. Fonte: (1 e 3): Google Earth (19/12/2016); (2) <https://www.norteandovoce.com.br/regioes/ceara/conheca-a-barra-do-ceara-vista-de-cima/>; (a e b): Diêgo Paula de Araújo (2010); (c e d): autor (2012); (e): Jornal O Estado (2015); (f) Fonte: Jornal Tribuna do Ceará (2015). Notas: Figuras 1 e 2 - Morro Santiago; figura 3 - Morro Santa Terezinha e Encosta do Mirante; figuras a, b, c, d - comunidades no Morro Santa Terezinha e Encosta do Mirante; figuras e, f - corrida de detritos no Morro Santa Terezinha, 03/01/2015.

Entre 1980 e 1983 foi construído o conjunto Santa Terezinha pelo governo do estado do Ceará, através da Fundação PROAFA, como parte do programa de erradicação de favelas. Nele foram edificadas 1.022 casas, em quatro etapas. Nas adjacências do conjunto, em áreas consideradas impróprias à urbanização, foram instaladas progressivamente favelas nas encostas mais íngremes.

Segundo estudo realizado por Carneiro et al. (2013), as vertentes situadas entre os topos dos morros e os taludes mais íngremes, com declividade que variável entre 14 e 41%, apresentam a maior suscetibilidade aos processos erosivos de maior magnitude.

Na mesma encosta do Morro Santa Terezinha, no setor mais a oeste, ocorreu um evento de corrida de detritos no dia 03 de janeiro de 2015. Chuvas de 28,3 mm provocaram um movimento de massa muito rápido, com deslocamento de grande quantidade de material arenoso, interrompendo parcialmente o trânsito de veículos na Avenida Abolição, em frente ao Clube de Fortaleza (figura 3: ilustrações e, f).

As dunas costeiras arenosas, independentemente da fitoestabilização, são ambientes naturais que requerem atenção especial quanto ao uso e ocupação. As dunas móveis são os ambientes de maior instabilidade morfoodinâmica nesse contexto, cujas respostas em termos de adaptação à degradação da morfologia potencializam danos materiais e humanos à sociedade. A ocupação urbana desordenada sobre o campo de dunas na Fortaleza, realizada, sobretudo, por assentamentos precários de moradia, representa um fator agravante para a ocorrência dos movimentos de massa.

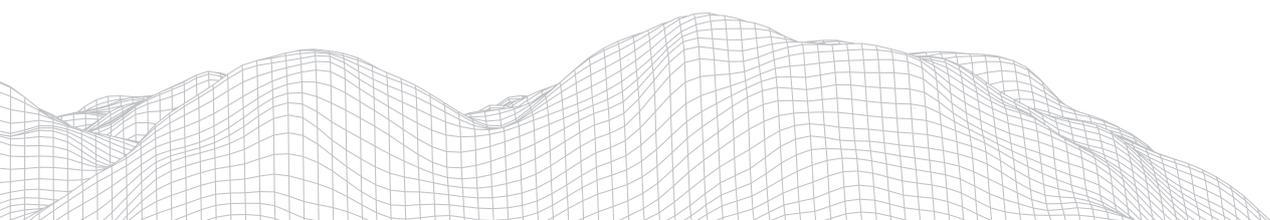
Souza (2006; 2009) aponta as encostas de dunas, no sítio urbano de Fortaleza, como um dos ambientes que restaram para os grupos sociais com baixíssima renda, demandantes de novas moradias, configurando locais de habitação das famílias mais pobres da cidade, suscetíveis a movimentos de massa. Costa (2009) indica as dunas como ambientes altamente degradados pela ocupação inadequada do meio físico, cujas consequências, das extensivas modificações na superfície do solo, sendo evidenciadas nos próprios ocupantes, fundamentando áreas de risco.

Silva (2009), Costa e Dantas (2009), Zanella et al. (2009), Pequeno e Aragão (2009) e Pequeno, Barroso e Aragão (2009) explicam o contexto socioespacial das áreas de risco de movimentos de massa na cidade de Fortaleza, ao apresentarem que se tratam de territórios com elevada vulnerabilidade social e moradia precarizadas, cuja ocupação, considerada inadequada, é agravada pela recorrência sazonal do período chuvoso.

### **Considerações finais**

Os conhecimentos geomorfológicos utilizados nas investigações da fragilidade ambiental urbana apresentam-se promissores à compreensão da problemática das áreas de risco de desastres na cidade de Fortaleza, contribuindo para a compreensão e espacialização das ameaças naturais nas encostas das dunas, com potenciais produtoras de impactos com danos humanos e materiais nos assentamentos precários.

Os assentamentos precários servem de indicativo dos territórios que concentram as mais graves situações em termos de vulnerabilidade social, representada pela precariedade urbanística e arquitetônica, evidentes nas formas de uso e ocupação da terra. Esses territórios representam os espaços mais vulneráveis aos desastres no contexto urbano, principalmente quando localizados na zona de fragilidade ambiental urbana emergente, indicando comunidades vulnerabilizadas e expostas às ameaças naturais, servindo ao mapeamento das áreas de risco de desastres ambientais nas encostas mais íngremes das dunas, onde ocorrem os movimentos de massa do tipo corrida de detritos, de manifestação rápida e altamente destrutiva, cuja concentração é mais evidente no litoral extremo-noroeste, no Morro Santiago, e nordeste, na região do Morro Santa Terezinha.



O zoneamento proposto serve de base territorial para análises detalhadas da problemática ambiental urbana em questão. Permite a elaboração de classificações e hierarquizações, servindo ao planejamento destinado ao gerenciamento dos riscos de desastres. Dessa forma, é possível indicar quais as comunidades mais ameaçadas e elaborar medidas de intervenção estruturais e não estruturais, conforme preconizam as propostas de planos municipais de redução de riscos, constantes nas indicações do sistema nacional de proteção e defesa civil para os municípios.

### Agradecimentos

A realização do estudo conta com a contribuição fundamental da Fundação cearense de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico (FUNCAP) e do Programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

### Referências

LIMA, João Sérgio Queiroz de; SANTOS, Jader de Oliveira. **Precarious settlements in a regional metropolis of northeast Brazil: the case of the Fortaleza city, Ceará state.** Caminhos de Geografia Uberlândia - MG, v. 19, n. 67, p. 289-303, Set/2018.

LIMA, João Sérgio Queiroz de. **Desastres ambientais nos assentamentos precários da cidade de Fortaleza-Ceará-Brasil: Riscos derivados da integração entre vulnerabilidade social e ameaças naturais.** 2018. 220 f. Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - Ceará.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico.** Caderno de ciências da terra. No. 13. São Paulo: Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo, 1971.

BRAGA, Elza Maria Franco. **Os labirintos da habitação popular: conjunturas, programas e atores.** Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 1995. 278p.

CARNEIRO, Franklin de Andrade; *et al.* **Evolução do uso e ocupação do campo de dunas do Morro Santa Terezinha, Fortaleza/CE.** Geociências, UNESP, São Paulo, v. 32, n.1, p. 137-151, 2013. Disponível em: <[http://www.academia.edu/6734821/EVOLU%C3%87%C3%83O\\_DO\\_USO\\_E\\_OCUPA%C3%87%C3%83O\\_DO\\_CAMPO\\_DE\\_DUNAS\\_DO\\_MORRO\\_SANTA\\_TEREZINHA\\_FORTALEZA\\_CE\\_Carneiro\\_Vasconcelos\\_Ver%C3%ADssimo\\_Silva\\_2013\\_](http://www.academia.edu/6734821/EVOLU%C3%87%C3%83O_DO_USO_E_OCUPA%C3%87%C3%83O_DO_CAMPO_DE_DUNAS_DO_MORRO_SANTA_TEREZINHA_FORTALEZA_CE_Carneiro_Vasconcelos_Ver%C3%ADssimo_Silva_2013_)>. Acesso em: 02 jan. 2015.

CENTRO DE DEFESA E PROMOÇÃO DOS DIREITOS HUMANOS DA ARQUIDIOCESE DE FORTALEZA (CDPDH). **Dossiê das áreas de risco da zona periférica de Fortaleza.** Fortaleza, 1999.

COELHO, Maria Célia Nunes. **Impactos ambientais em áreas urbanas. Teoria, conceitos e métodos de pesquisa.** In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Org.). Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 416p. Capítulo 1, p.19-46.

COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DO CEARÁ (CEDEC). **Relatório da Operação Fortaleza 1998.** Fortaleza, 1998.

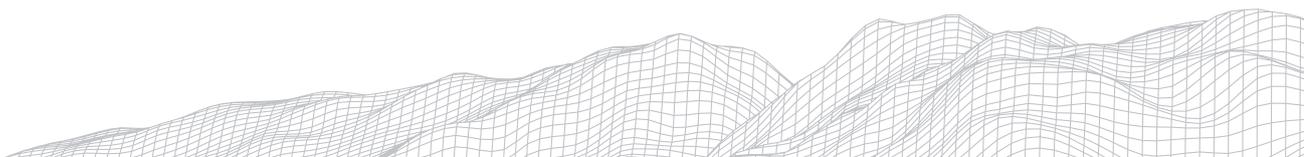
COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DO CEARÁ (CEDEC). **Relatório da Operação Fortaleza 1999,** 1999.

COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DO CEARÁ (CEDEC). **Relatório da Operação Fortaleza 2000.** Fortaleza, 2000.

COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DO CEARÁ (CEDEC). **Relatório da Operação Fortaleza 2001.** Fortaleza, 2001.

COORDENADORIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL DE FORTALEZA (COMDECFOR). **Relatório das áreas de risco de Fortaleza - 2005.** Comunicação interna. Fortaleza, 2005.

COORDENADORIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL DE FORTALEZA (COMDECFOR). **Relatório das áreas de risco de**



**Fortaleza - 2008.** Comunicação interna. Fortaleza, 2008.

COORDENADORIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL DE FORTALEZA (COMDECFOR). **Relatório das áreas de risco de Fortaleza - 2009.** Comunicação interna. Fortaleza, 2009.

COORDENADORIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL DE FORTALEZA (COMDECFOR). **Relatório das áreas de risco de Fortaleza - 2010.** Comunicação interna. Fortaleza, 2011. (a)

COORDENADORIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL DE FORTALEZA (COMDECFOR). **Relatório das áreas de risco de Fortaleza - 2011.** Comunicação interna. Fortaleza, 2011. (b)

COSTA, Maria Clélia Lustosa da; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia. (Org.). **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza.** Fortaleza: Edições UFC, 2009. Apresentação. P.7-11.

COSTA, Maria Clélia Lustosa. **Planejamento e expansão urbana.** In: DANTAS, Eustógio Wanderley Correia; SILVA, José Borzacchiello da; COSTA, Maria Clélia Lustosa. (Orgs.). De cidade à metrópole: (trans)formações urbanas em Fortaleza. Fortaleza: Edições UFC, 2009. Capítulo 3. P.143-186.

FELL, R., *et al.* **Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning.** Engineering Geology, v.102, p.99-111, 2008. Disponível em: <[http://www2.etcg.upc.edu/asg/Talussos/pdfs/2008\\_Commentary\\_Guidelines.pdf](http://www2.etcg.upc.edu/asg/Talussos/pdfs/2008_Commentary_Guidelines.pdf)>. Acesso em: 02 jan. 2015.

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. **Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região.** Revista Brasileira de Climatologia, n. 1, v.1, p.15-28, dez. 2005. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/viewFile/25215/16909>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

FEW, Roger; *et al.* **Floods, health and climate change: a strategic review.** Tyndall Centre, Working Paper no 63, Norwich, UK: University of East Anglia, 2004. 138p. Disponível em: <<http://www.tyndall.ac.uk/sites/default/files/wp63.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

FORTALEZA. Comissão de implantação de projetos habitacionais de interesse social e infraestrutura urbana (COMHAB). **Relatório das realizações da COMHAB 1990-1996.** Fortaleza, 1997. *Mimeo*

FORTALEZA. Comissão de Implantação de Projetos Habitacionais de Interesse Social e Infraestrutura Urbana (COMHAB). **Áreas de risco em Fortaleza: relatório síntese.** Fortaleza, 2000.

FORTALEZA. Comissão de Implantação de Projetos Habitacionais de Interesse Social e Infraestrutura Urbana (COMHAB). **Plano estratégico municipal para assentamentos subnormais - PEMAS.** Município de Fortaleza. 2ª atualização. Fortaleza, 2001.

FORTALEZA. **Decreto Municipal no 11.173, de 11 de abril de 2002.** Estado de Calamidade Pública.

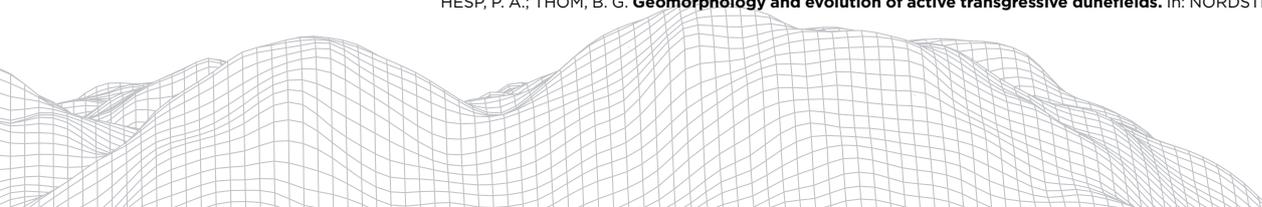
FORTALEZA. **Lei Municipal nº 7061, de 16 de janeiro de 1992.** Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU-For). Fortaleza, 1992.

GERASIMOV, I. **Problemas metodológicos de la ecologización de la ciência contemporanea.** In: La Sociedad y el medio natural. Moscou: Progreso, 1980. P.57-74.

GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física.** Tradução: Eduardo de Almeida Navarro. Revisão técnica: Antônio Christofolletti. São Paulo: Ed. Bertrand Brasil, 1992. 367p.

GUZZETTI, Fausto; *et al.* **Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multiscale study, Central/Italy.** Geomorphology, v. 31, n. 1-4, p. 181-216, 1999. Disponível em: <[http://ac.els-cdn.com/S0169555X99000781/1-s2.0-S0169555X99000781-main.pdf?\\_tid=d5bbd1d2=-157c11-6e-89aa00000-aac35be&acdnat=1481649547\\_1baec40068613b3984eb3d17ea28f20b](http://ac.els-cdn.com/S0169555X99000781/1-s2.0-S0169555X99000781-main.pdf?_tid=d5bbd1d2=-157c11-6e-89aa00000-aac35be&acdnat=1481649547_1baec40068613b3984eb3d17ea28f20b)>. Acesso em: 02 jan. 2015.

HESP, P. A.; THOM, B. G. **Geomorphology and evolution of active transgressive dunefields.** In: NORDSTROM, K. F.; PSUTY,



N. P.; CARTER, R. W. G. (eds.). *Coastal dunes: form and process*. Wiley, Chichester, England. Brisbane, Australia: John Wiley and Son, 1990. 392p. P.253-288. Disponível em: < <http://nowusq.org/file/coastal-dunes-form-and-process.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

HIGLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. **The landslide handbook – A guide to understanding landslides**. U.S. Geological Survey Circular 132. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey (USGS), 2008. 129p. Disponível em: <[https://pubs.usgs.gov/circ/1325/pdf/C1325\\_508.pdf](https://pubs.usgs.gov/circ/1325/pdf/C1325_508.pdf)>. Acesso em: 02 jan. 2015.

HUNTER, Ralph E. Basic **Types of Stratification in Small Eolian Dunes**. *Sedimentology*, v.24, Issue 3, June 1977. P.361-287. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3091.1977.tb00128.x/pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2015. (Version of Record online: 14 JUN 2006 | DOI: 10.1111/j.1365-3091.1977.tb00128.x)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>>. Acesso em: 02 ago. 2014.

JACOBI, Pedro Roberto. **Cidade e Meio Ambiente: percepções e práticas em São Paulo**. 1ª edição. São Paulo: Annablume, 2000. 191p.

JAFFE, Bruce; et al. **Popular beach disappears underwater in huge coastal landslide – Sleeping Bear Dunes, Michigan**. U.S. Geological Survey's Coastal and Marine Geology Program. National Park Service. CA, 1998. Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/fs/1998/fs020-98/>. Acesso em: 17/11/2016.

KOBIYAMA, Masato. Et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. 1ª edição. 1ª reimpressão. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006. 109p.

LAVELL, Allan. **Gestión de riesgos ambientales urbanos**. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres em América Latina, Facultad Latinoamericana de Ciências Sociales, 1999. Disponível em: < [http://www.unisdr.org/files/11008\\_Gestion-DeRiesgosAmbientalesUrbanos1.pdf](http://www.unisdr.org/files/11008_Gestion-DeRiesgosAmbientalesUrbanos1.pdf)> Acesso em: 02 ago. 2014.

LAVELL, Allan. **Local level risk management: Concept and practices**. CEPREDENAC-UNDP. Quito, 2003. Disponível em: [http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/llrmceca/llrmceca\\_abr-24-2003.pdf](http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/llrmceca/llrmceca_abr-24-2003.pdf). Acesso em: 01 jan. 2017.

LIMA, F.A.M.; FRANÇA, G.V. de. **Fotointerpretação de dunas no Município de Fortaleza, Ceará, Brasil**. Ciências Agrônômicas, Fortaleza, v.1-2, n.6, p.21-24, 1976. Disponível em: <[http://www.ccarevista.ufc.br/site/artigos\\_lista.php?sel=1976&sel2=1&sel3=6](http://www.ccarevista.ufc.br/site/artigos_lista.php?sel=1976&sel2=1&sel3=6)>. Acesso em: 02 jan. 2015.

MAGALHÃES, Gledson Bezerra; SILVA, Edson Vicente da. **Análise geoambiental e impactos ambientais nas dunas da Barra do Ceará - CE/Brasil**. In: XII Encontro de Geógrafos de América Latina EGAL, XII, Montevideo, Uruguai. Anais... Montevideo, 2009. Disponível em: <<http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Impactoambiental/84.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

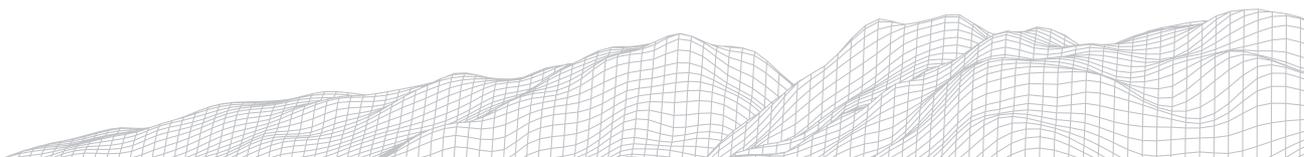
MENDONÇA, Francisco. **Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba**. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 10, p. 139-148, jul./dez. 2004. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/made/article/viewFile/3102/2483>. Acesso em: 01 jan. 2017.

MENDONÇA, Francisco. **Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas. Inovações na análise geográfica**. *Revista da ANPEGE*, v.7, n.1, número especial, p.111-118, out.2011. Disponível em: <<http://anpege.org.br/revista/ojs-2.4.6/index.php/anpege08/article/view/151/RAE10>>. Acesso em: 01 ago. 2014.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e clima urbano**. In: MENDONÇA, Francisco; MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo (Org.). *Clima urbano*. 1ª edição, 2ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2011. 192p. Capítulo 1, p-9-65.

MORAIS, Jäder Onofre de. **Aspectos da Geologia Ambiental Costeira no Município de Fortaleza-Ceará**. 318f. Tese (Professor Titular). Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1980.

NICHOLS, Gary. **Sedimentology and Stratigraphy**. 2nd ed. [s.l.]: Wiley-blackwell, 2009. 419p. Disponível em: <<http://www.igc.usp.br/pessoais/renatoalmeida/Bibliografias/Sedimentology%20and%20Stratigraphy%20Nichols2009.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2015.



OLÍMPIO, João Luís Sampaio; *et al.* **Episódios pluviais extremos e a vulnerabilidade socioambiental do Município de Fortaleza: o evento do dia 27/03/2012.** GEO UERJ, Rio de Janeiro, ano 15, v.1, n.24, p.181-206, 1º semestre, 2013. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/5074>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

PEQUENO, Luiz Renato Bezerra; ARAGÃO, Thêmis. **Dimensão habitacional da Região Metropolitana de Fortaleza.** In: PEQUENO, Luiz Renato Bezerra. Como anda Fortaleza. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2009. 248p. Capítulo 4, P.69-96.

PEQUENO, Luiz Renato Bezerra; BARROSO, Joísa; ARAGÃO, Thêmis. **Desigualdades socioespaciais e a questão habitacional na metrópole.** In: Como anda Fortaleza / organizador Luis Renato Bezerra Pequeno. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2009. 248p. Capítulo 11. P.195-220.

PEQUENO, Luiz Renato Bezerra. **Estrutura intraurbana sócio-ocupacional e condição desigual de moradia na região metropolitana de Fortaleza.** In: Clélia Lustosa da Costa; Eustógio Dantas. (Org.). Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Fortaleza. 1ª ed. Fortaleza: Edições UFC, 2009. Capítulo 3. P.55-98.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Análise empírica da fragilidade empírica dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo. V.8, p.63-74, 1994. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327/51063>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental.** Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, v.9, p.65-75, 1995. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53692/57655>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental.** 1ª reimpressão. São Paulo: Oficina de textos, 2009. 208p.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do Departamento de Geografia - FFLCH-USP, São Paulo, v.6, p.17- 29, 1992. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108/50829>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

SANTOS, Jader de Oliveira. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE.** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016. 188 p.

SANTOS, Jader de Oliveira. **Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos.** Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewArticle/1650>>. Acesso em: 01 jan. 2016.

SANTOS, Jader de Oliveira; ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Fragilidade ambiental urbana.** Revista da ANPEGE, v.8, n.10, p.127-144, ago./dez. 2012. Disponível em: <<http://anpege.org.br/revista/ojs-2.4.6/index.php/anpege08/article/view/260/RA10txt09>>. Acesso em: 02 jan. 2015.

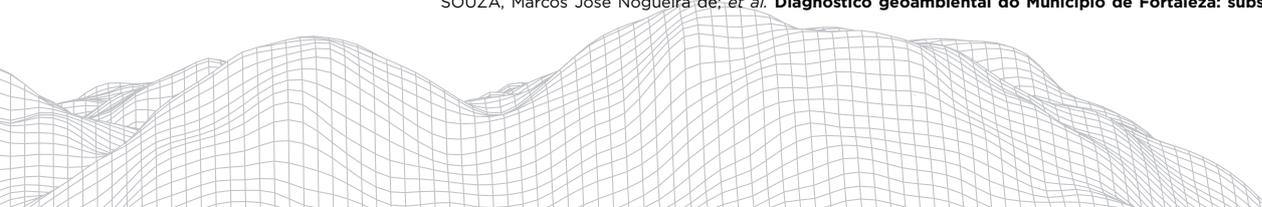
SEPÚLVEDA, S. A.; PETLEY, D. N. **Regional trends and controlling factors of fatal landslides in Latin America and the Caribbean.** Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 15, p. 1821-1833, 2015. Disponível em: <<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/15/1821/2015/nhess-15-1821-2015.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2016.

SILVA, José Borzacchiello da. **Nas trilhas da cidade.** Fortaleza: Museu do Ceará, Secretaria da Cultura e Desporto do Ceará, 2001. 154p.

SILVA, José Borzacchiello da. **Formação socioterritorial urbana.** In: DANTAS, Eustógio Wanderley Correia; SILVA, José Borzacchiello da; COSTA, Maria Clélia Lustosa. (Org.). De cidade à metrópole: (trans)formações urbanas em Fortaleza. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 235p. Capítulo 2, p.87-142. (Coleção Estudos Geográficos, 3). Disponível em: <<http://www.ppggeografia.ufc.br/images/cidadeametropole.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2014.

SOTCHAVA, Victor B. **O estudo de geossistemas.** Método em questão, No. 16. São Paulo: Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo, 1977.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; *et al.* **Diagnóstico geoambiental do Município de Fortaleza: subsídio ao macrozo-**



**neamento ambiental e à revisão do plano diretor participativo - PDPFor**. 1ª edição. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009. 174p.

SOUZA, Maria Salete de. **Análise da estrutura urbana**. In: DANTAS, Eustógio Wanderley Correia; SILVA, José Borzacchiolo da; COSTA, Maria Clélia Lustosa. (Org.). De cidade à metrópole: (trans)formações urbanas em Fortaleza. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 235p. Capítulo 1, p.13-86. (Coleção Estudos Geográficos, 3). Disponível em: <<http://www.ppggeografia.ufc.br/images/cidadeametropole.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2014.

SOUZA, Maria Salete de. **Fortaleza: uma análise da estrutura urbana**. In: SOUZA, Maria Salete de. Guia de excursões do 3º Encontro Nacional de Geógrafos/AGB, Fortaleza, 1978 (mimeo).

SOUZA, Maria Salete de. **Segregação socioespacial em Fortaleza**. In: SILVA, J.B da; DANTAS, E.W.C; ZANELLA, M.E. MEIRELES, A.J. de A. (Org.). Litoral e sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. 446p. Capítulo 11. P.149-162.

TOMINAGA, Lídia Keiko. **Desastres naturais: por que ocorrem?** In: TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela do. (Org.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. 1ª edição. São Paulo: Instituto Geológico, 2009(a). 196 p. Capítulo 1, p.11-24. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2014.

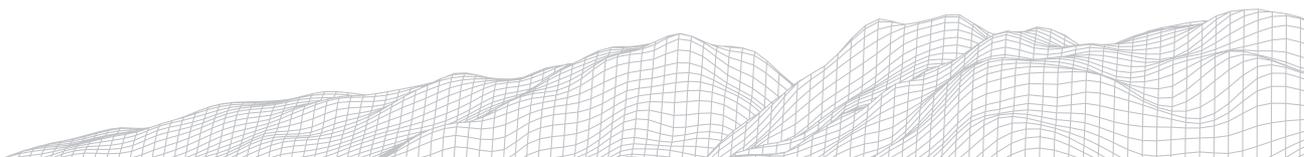
TOMINAGA, Lídia Keiko. **Escorregamentos**. In: TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela do. (Org.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. 1ª edição. São Paulo: Instituto Geológico, 2009(b). 196 p. Capítulo 2, p.25-38. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2014.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 97p.

ZAMPARONI, Cleusa Aparecida Gonçalves Pereira. **NUNES, Lucí Hidalgo. Desastres naturais de origem atmosférica e seus impactos em Moçambique**. In: GUIMARÃES, Solange T. de Lima; *et al.* (Org.) Gestão de áreas de riscos e desastres ambientais. 1ª edição. Rio Claro: IGCE/UNESP/RIO CLARO, 2012. 404p. Capítulo 15, p.375-404. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/geografia/pos/downloads/livrospos/gestao/sumario.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2014.

ZANELLA, Maria Elisa. *et al.* **Vulnerabilidade socioambiental de Fortaleza**. In: COSTA, Maria Clélia Lustosa da; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia. (Org.). Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 298 p. P.191-216.

ZANELLA, Maria Elisa; SALES, Marta Celina Linhares; ABREU, Nair Júlia Andrade. **Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza, CE**. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, n.25, P.53-68, 2009. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74112/77754>>. Acesso em: 02 jan. 2015.



# GEOMORFOLOGIA ANTRÓPICA E A ANÁLISE DOS NEORRELEVOS FORMADOS NO ANTROPOCENO: UMA PROPOSIÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO ANALÍTICA E TIPOLOGICA

905

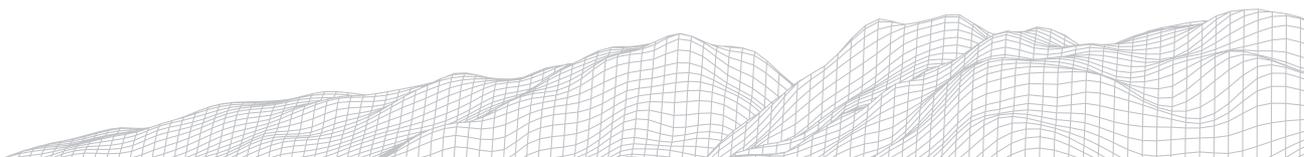
---

*Francisco Leandro da Costa Soares*  
IFCE-Campus de Crateús  
Rua Francisco Coelho, Nº 672, Bairro Altamira, CEP: 63704-125  
E-mail:francisco.leandro.costa.soares@gmail.com

### Resumo

Este trabalho visa falar sobre a Geomorfologia Antrópica, ramo da Geografia Física que estuda as formas de relevos criadas e possibilitadas pelo Homem na Paisagem. O objetivo é analisar como a Geomorfologia Antrópica verifica os relevos formados pelas ações humanas no antropoceno. A metodologia utilizada foi o levantamento bibliográfico em artigos, capítulos de livros, livros, entre outros, que fossem direcionados, ou relacionados com a Geomorfologia Antrópica. Posterior ao levantamento da bibliografia, colocou-se sobre esta condição a filtragem dentre os materiais básicos, aqueles que mais se convergiam com os objetivos estabelecidos no referido trabalho. Os resultados foram que precisamos de mais estudos sobre a temática, por ser uma temática relevante e com estudos, ainda, muito incipientes na interpretação, nas reflexões e efetivação correlacionada ao um recorte do Tempo Geológico que há muito se iniciará. Nas considerações finais é que os objetivos foram atendidos e o tema tem relevâncias científicas e plausíveis de estudos mais estruturados, com o intuito de fomentar a sistematização dos relevos antrópicos.

**Palavras-chave:** Geomorfologia Antrópica. Paisagem. Geografia Física. Sistematização.



## 1. Introdução

A ciência, desde o Renascimento, tem-nos proporcionado inúmeros benefícios referentes à compreensão dos fenômenos naturais. Tal ciência, ainda, possibilitou-nos o desenvolvimento de técnicas e tecnologias nos quais favoreceram avanços para a Humanidade que jamais foram pensados e executados ao longo da História Cronológica do Homem. Vale destacar dentre os avanços e descobertas científicas as que possibilitaram: o domínio da natureza e a afirmação dos humanos enquanto Ser no centro das relações Homem-Natureza-Sociedade.

Na consolidação dessa conexão, vê-se que o Homem sendo um ser vivo, a muito tempo busca sua hegemonia e supremacia contra a Natureza, cuja base de seu desenvolvimento dependeu e depende, indiscutivelmente, da sobrevivência de sua própria espécie a partir dos recursos tidos na mesma.

Neste artigo, compreende-se que as relações antrópicas tem causado diversas modificações gradativas nas especificidades do Espaço Geográfico, na qual denominamos de Paisagem, seja no urbano-artificial, seja no rural-natural. No contexto, apresenta-se como questionamento diretivo a busca por saber “Como a geomorfologia antrópica analisa os relevos formados pelas ações não naturais no antropoceno? E como ocorre sua classificação? Há um modelo de classificação desse tipo de relevo?

Para essa condição, tem-se o objetivo em analisar como a Geomorfologia Antrópica verifica os relevos formados pelas ações humanas no antropoceno. Já como específicos, averiguar se existe uma classificação consolidada sobre as formas geomorfológicas criadas pelo Homem e realizar uma proposição de classificação para as estruturas geomorfológicas formadas pela intervenção humana.

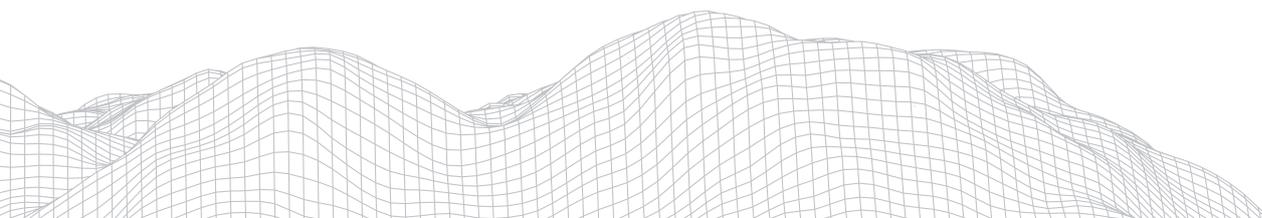
A finalidade de produções sobre a Geomorfologia Antropogênica, nos últimos anos, tem-se tornado bastante necessárias e coerentes com os gradativos processos de intervenção com os quais os seres humanos estão realizando nos aspectos naturais. Nisso, à consolidação de uma proposição sobre a constituição de um modelo que classifique os relevos antropogênicos, emergem-se como necessários e trazem consigo importantes fundamentos aos estudos e/ou posteriores pesquisas referentes à temática.

## 2. MATERIAIS E TÉCNICAS

Na consolidação dos conhecimentos científicos, fazem-se por necessário a utilização de estratégias e metodologias coerentes com a produção e os objetos de estudos das ciências. De acordo com Marconi e Lakatos (2003, p. 83), afirma que “Dessas afirmações podemos concluir que a utilização de métodos científicos não é da alçada exclusiva da ciência, *mas não há ciência sem o emprego de métodos científicos*”. Seja qual for o conhecimento a ser averiguado, o mesmo carecerá de fundamentos que os baseie como princípios fatídicos e alinhados aos verdadeiros interesses pelas quais o consolidaram.

Dessa forma, na execução deste artigo, o executamos em três processos principais. A primeira, no levantamento bibliográfico em artigos, capítulos de livros, livros, entre outros, que fossem direcionados, ou relacionados com a Geomorfologia Antrópica. Posterior ao levantamento da bibliografia, colocou-se sobre esta condição a filtragem dentre os materiais básicos, aqueles que mais se convergiam com os objetivos estabelecidos no referido trabalho.

Na segunda fase, teve como a predominância dos recortes teóricos e espaciais as quais comporiam o trabalho. Ou seja, a determinação dos conceitos principais, do(s) método(s) e da(s) metodologia(s) sob os quais viabilizariam a efetivação da mesma.



Na fase terceira e última, propôs-se a execução e a escrita do artigo com a finalidade de computar as informações e as reflexões-discussões obtidas, ao longo dos procedimentos garantidores da existência e finalização da pesquisa.

Nessa proposição, a pesquisa, ainda, de cunho inicial e introdutório, apresenta-se da geomorfologia pura e aplicada, constituindo-se sob um planejamento gradativo e acionado de metodologias construídas em acordo com o andamento do artigo e de seus objetivos. Essa equiparação com a literatura dos estudos internacionais possibilitou uma proposta de classificação dos relevos do Antropoceno. Relacionando-se os construídos no pretérito temporal, os firmados no presente e os possíveis a serem construídos nos anos futuros da escala espacial.

Em complemento, com as ações específicas, consolidou-se na compreensão de atividades exequíveis a partir da efetivação das: a) análises sistêmicas dos ambientes físicos-naturais e artificiais; b) da utilização de escalas pequenas, ou seja, pontuais (local) e de grande porte, ou geral (global); c) compreensão da interferência antrópica na formação, modelagem e remodelagem dos relevos presentes na superfície terrestre e; d) a proposição de uma classificação dos relevos identificados na proposição analítica para esta condição.

Assim, essa pesquisa é de cunho pura e aplicada. Detêm como método fundado no Geográfico de Ross (2014) e das linhas metodológicas da geomorfologia das escolas Anglo-americanas e Germânicas segundo Abreu (2003). Nessa perspectiva, deve-se incrementar: a) especificação do conhecimento teórico e de categorias conceituais; b) a escolha das metodologias aplicáveis e aplicadas e; c) as técnicas de complemento a execução da pesquisa. O caráter do artigo é descritivo, analítico e proposicional.

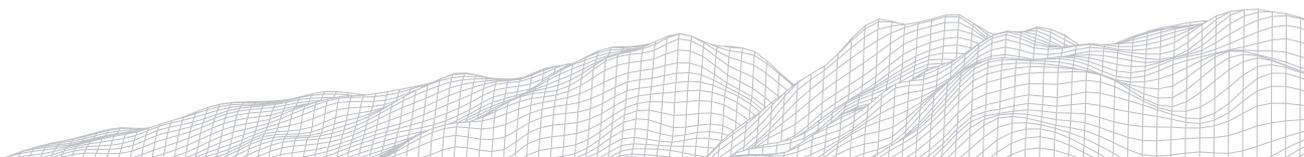
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As intervenções Humanas na paisagem, devem ser consideradas como agentes criadores, modeladores e remodeladores das formas de relevo existentes na Litosfera junto das demais esferas do Ecossistema.

A Paisagem é o conceito categórico que engloba parte dos estudos da Geografia Física. Segundo Scalamato et al (2019), expõem que a paisagem foi uma das categorias de análise da geografia que mais ocorreu debates e pesquisas para sua compreensão. Esta, ainda, aponta que, “A paisagem deve ser analisada levando-se em consideração todos os elementos que a constituem, sendo eles concretos ou abstratos, conjuntamente com o tempo, e que resultam nas transformações físicas perceptíveis” (SCALAMATO et al, 2019, p. 155).

Os estudos geomorfológicos partem de uma análise integrativa, pois, compreendem o relevo como um conjunto material e passível de transformação dos traços da sua matéria e da sua energia como um todo. A desconsideração das fisionomias particulares e a sua conseqüente substituição pelos estudos holísticos trazem especificidades mais centradas e organizadas na sistemática complexa dos objetos incorporados pelos fatores e elementos da Paisagem.

Assim, conforme Scalamato et al (2019, p. 155) e Guerra e Marçal (2006, p. 108) “as trocas de matéria e energia dentro do sistema (complexo físico-químico e biótico)” na finalidade considerar o relevo como membro dos extensos conjuntos da Paisagem e essa do Espaço Geográfico. Não compreender os aspectos integrais da Paisagem é submeter-se aos pejorativos indevidos sobre os segmentos mais produtivos que a compõem. Para isso,



*[...] el paisaje es el único componente del territorio realmente integral. A través de configuraciones perceptibles (sobre todo por medio de la vista) o imágenes, el paisaje refleja el estado o situación del territorio en un momento determinado, a si como el lugar que ocupan y la forma como participan en él cada uno de los componentes ambientales, el tipo de relaciones existentes entre ellos y el peso de la intervención de cada uno en los procesos que son claves para el funcionamiento del territorio. (ROMERO Y JIMÉNEZ, 2002, p. 13).*

Partindo-se das leituras com as quais fundamentaram e deram o enriquecimento valorativo dos estudos ligados a categoria citada, vê-se que há três momentos para este conceito. As análises da Paisagem, remontam desde a Idade Antiga (ABREU, 2003; MARQUES NETO, 2008; TRES; REIS; SCHLINDWEIN, 2011; CAVALCANTI, 2013; PASCHOAL; SIMON; CUNHA, 2015). Todavia, neste trabalho, vamos nos deter ao recorte da Idade Contemporânea, período o qual a Geografia surgiu como componente curricular e se consolidou como Ciência Sistemática.

O primeiro momento, de acordo com Cavalcanti (2013), baseou-se nos estudos direcionados aos aspectos naturais, físicos, bióticos e abióticos existentes no meio. Tais agentes como os solos, os rios, os lagos, a vegetação, o clima, o tempo meteorológico e assim, os relevos. Na pesquisa do autor, tais apontamentos ficam dispostos nos movimentos intelectuais no Iluminismo, nas obras Enciclopédicas e no movimento curricular da História Natural as quais fizeram-se presentes: Voltaire, Diderot, Montesquieu e outros contemporâneos como Locke e Kant, pois, buscaram, incansavelmente, a sistematização da compreensão da dinâmica natural do Planeta. Esse movimento de tendências as interpretações da natureza, iniciariam no século XVII e penduraria até os anos 1950 com a geografia teórico-quantitativa (ABREU, 2003; MARQUES NETO, 2008; TRES; REIS; SCHLINDWEIN, 2011; CAVALCANTI, 2013; PASCHOAL; SIMON; CUNHA, 2015).

O segundo movimento, também exposto por Cavalcanti (2013), coloca que a partir dos anos 1960-70 ocorreu um movimento de fundamental importância aos estudos da Paisagem. Esse movimento de durabilidade temporal reduzida, possibilitou novos percursos voltados ao estudo do Meio. Os grandes expoentes foram George Bertrand pela francesa e V. B. Sochava pela escola russa. Esses abordaram a paisagem, partindo-se de uma visão mais metódica e organizada. O inicial pela análise do GTP (Geossistema, Território e Paisagem) e o segundo pela criação da Teoria sistemático-metódica do Geossistema como método e metodologia de Estudo da Paisagem Integrada (EPI) (BERTRAND, 1972; SOCHAVA, 1978).

O terceiro e o contemporâneo momento dos estudos da Paisagem, predomina-se como característica principiante e centrada no redirecionamento das pesquisas sobre esse conceito. Nas tendências anteriores, as pesquisas estruturaram-se nos agentes físicos da Natureza (compostos nas esferas do ecossistema da Superfície Terrestre).

Para que ocorresse esses redirecionamentos foi necessário: o início dos movimentos que falassem das mudanças climáticas condicionadas pelas ações humanas de forma indevida; as Conferências Ambientais Locais, Regionais e Globais (entre as mais conhecidas a de Estocolmo, em 1972; as duas Crises do Petróleo 1973 e 1979, na qual afetou a economia mundial; o aumento da população mundial de forma acelerada; o crescimento da população residente nas médias e nos grandes centros metropolitanos, assim carecendo do surgimento de Políticas de Gestão, Ordenamento e Ocupação Territorial por parte do setor público nos centros urbanos (RODRIGUES, 2005) dentre outras.

A partir desses acontecimentos os cientistas, os pesquisadores, os ambientalistas, os ecólogos, os geógrafos, as ciências, a política, a economia, a sociedade, passaram a perceber que o Homem não mais era influenciado pelos inúmeros agentes presentes no meio e nas regiões ecúmenas, mas sim, agora, devido as tecnologias, verdadeiros influenciadores da Paisagem na parte externa da Terra,



com os quais, fora romantizada pela belas e românticas palavras deferidas no livro Primavera Silenciosa de Rachel Carson. Iniciava-se, com isso, o Antropoceno nas pesquisas em todo o mundo.

De acordo com Crutzen (2002) e Claudino-Sales (2020), entende-se por Antropoceno como o período de intervalo geológico em que o Homem e a Sociedade Humana são os principais causadores das modificações no ambiente natural e nos seus diversos aspectos físico-químico-biológicos. Corroborando com a pesquisa de Claudino-Sales (2020, p. 214), diz que, mesmo com sua insurgência e limpidez teórica e empírica o termo, não, confere como um segmento temporal cronológico da geologia interina oficial desse tempo. Disso, a autora fala:

*Apesar do termo Antropoceno e das ideias vinculadas a ele serem usados há mais de uma década, ele não existe ainda oficialmente. Isto é, a Comissão Internacional de Estratigrafia, que faz parte do corpo científico da União Internacional de Ciências Geológicas e é a responsável pela definição das divisões do tempo geológico, não acatou ainda formalmente a subdivisão “Antropoceno”. Para que uma nova subdivisão geológica seja caracterizado, faz-se necessária a existência de depósitos geológicos específicos desse intervalo de tempo, bem como a definição clara de um local representativo onde a nova subdivisão tenha sido iniciado. Para analisar essas questões, a Comissão Internacional de Estratigrafia há uma década criou um grupo de trabalho denominado “Grupo de Trabalho Antropoceno” (ou Anthropocene Working Group –AWG). Ao final do ano de 2016, o grupo de estudo deu seu veredito: O Antropoceno deve sim, ser considerado uma nova época do tempo geológico, situado no Holoceno. (CLAUDINO-SALES, 2020, p. 214).*

As viabilidades conceituais, segundo a autora, propõem-se uma complexa e prolongada discussão sobre a efetividade nas escalas geológicas nos tempos contemporâneos. Isso, dispõem-nos das concepções engendradas nos tradicionais métodos de organização das Ciências da Terra, ou também denominadas Geociências.

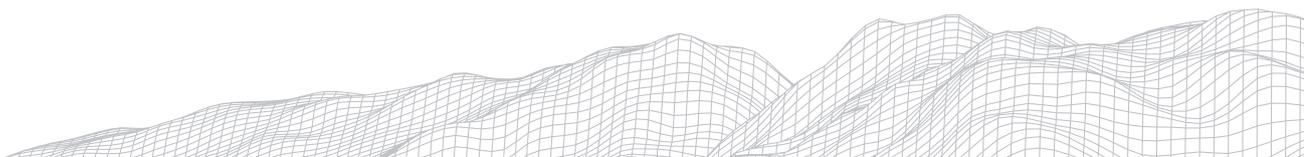
Artaxo (2014); Luz e Marçal (2016); Martini e Ribeiro (2011), Peggia e Oliveira (2005) e Santos (2005), discutem como o Antropoceno sofre muitas críticas por sua incipiência, mas consolidada em ações de bases da sociedade moderno-contemporânea firmada pelas recorrentes atividades de transformação e transmutação dos recortes existentes na Paisagem. Em completo a observação de Claudino-Sales (2020), o antropoceno é urgente e visível a cada na vida Humana.

### 3.1 UMA BREVE DISCUSSÃO CONCEITUAL

Neste trabalho, a inter-relação entre a Teoria e a Empíria, tornam-se mais afincas ao passo que suas conexões são interpretadas no imaginário unitário e plural da Ciência como indissociáveis na sua constante construção e produção.

As investigações desde a década de 1980, sugerem que estamos adentrando no período geológico denominado de Quinário, ou Tecnógeno. Este, um para além do já aceito pela Comunidade Científica, ou seja, o Quaternário.

Sobre o Tecnógeno, SCALAMATO et al (2019, p. 156), em uma objetiva discussão, aponto o Homem como “[...] a ação modificadora da paisagem pelo homem pode se caracterizar como um novo tempo geológico, em que as modificações do relevo pelas ações do homem são potencializadas pelo uso das técnicas, e resultam em depósitos geológicos de origem humana (depósitos tecnogênicos).” ARTAXO (2014); GUERRA; MARÇAL (2012); ROSS (2014); OLIVEIRA (2011, p. 5), traçam como viáveis as menções abordáveis do que,



*[...] reconhece-se que o que se vê na morfologia do planeta é, em grande parte, resultado histórico das intervenções do homem como agente geomorfológico e principal predador a partir da última era geológica, especialmente do período quaternário ou tecnógeno, contextualizado nos últimos cinco mil anos do quaternário em que a evolução da técnica ampliou substancialmente as possibilidades de modificação nas feições terrestres. O período Neolítico, então, apresenta-se como marco inicial desse processo em que as ações passaram a acontecer numa rapidez superior ao ritmo natural de transformação dos componentes bióticos e abióticos que formam o Sistema Terra.*

O Sistema Terra é o modelo representativo de forma holística dos diferentes processos físicos e humanos presentes no mesmo. Sua existência estrutural é dinâmica e ativa, detendo-se de um histórico extenso de tempos geológicos com características singulares e outros seres predominantes anteriores aos Domínios Antrópicos. Segundo PELOGGIA e OLIVEIRA (2005) e SANTOS (2005, p.15), afirmam que,

*entender o ser humano como elemento modelador dessas transformações é reconhecer a sua capacidade de criar e recriar ambientes baseados nos seus próprios interesses ao longo do tempo, ou seja, 'ele é capaz de fazer as propriedades e o modo de ser da natureza combinarem-se de maneira original, em novos modos de funcionamento, de forma subordinada às suas intenções'.*

A condição de sociabilidade, de aplicabilidade das técnicas e a capacidade de empregar recursos na consolidação de suas atividades interventoras são qualidades inerentes e indissociáveis dos seres humanos. Concordando com tal afirmativa, insere ROSS (2012, p. 12),

*[...] o homem, como ser social, interfere criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos com a implantação de cidades, estradas, atividades agrícolas, instalações de barragens, retificações de canais fluviais, entre inúmeras outras. Todas essas modificações inseridas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que apresenta quase sempre um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua, quando não afetada pelos homens.*

A sociedade humana criou novos formatos geomorfológicos. O resultado se apresenta nas expressões dos relevos presunçosos e nas figuras das margens econômicas da sobrevivência que ao longo da expansão e ocupação dos humanos no Planeta obteve como computo a transformação dos meios em equilíbrio na sua particular criação. Ou seja, Oliveira & Machado (2012, p. 137), aborda que essas ações de retirada de materiais, "[...] são devolvidos ao mesmo meio ambiente, sob a forma de resíduos de produção sólidos, líquidos ou gasosos, tais como gases, partículas, restilos, borras diversas, entre outros, que são despejados, quer nas águas, quer na atmosfera, quer no solo".

A concretude e a reconstituição dos neorelevos se fazem na realização das atividades socioeconômicas, dos modais, das migrações demográficas, da composição básica de matéria-prima na finalidade de outros componentes de uso dos seres humanos como residências, hotéis, prédios, rodovias, ferrovias, aparelhos eletrônicos, dentre outros.

O Antropoceno se faz como um momento da História Geológica (ou geocronológica), sob os quais os processos físicos são acelerados pelas intensas técnicas empregadas pelos setores cívicos, industriais, comunicativos, agrícolas, urbanos e geológico na Litosfera.

Outro conceito fundamental na postura dos estudos sobre a Paisagem e o Antropoceno é o conceito de Geossistema. Por Geossistema, conforme BERTRAND (1972); SOCHAVA (1978); CAVALCANTI (2013), definem-no como a organização interconectada dos diversos sistemas que compõe o Espaço Geográfico, Humano, Ecossistêmico, da Biodiversidade, da Geodiversidade e dos demais organismos agências nas quais estruturam este segmento Sistêmico e



Metódico. Passíveis de classificação e organização em suas especificidades e totalidades.

Logo, os termos toponímicos basilares das produções sobre o Antropoceno, direcionam-se no(a): categoria de Paisagem, do Homem, da Natureza e das relações sistêmicas presentes nos relictos e processuais condutores das teorias geográficas desde a Antiguidade até a Contemporaneidade.

### 3.3 A PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DOS RELEVOS ANTRÓPICAS

Neste trabalho, tivemos como problemática saber “Como a geomorfologia antrópica analisa os relevos formados pelas ações não naturais no antropoceno? E como ocorre sua classificação? Há um modelo de classificação desse tipo de relevo?” Nisso, consolidou-se objetivos em conformação a estes questionamentos.

Em resposta a primeira pergunta sobre a ocorrência e/ou existência de um modelo classificatório dos relevos formados pelo Homem, encontra-se em busca e numa base bibliográfica, pequenos surtos de sutis sugestões sobre esses relevos. Todavia, em ampla maioria com deficiência de firmação efetiva da identificação das formas geomorfológicas. Nestas que fazem essas sugestões, voltam-se para propor se são ou não geoformas pertencentes ao Quinário, ou aos demais pedaços temporais da geologia.

Nessa colocação, usa-se a classificação dos relevos de Jurandyr Ross (1992) nos níveis taxonômicos geomorfológicos. Em complemento, empregou-se o Manual de Geomorfologia do IBGE (2009), inserindo as classificações específicas e gerais do Brasil. Por final, colocou as bases dos trabalhos de NIR (1983) sobre a geomorfologia urbana completado por BARBOSA; FURRIER; SOUZA (2018); BARBOSA; LIMA; FURRIER (2019).

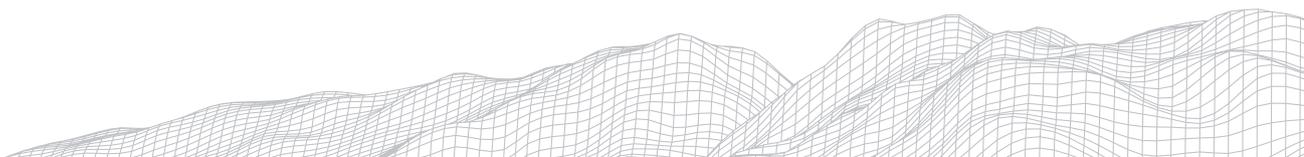
Segundo ROSS (1992) e BARBOSA; FURRIER; SOUZA (2018, p. 66-67), apontam que,

*adaptações à realidade geomorfológica da área. Tal metodologia propõe uma classificação geomorfológica em seis níveis taxonômicos, que são: 1º Táxon: Unidade morfoestrutural – são as estruturas geológicas mais abrangentes; 2º Táxon: Unidades morfoesculturais – são as formas resultantes da ação dos elementos morfogenéticos sobre as morfoestruturas; 3º Táxon: Padrões e formas do relevo semelhantes - refere-se a um conjunto de formas de relevo em um mesmo padrão; 4º Táxon: Tipos de forma de relevo – é o tipo de forma individualizada presente em um dado padrão de formas semelhantes; 5º Táxon: Setores das vertentes – são as formas individualizadas do relevo, cuja forma pode ser convexa, retilínea ou côncava; 6º Táxon: Pequenas formas de relevo – aquelas resultantes de processos atuais, naturais e antrópicos.*

Já o IBGE (2009), subdivide os relevos brasileiros em 4 grandes Unidades Geomorfológicas: Os Domínios Morfoestruturais e Morfoclimáticos: Depósitos Sedimentares Quaternários; Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas; Cinturões Móveis Neoproterozóicos; Crátons Neoproterozóicos.

Assim, a proposta de Classificação para relevos antrópicos, funda-se em 9 categorias de Disposição. Sendo essas:

1. **Estrutura:** Microestrutura geomorfológica (MEG), ou Macroestrutura Geomorfológica;
2. **Posição:** Horizontais, ou verticais;
3. **Forma do relevo:** Direta (Ativos, ou dinâmicos); Indireta (Transformados);



4. **Tipologia de Estudos**, ou seja, quais os métodos utilizam para estudá-los;
5. **Função e funcionalidade do Relevo**;
6. **Estrutura do relevo**;
7. **Técnica de Construção + Formação** (Básica; Rústica; Mediana; Sustentável; de Alta Tecnologia, ou inovadora);
8. **Localização Geomorfológica**: Urbana-Artificial (Portos, Hotéis, Casas e Prédios entre outros); Rural-Natural (Canais artificiais, áreas de plantio, de cultivo);
9. **Escala**: Grande Domínio; Domínio; Grande Região; Região; Local Expansivo; Local.

Por ser de um estudo de cunho inicial, deve-se e se carece de estudos mais aprofundados, cuja finalidade é a sistematização e a organização classificatória dos relevos erguidos pelo Homem, para que as pesquisas e os pesquisadores fundassem o que denominamos de Antropoceno. Este modelo, almeja correlacionar as formas artificiais, aos naturais, as paisagens urbanas e criação de uma toponímia aos já criados relevos existentes no cotidiano de bilhões de pessoas no mundo. Assim, as respostas para as perguntas diretas escritas neste artigo, ainda, são superficiais e com carência de prosseguimos tais estudos.

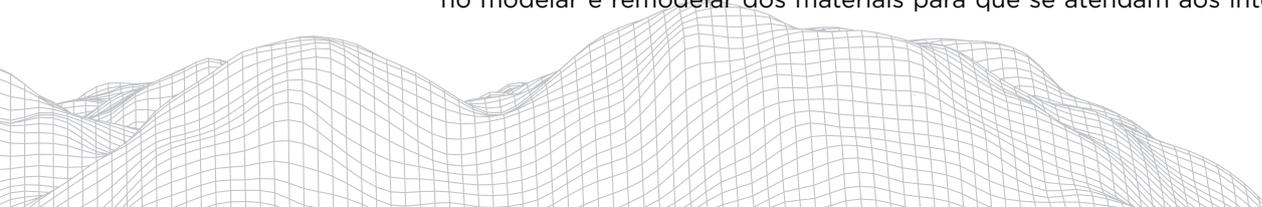
#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, os objetivos em analisar como a Geomorfologia Antrópica verifica os relevos formados pelas ações humanas no antropoceno junto de uma proposta de classificação consolidada sobre as formas geomorfológicas criadas pelo Homem e a realização de uma proposição de classificação para as estruturas geomorfológicas formadas pela intervenção humana, conseguiram ser atendidas, mesmo que com poucos dados e necessidades de mais pesquisa e estudos efetivos nas quais ligam a uma classificação geológica-geomorfológica. As metodologias foram de utilização fundamental na execução e proposição do trabalho. Nisso, a mudança de determinados em determinantes possibilitou a transformação de possibilidades em viabilidades, tornando-se cruciais nos estudos dos relevos produzidos pelo Homem.

Tendo como bases as leituras e as reflexões sobre o que se tem na dinâmica do construir e remodelar os recursos naturais, percebe-se como as tendências dentre os modelos taxonômicos tradicionais e positivistas surgidos e usados nas reformulações as quais podem ser vistas sob um olhar para fins didáticos e passíveis de serem entendidos dentro das complexidades e especificidades tidas na dinâmica natural do Planeta.

Em suas complexidades, a representatividade dos agentes naturais no ato de atuar dentro da superfície terrestre, apresenta muitos empecilhos na simplificação e na clareza do representar para que os leigos consigam compreender a performance da natureza que o entorna. Entretanto, sua organização mais pedagógica, didática e reconhecível aos modelos humanos do interpretar no radial dos objetos, das funções, estruturas e fundamentos regiões naturais e artificiais da Geografia em seus objetos de estudos no específico da Geomorfologia.

Assim, a sugestão do modelo de classificação dos relevos aqui conduzido, leva em consideração critérios que de fato representa as intervenções humanas no modelar e remodelar dos materiais para que se atendam aos interesses e as



necessidades básicas que os seres humanos em sua socialidade, produtividade, habitabilidade os fazem no relevo superficial.

Nesses critérios condicionais representam nas palavras coloquiais, sementes para fundamentar estudos posteriores sobre uma Geomorfologia não mais, somente, natural, e sim, antrópica. O ato de considerar os seres humanos como sujeito ativo na reconstituição e aprimorador do Espaço, faz-se plausível quando se subentende o quão a sobreposição humana à Natureza assumiu proporções muito além dos limites de sua Humanidade nos pilares da intelectualidade, da arte, da cultura, do interagir, do fazer, do construir são alguns dos milhares de adjetivos dados aos Humanos.

Os estudos geomorfológicos tem contribuído, imensamente, na expansão das pesquisas nos diversos ramos da Geografia Física e Humana tanto no Brasil quanto no mundo. Essa expansão, favorece o engrandecimento e a produção científica colocadas pelas perspectivas ambientais e coadunadas na simbiose Homem-Natureza.

### Agradecimentos

Agradeço a Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (Capes) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE-Campus de Crateús). O primeiro, pela concessão da Bolsa de Estudos, por via do Programa Residência Pedagógica (PRP) e o segundo pela disponibilidade em ofertar uma Educação Superior de qualidade.

### Referências

ABREU, Adilson Avansi de. **A Teoria Geomorfológica e sua Edificação: Análise Crítica**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 4, nº2 (2003) 51-67.

ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? **Revista USP**. [S. l.], n. 103, p. 13-24, 2014. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i103p13-24. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99279>. Acesso em: 28 jul. 2021.

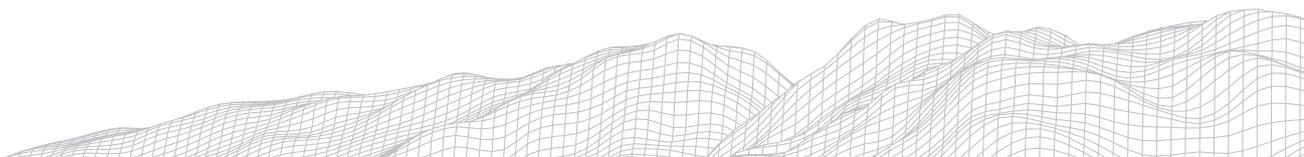
BARBOSA, Tamires; FURRIER, Max; SOUZA, Alexandre (2018). Antropogeomorfologia do município de Cabedelo - Paraíba, Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n.º 13 (junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 59-83, dx.doi.org/10.17127/got/2018.13.003. Acesso em: 27 jul. 2021.

BARBOSA, Tamires Silva; LIMA, Vinicius Ferreira de; FURRIER, Max. MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO E GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA DO MUNICÍPIO DO CONDE - PARAÍBA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**: RBG, Curitiba-Pr, v. 20, n. 3, p. 525-540, 25 jun. 2019. Trimestral. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/1571>. Acesso em: 27 jul. 2021.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: um esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. N.13. São Paulo. IGUSP. 1972. 27p.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza. **Da Descrição de Áreas à Teoria dos Geossistemas**: uma abordagem epistemológica sobre sínteses naturalistas. 2013. 218 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. Cap. 2. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/10661/1/TESE%20Lucas%20Cavalcanti.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

CLAUDINO-SALES, V. DE. A URGÊNCIA DO ANтропоCENO. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 2, p. 213-222, 30 nov. 2020.



Crutzen, P. J. Geology of Mankind - The Anthropocene. Nature 415: 23, 2002.

FRANÇA JUNIOR, Pedro (org.). **GEOMORFOLOGIA DO TECNÓGENO E ANтропоCENO**: perspectivas teóricas e estudos aplicados em ambientes urbanos. Ituiutaba: Editora Barlavento, 2020. 426 p.

GOUDIE, A. The Human Impact. Oxford: Basil Blackwell. Cambridge, Mass Mit Press, 1981. 329p.

GUERRA, Antonio José Teixeira e MARÇAL, Mônica dos Santos. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2012.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. 175 p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LUZ, Luziane Mesquita da; MARÇAL, Mônica dos Santos. A PERSPECTIVA GEOGRÁFICA DO ANTR POCENO. **Revista de Geografia**, Recife-Pe, v. 33, n. 2, p. 143-160, 11 set. 2016. Quadrimestralmente. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229251>. Acesso em: 28 jul. 2021.

LUZ, R. A. **Mudanças geomorfológicas na planície fluvial do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização**. 2014. 245 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidades de São Paulo, São Paulo, 2014.

MARQUES NETO, R. A. **Abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação**. Geografia (Londrina), V. 17, P. 67-88, 2008. Acesso em: 24 de jul. 2021.

MARTINI, B., RIBEIRO, C.G. Antropoceno: A época da humanidade? **Ciência Hoje**, v.48, p. 39-43, 2011. Disponível em <[http://www.academia.edu/934167/Antropoceno\\_A\\_%C3%A9poca\\_da\\_humanidade](http://www.academia.edu/934167/Antropoceno_A_%C3%A9poca_da_humanidade)>. Acesso em: 28.jul. 2021.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent**: an introduction to anthropic geomorphology. Jerusalem: Keper Publishing House; Dordrecht: D. Reidel Publishing, 1983.

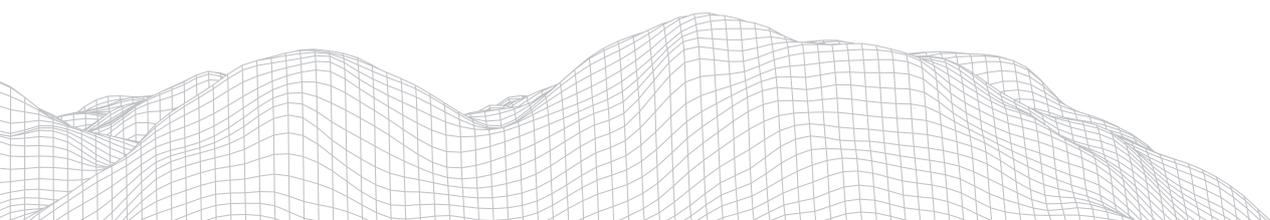
OLIVEIRA, Manoel Alves. **Formação de Bacia Hidrográfica Antrópica no sistema fluvial do Rio Gavião no sudoeste da Bahia a partir da perenização do seu fluxo de água**. 2011. Disponível em: [<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2731/2611>] Acesso em: 16 de junho de 2016.

OLIVEIRA, Livia de; MACHADO, Lucy Marion Calderini Philadelpho. **Percepção, Cognição, dimensão Ambiental e desenvolvimento com Sustentabilidade**. In: VITTE, Antonio Carlos & GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 6ª edição, Rio de Janeiro: Bertrand: Brasil, 2012.

PASCHOAL, Letícia Giuliana; SIMON, Adriano Luís Heck; CUNHA, Cenira Maria Lupinacci da. GEOMORFOLOGIA ANTRÓGENICA E SUA INSERÇÃO EM PESQUISAS BRASILEIRAS. **Geographia Meridionalis**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 95-126, jun. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Geographis>. Acesso em: 25 jul. 2021.

PELOGGIA A. U. G.; OLIVEIRA A. M. S. (2005). **Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências**. Anais do X Congresso Brasileiro de Estudos do Quaternário, 1, CD-ROM.

PELOGGIA, A.U.G. 1998b. A magnitude e a frequência da ação humana representam uma ruptura na processualidade geológica na superfície terrestre? **Geosul** 14(27): 54- 60 (Edição especial do II Simpósio Nacional de Geomorfologia, Florianópolis, nov. 1998)



RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 17, p. 101-111, 2005. DOI: 10.7154/RDG.2005.0017.0008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47278>. Acesso em: 28 jul. 2021.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 9. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2014. 96 p.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento: O relevo no quadro ambiental. Cartografia geomorfológica. Diagnósticos ambientais**. 9ª edição. São Paulo: Contexto, 2012.

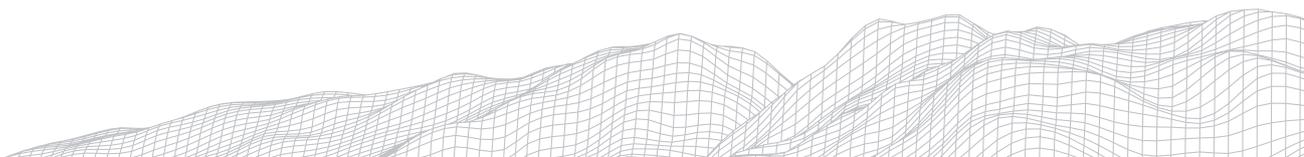
ROSS, J. L. S. 1992. O registro dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*. São Paulo, n. 6, 17-29.

SANTOS, Jaderson Danilo dos. **GEOMORFOLOGIA ANTRÓPOGÊNICA E AS TRANSFORMAÇÕES DO EIXO LESTE DE EXPANSÃO URBANA DA CIDADE DE BARREIRAS, BAHIA**. 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Licenciatura em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia Área de Concentração Dinâmica Geo-Territorial e Geoambiental, Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional-To, 2017. Cap. 2. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/882/1/Jaderson%20Danilo%20dos%20Santos%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2021.

SOCHAVA, V.B. **Introdução à Teoria do Geossistema**. Novosibirsk, Nauka, 1978. 320p. Em russo.

SCALAMATO, Angelita Tomazetti *et al.* AÇÃO ANTRÓPOGÊNICA COMO AGENTE NOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre-Rs, v. 45, n. 1/2, p. 153-166, 27 ago. 2019. Anual. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/bgg/about/editorialPolicies#publicationFrequency>. Acesso em: 28 jul. 2021.

TRES, Deysi Regina, REIS, Ademir e SCHLINDWEIN, Sandro Luis. A construção de cenários da relação homem-natureza sob uma perspectiva sistêmica para o estudo da paisagem em fazendas produtoras de madeira no planalto norte catarinense. *Ambiente & Sociedade* [online]. 2011, v. 14, n. 1 [Acessado 24 Julho 2021], p. 151-173. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2011000100009>>. Epub 22 Nov 2012. ISSN 1809-4422. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2011000100009>.



# GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS: O CASO DO MUNICÍPIO DE NOVO AIRÃO - AMAZONAS

*Adílio Teixeira Marques*

*Universidade Federal do Amazonas*

*Rua Curie, nº19, São José Operário 69086-240*

*E-mail: adiliomarqs@gmail.com*

*Larissa Kristyne Campos dos Santos*

*Universidade Federal do Amazonas*

*Rua Curie, nº19, São José Operário 69086-240*

*E-mail: lskristyne@gmail.com*

*Priscila Rocha Márquez*

*Universidade Federal do Amazonas*

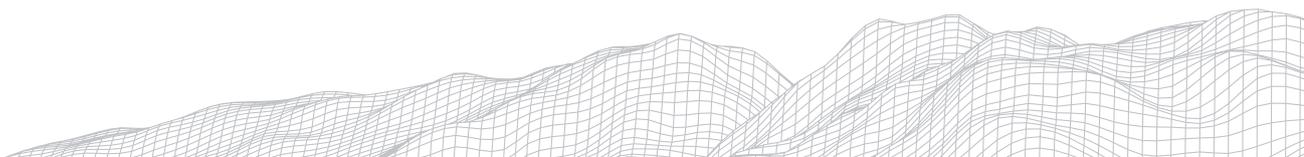
*Rua das Flores, nº324, Compensa 2, CEP: 69035-190*

*E-mail: priscilaromarquez@hotmail.com*

### **Resumo**

O Brasil enfrenta sérios problemas relacionados à coleta de resíduos sólidos, apesar de ser um dos principais serviços do saneamento básico, tais como: o aumento exacerbado na produção de rejeitos, disposição final inadequada e o déficit no funcionamento da reciclagem, como é o caso de Novo Airão - Amazonas. O objetivo deste estudo foi diagnosticar os fluxos e os locais de descarte dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Novo Airão. Para tal, o estudo apresenta um caráter descritivo qualitativo em conjunto com pesquisas bibliográficas, visitas a campo, entrevistas semiestruturadas e registros fotográficos. Desse modo, notou-se que o descarte de resíduos sólidos no município, bem como a coleta e a sua separação, são realizados de maneira totalmente inadequada, fruto de uma gestão ineficiente, permitindo-se concluir que isso pode causar sérios danos ao meio ambiente, podendo ser irreversível, e riscos à saúde humana, pois são vistos lixões a céu aberto ao longo da estrada AM - 352.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos. Novo Airão. Descarte.



## 1. Introdução

Segundo a Organização Mundial da Saúde, o saneamento consiste no gerenciamento ou controle de todos os fatores ambientais da sociedade, e que podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social dos indivíduos (RIBEIRO, ROOKE, 2010). Ademais, garante a preservação do meio ambiente, a proteção e promoção da saúde pública e contribui para o desenvolvimento socioeconômico.

O saneamento básico é de suma importância para a melhoria da qualidade de vida das populações do meio urbano e rural, conforme a Lei 11.445/2007 que o considera como “conjuntos de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e manejo de resíduos sólidos” (BRASIL, 2007), este último é fundamental para a compreensão do presente estudo.

A Fundação Nacional de Saúde - FUNASA aborda que para a diminuição ou erradicação de riscos à saúde pública, se faz necessário o uso adequado dos serviços de saneamento, e um dos serviços essenciais para evitar a proliferação de doenças seria a melhoria no manejo e gestão dos resíduos sólidos, pois as principais doenças que provém da disposição final ambientalmente inadequada são a febre amarela, dengue, leishmaniose, leptospirose etc. (FUNASA, 2017).

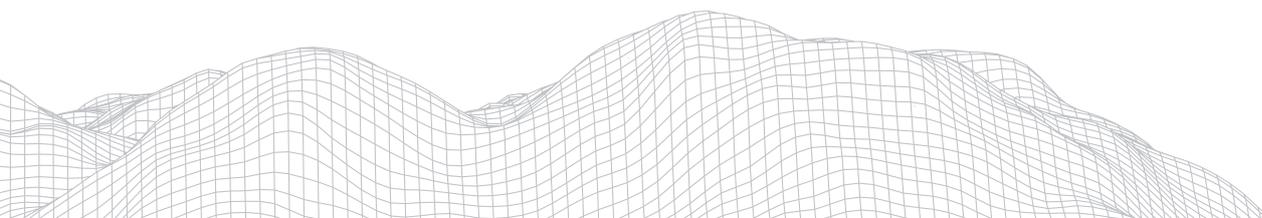
Existe uma série de legislações e normas técnicas aplicadas aos resíduos sólidos no Brasil, como a ABNT NBR 10.004:2004 que apresenta a definição, periculosidade e toxicidade, e também a classificação em perigosos e não-perigosos, para que possa eliminar ou dificultar impactos negativos à saúde e ao meio ambiente. No que concerne à definição dos resíduos sólidos a ABNT NBR 10.004:2004 descreve:

*resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p. 13).*

Outra definição para tal encontra-se no Plano Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS pela Lei nº 12.305/2010 que o retrata como “todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade” (BRASIL, 2010). Além disso, o plano dispõe de um conjunto de instrumentos para o gerenciamento de resíduos sólidos, também expõe a coleta seletiva e a disposição final ambientalmente adequada.

No estado do Amazonas surgiram cidades médias e pequenas ao longo dos principais rios e rodovias para facilitar a interconexão na região, porém apresentam fragilidades socioeconômicas e infraestruturas urbanas precárias, principalmente o saneamento básico, como é o caso de Novo Airão - Amazonas, à respectiva área de estudo. (LOUZADA, 2014; SATHLER et al. 2009 *apud* FVA, 2017).

No município de Novo Airão, o setor responsável pelos serviços de coleta de resíduos domésticos e comerciais e pela limpeza pública é a Secretaria Municipal de Infraestrutura - SEMINF, administrado pela prefeitura. Enquanto, o órgão que responde junto ao Programa de Apoio à Elaboração dos Planos Municipais de Saneamento e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Municípios do Estado do Amazonas - PLAMSAN é a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMMADES que outorga as licenças ambientais locais.



Conforme Moura (2009) em Novo Airão os resíduos sólidos produzidos na cidade são de três naturezas específicas, de origem domiciliar, hospitalar e de capina (resíduos de origem vegetal como árvores e sedimentos). O primeiro grupo é levado para o lixão da cidade, o segundo é incinerado na unidade hospitalar e, em seguida, transportado para o aterro destinado, e o último dirige-se a um outro aterro usado para destinar resíduos como árvores, e outros provenientes da própria capina.

Segundo o estudo de Oliveira (2012) a administração pública da cidade apenas exerce o gerenciamento dos serviços de coleta, transporte e limpeza pública, sendo que os materiais coletados são direcionados ao lixão da cidade, onde o grupo de catadores atua. Um outro estudo também promissor traz uma perspectiva voltada para a gestão de resíduos sólidos em algumas aldeias indígenas da região Polo-Base de Novo Airão a Manaus, fazendo uma análise e trazendo uma reflexão mais abrangente acerca da temática, nesta região (JUNIOR, 2017).

Dentre os aspectos relacionados ao saneamento básico, selecionou-se o manejo de resíduos sólidos, com ênfase na disposição final. Neste sentido, o objetivo principal do estudo consiste em diagnosticar os fluxos e os locais de descarte dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Novo Airão - Amazonas.

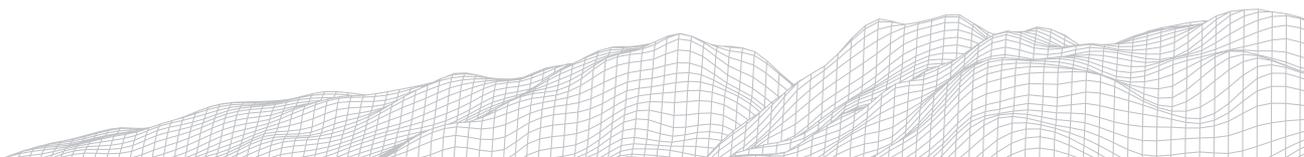
Com isso, a pesquisa possui uma lente investigativa, através da identificação e análise dos dados coletados por meio da revisão sistemática em consultas de estudos similares e o trabalho de campo para averiguar, na realidade empiricamente, a coleta, transporte e a disposição final adequada dos resíduos sólidos urbanos na cidade.

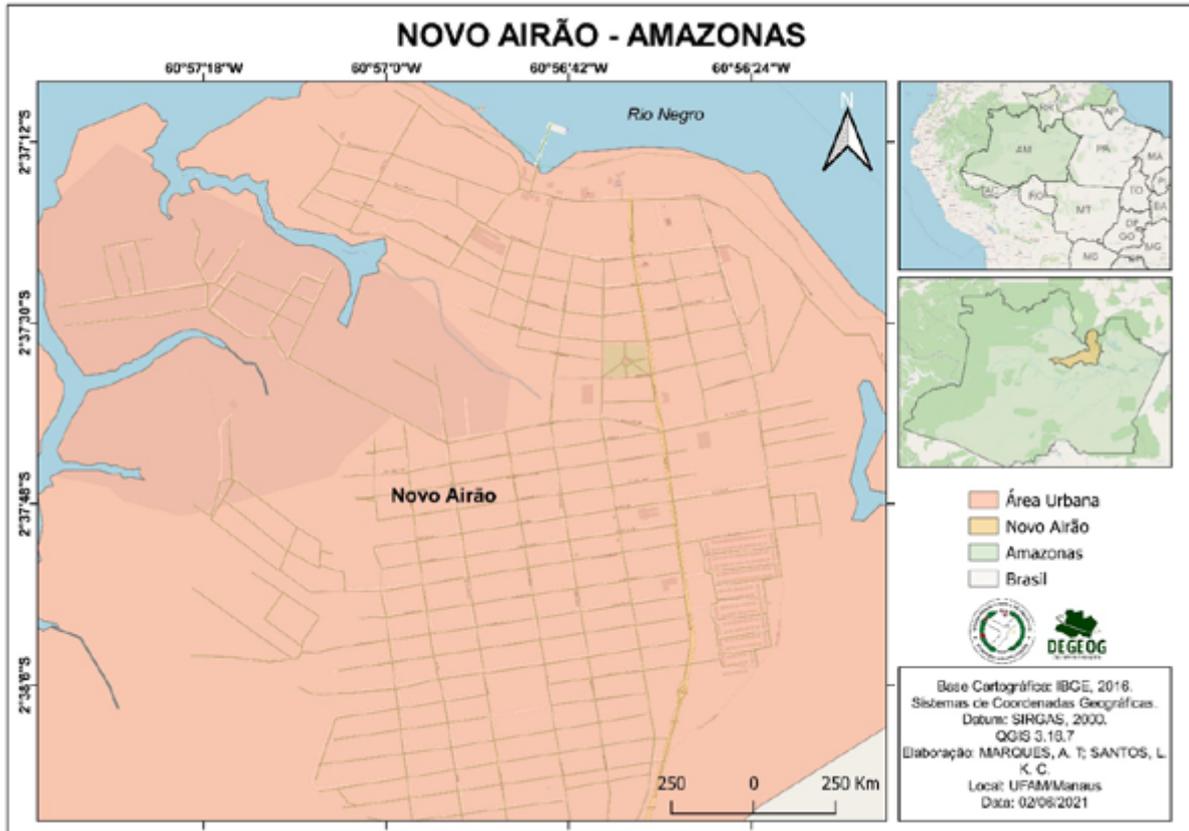
Há uma escassez de estudos recentes na área em questão, assim a presente pesquisa visa atender essa necessidade, uma vez que pretende evidenciar sobre a importância do sistema de gestão adequada de resíduos sólidos, visto que em trabalhos anteriores, existe uma carência e precariedade neste sistema no município de Novo Airão.

## **2. Procedimentos Metodológicos**

### **2.1 Município de Novo Airão**

O município de Novo Airão, localizado na mesorregião Norte-Amazonense e microrregião Rio Negro, passou a integrar a Região Metropolitana de Manaus, por meio da Lei Complementar nº 52 de 30 de maio de 2007. Abrange uma área de 37.776,770 km<sup>2</sup>, e uma população residente estimada em 19.928 habitantes, com densidade demográfica de 0,39 hab/km<sup>2</sup> para o ano de 2020 (Figura 1), sendo a quadragésima nona cidade mais populosa do estado do Amazonas (IBGE, 2020).





**Figura 1** - Localização de Novo Airão  
**Fonte:** IBGE, 2016.

O Índice de Desenvolvimento Humano - IDH é avaliado conforme o progresso ao longo prazo de três indicadores: Educação, Saúde e Renda. O IDH municipal de Novo Airão foi de 0,570 em 2010, considerado Baixo Desenvolvimento Humano, abaixo da média da capital Manaus com 0,737 e da média brasileira em 0,727 (PNUD, 2020).

De acordo com o Relatório do Ranking de Saneamento das 100 maiores cidades brasileiras no ano de 2020, desenvolvido anualmente pelo Instituto Trata Brasil, identifica-se que a cidade de Manaus, capital amazonense, aparece na posição nº 96, representando uma carência ou precariedade na disposição e universalização dos serviços de saneamento básico, também nota-se que na respectiva Planilha do Ranking não consta nenhum outro município do Amazonas (TRATA BRASIL, 2020).

## 2.2 Fonte dos Dados

A pesquisa teve caráter qualitativo e descritivo, tendo como foco a deposição dos resíduos sólidos na cidade e qualidade desses serviços. A coleta de dados obtida através de visitas em campo na cidade em 2018, com entrevistas semiestruturadas, cujos registros se deram por meio de gravações de áudios e anotações, nos dois aterros sanitários da cidade e demais locais, como por exemplo, o hospital, a Unidade Básica de Saúde - UBS, a escola, a feira de agricultores e a Associação dos Catadores de Lixo para verificar como se dá a logística da gestão de resíduos sólidos urbanos em Novo Airão, cada passo foi registrado por meio de fotografias.

As entrevistas foram destinadas aos profissionais dos respectivos órgãos mencionados, encarregados pela gestão dos resíduos na cidade, também foram entrevistadas pessoas encarregadas pelo despejo de resíduos do hospital público da cidade e da UBS, na escola da cidade, para ver como anda a educação ambiental e os hábitos de reciclagem neste importante espaço de aprendizagem, e por último com profissionais que trabalham como catadores e auxiliam na reciclagem dos mesmos. A pesquisa foi convertida em dados por meio das entrevistas e de análises comparativas com outros trabalhos anteriores, a fim de verificar as possíveis mudanças no tratamento e deposição final dos sobejos.

É importante destacar que as pessoas envolvidas nas entrevistas não serão mencionadas para manter suas identidades preservadas, assim como o endereço e o nome dos locais não serão relatados, pois não foi autorizado a divulgação dos mesmos, tão como a imagem de alguns estabelecimentos, como a Associação dos catadores de lixo, a UBS e o Hospital público.

### 3. Resultados e Discussões

A pesquisa foi originária de um projeto de iniciação científica que surgiu da inquietação acerca das condições do tratamento de resíduos sólidos que o município de Novo Airão praticava, e a importância dessa pesquisa é justamente divulgar e acender um alerta para essas práticas que não se fazem de exclusividade da cidade em estudo, mas estão presentes em todos os espaços urbanos, principalmente pela falta de um planejamento urbano, que vise um destino correto para esses resíduos, que não agrida tanto ao meio ambiente.

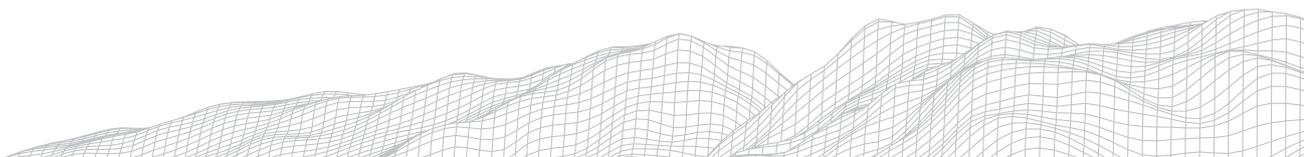
A importância de um Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos - GIRSU segundo Zanta e Ferreira (2009) tem como objetivo principal a qualidade da saúde, nas esferas físicas, sociais e mentais da comunidade no geral, porém depende inevitavelmente de políticas públicas que incluam, em seus propósitos, nuances institucionais, legais, financeiras, sociais e ambientais, que contemplem a integração entre a sociedade civil, a iniciativa privada, o governo atuante e setores terciários.

#### 3.1 Resíduos Domiciliares e Deposição

A primeira entrevista foi realizada na SEMINF no dia 9 de maio de 2018, onde os responsáveis informaram que a coleta pública residencial na cidade é feita diariamente e atende toda a cidade. Eles não possuem um mapa ou cronograma com as rotas fixas oficiais da passagem dos caminhões pela cidade. As rotas são determinadas pelos próprios motoristas dos caminhões, que, afirmam o secretário e o gerente, já têm em mente todo o percurso que precisam fazer.

O limite da passagem dos caminhões de coleta pública é o Km 13 da rodovia estadual AM - 352, que liga Manacapuru ao município, que é onde se situa o lixão a céu aberto da cidade, onde se destinam os resíduos domiciliares, em sua grande parte restos orgânicos e materiais utilizados em residências. Existe outro lixão no Km 6 que se destina aos resíduos orgânicos de poda de árvores, dentre outros da mesma natureza. Os moradores residentes mais distantes do Km 13, não têm acesso à coleta pública e utilizam outros meios de descarte, principalmente a queima.

Em 10 de maio de 2018 foi realizada uma visita de campo no local do lixão no Km 13, para averiguar o estado no qual este se encontrava, como pode ser visto na (Figura 2).





**Figura 2 - Lixão do Km 13**  
MÁRQUEZ, 2018.

Como pode ser visto na figura o lixão se encontrou bastante ocupado, com muita presença de resíduos sólidos, que há muito tempo foram depositados e ainda são. Na imagem também é possível verificar que o aterro foi concebido em meio a muita vegetação, ao seu redor tem presença de diversas espécies arbóreas.

Além do lixão de resíduos domiciliares a 13 quilômetros de distância da cidade, há também o lixão de resíduos orgânicos de poda de árvore, localizado no Km 6 de distância da cidade, como pode ser visto na (Figura 3).



**Figura 3 - Lixão do Km 06**  
MÁRQUEZ, 2018.

Em virtude do que foi visto em campo, foram feitas indagações ao secretário de infraestrutura da época sobre a saturação do lixão e sobre as medidas que estavam sendo tomadas para mitigar esses impactos, o mesmo respondeu que foi preparado um plano de intervenção para limpar o área do lixão de resíduos domésticos e que seria cercada com arames e colocada uma porta na entrada. Na fala do secretário também foi explicado que estava sendo preparado outro local para servir como um aterro sanitário, e que aquela área deveria passar por um processo de recuperação, feito por uma empresa terceirizada.

Eram coletadas por dia cerca de 11,50 toneladas de resíduos sólidos na época, totalizando cerca de 80 toneladas por semana, o que correspondia apenas aos rejeitos domiciliares. Em relação ao lixo orgânico da poda de árvores, não se soube estipular o quanto, em medidas de peso, eram coletadas semanalmente.

Acerca dos resultados é importante notar que nos dois lixões, que ficam na estrada de acesso ao município, houve descaso com os espaços naturais, causando grande impacto ambiental não só na flora, mas também diretamente impactando a fauna local, degradando-se os solos e dificilmente haverá maneira de recuperar aqueles espaços, o que acende a preocupação de que estavam buscando um novo local para servir de aterro, que provavelmente seria da mesma maneira.

É importante destacar que esse processo de construção de uma nova área de deposição, como foi prometido pelo secretário como aterro, deve ser construído levando em consideração as legislações pertinentes, para que não seja mais um local de disposição de resíduos de forma inadequada.

Apesar dos espaços serem divididos entre lixo domiciliar e lixo orgânico de poda de árvores, foi visível que isso não acontecia na prática, foi possível encontrar diversas sacolas contendo resíduos domiciliares no aterro orgânico, o que implica também na falta de atenção e cuidado que tinham com a situação, que sem controle e cuidado poderia facilmente comprometer também aquele ambiente.

### 3.2 Resíduos Hospitalares da cidade

O próximo passo da pesquisa foi verificar a situação dos resíduos hospitalares da cidade. Para isso, realizou-se uma visita ao Hospital público e à UBS da cidade no dia 11 de maio de 2018, onde foram obtidas as informações de que os serviços de tratamento, transporte e separação dos resíduos hospitalares era desvinculado do sistema de coleta pública da cidade. Todos os resíduos hospitalares produzidos na UBS são levados para o hospital, para serem tratados e descartados de forma conjunta.

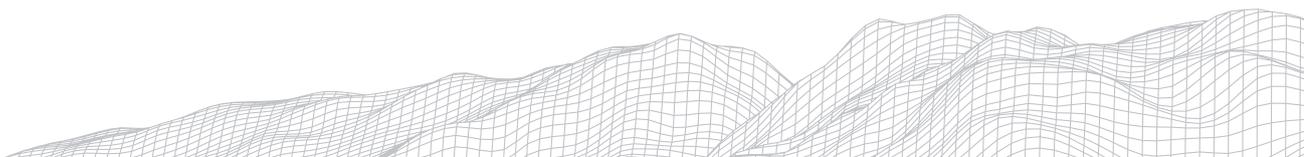
Em relação ao tratamento de resíduos líquidos, o hospital possuía uma máquina especializada, que ficava no próprio terreno do hospital. (Figura 4).



**Figura 4** - Máquina de tratamento de resíduos líquidos hospitalares  
MÁRQUEZ, 2018.

Em relação à essa máquina de tratamento de dejetos líquidos hospitalares, é importante notar que está montada de forma improvisada com sacolas plásticas servindo como sustentação para a tubulação de entrada e saída da máquina, o que se torna bastante perigoso e irregular, sendo o local e a instalação da mesma estando de forma inapropriada.

Os resíduos sólidos hospitalares passavam por três etapas: armazenamento, transporte e destinação. Eram armazenados no próprio hospital, que possuía uma sala reservada para isso ao lado de fora do terreno, na qual eles eram acumulados por 1 mês. Após ficarem armazenados, os resíduos eram coletados mensalmente



por um funcionário e transportados em um veículo do próprio hospital, e então levados para seu destino final, a incineração, que era feita no município de Manacapuru, distante 98 km da sede de Novo Airão.

Quanto ao tempo de armazenamento dos rejeitos sólidos, isso pode variar de hospital para hospital, de acordo com a geração de cada unidade. Quanto ao transporte do material ser feito por um funcionário da unidade e com o uso de um veículo do hospital, o responsável pela entrevista afirmou que o funcionário passa por um procedimento de treinamento para que tenha capacidade de exercer tal função.

### 3.3 Coleta Seletiva e Reciclagem dos Resíduos Sólidos

Com relação à coleta seletiva na cidade, foram visitadas a Escola Estadual e a sede da Associação dos Catadores de Novo Airão no dia 12 e 13 de maio de 2018, respectivamente, para verificar a procedência da coleta e se de fato eram divididos de forma correta, conforme o tipo de material dos rejeitos sólidos.

A visita foi feita em uma escola na área central da cidade (Figura 5), e foi verificado que a separação ocorria pela distinção dos tipos de resíduos (papel, plástico, metal, orgânicos) com o auxílio das lixeiras e distinção pelas cores. Estes rejeitos eram recolhidos pela prefeitura de forma separada, no entanto, a prática realizada na escola se tornava em vão, pois acabavam sendo despejados todos juntos no lixão. Havia também a necessidade de se utilizar tampas nas lixeiras, a fim de se evitar odores indesejáveis e atração de vetores.



**Figura 5** - Sistema de coleta seletiva na escola estadual da cidade MÁRQUEZ, 2018.

Por último foi visitada a Associação dos Catadores de Novo Airão que teve início no ano de 2014. Na época eles ainda não tinham um local de trabalho, até o ano de 2015, quando passaram a exercer de forma legal, ou seja, com conhecimento e aprovação do governo, o trabalho de catadores do município. Em 2015, a prefeitura cedeu um galpão no qual ainda realizam seus trabalhos de coleta e armazenamento. Além do local eles contam com um triciclo e uma cangueira, instrumentos de trabalho doados pela prefeitura.

Qualquer pessoa podia integrar e ser um cooperador da associação. O benefício monetário arrecadado com o trabalho era distribuído igualmente de

acordo com a produção respectiva de cada um. A produção era medida de acordo com o tanto de resíduos trabalhados por cada cooperador, para isso a quantidade trabalhada por cada um era pesada. A pesagem era feita com o auxílio de uma balança e das bags, enormes bolsões com capacidade de armazenar até 100 Kg de materiais reciclados.

Os materiais coletados eram vendidos para um atravessador de Manacapuru até março de 2018. No mês de maio de 2018 eles venderam diretamente para Manaus em parceria com a prefeitura municipal. Neste caso, o material levado foi apenas plástico e papelão, e o peso foi em torno de 2,500 Kg. O papelão (2,200 Kg) foi comprado em Manaus pela empresa PCE (Papel Caixas e Embalagens), e o plástico (230g) foram para outro local.

Nessa associação se viu um cenário diferente, nesse caso os resíduos eram vistos de uma maneira diferente da qual a sociedade enxerga, nesse caso era visto como fonte de renda, um caráter social, pois através deles se tiravam o sustento diário de cada trabalhador, mesmo que não fosse um trabalho tão valorizado socialmente ou monetariamente, é um dos serviços mais importante de qualquer sociedade.

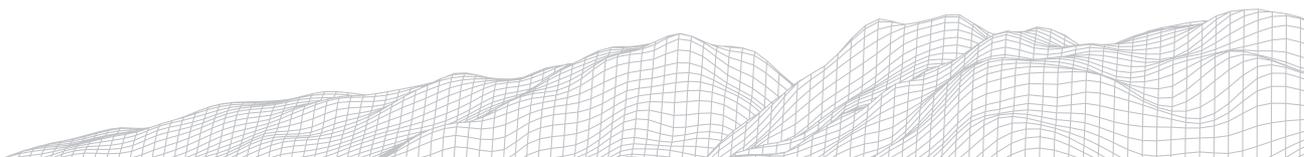
#### **4. Considerações Finais**

O trabalho aqui realizado mostrou de forma clara o que comumente acontece nos ambientes urbanos, principalmente nos municípios de pequeno porte, onde as políticas públicas não se fazem tão eficientes para a demanda que a cidade possui, levando em consideração sua produção de resíduos sólidos, decorrentes da ineficiência de uma gestão integrada municipal.

Em relação ao descarte dos resíduos que as sociedades produzem, se verificou que muitas vezes, como no estudo, é feito de maneira totalmente incorreta e inapropriada, sem um plano de ação eficaz que vise não apenas se livrar dos resíduos sólidos, mas também fazê-lo de forma correta. Assim, o mais adequado seria fazê-lo sem agredir ou prejudicar o meio ambiente, pois certamente nessas áreas, que servem como lixão a céu aberto, dificilmente serão recuperadas e estando muito sobrecarregadas, serão abandonadas de forma imprudente.

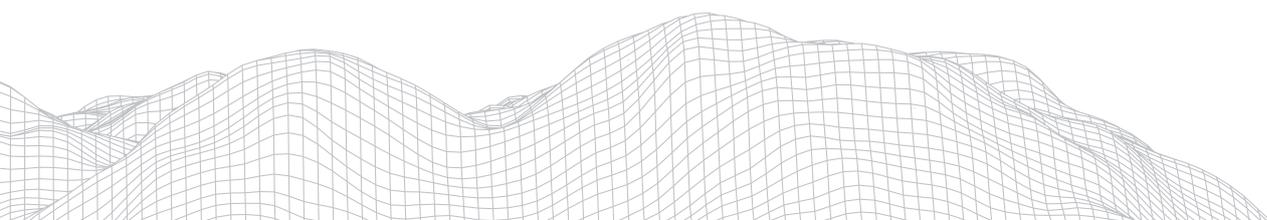
A respeito da importância do presente artigo, é necessário analisar o contexto e a perspectiva em que ele se apresenta, mostrando um exemplo básico de muitas cidades e acendendo um alerta para devidas mudanças nas medidas tomadas pelos governantes, o mesmo também servirá como guia e aporte para futuros trabalhos nesta área tão importante ligada ao meio ambiente, pois o que a sociedade causa ao meio natural, implicará diretamente na sua qualidade de vida.

Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos nessa temática para contribuir na compreensão do panorama atual do manejo e gestão dos resíduos sólidos urbanos no município, tendo em vista a importância da discussão deste tema para servir de instrumento para políticas públicas que se propõe a melhorar o planejamento urbano e ambiental da cidade.



## Referências

- ABNT. 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 1004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2. ed. p. 71, 2004. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf> Acesso em: 29 maio. 2021.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Diretrizes Nacionais para Saneamento Básico**. Diário Oficial da União, Brasília, 08 de janeiro de 2007. Seção 1, nº 5, p. 3 - 7, ISSN 1677-7042. Disponível em: <http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelinck.php?numlink=1-98-24-2007-01-05-11445>. Acesso em: 23 abr. 2021.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Diretrizes Nacionais para Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União, Brasília, 03 de agosto de 2010. Seção 1, nº 147, p. 3 - 7, ISSN 1677-7042. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm) Acesso em: 26 abr. 2021.
- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Saneamento para Promoção de Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde. 2017. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/saneamento-para-promocao-da-saude> Acesso em: 05 jun. 2021.
- FVS. Fundação Vitória Amazônica. **Características socioambientais do município de Manacapuru**. Série Documentos Técnicos FVA número 3 (maio 2017). Editado por: Fundação Vitória Amazônica, Manaus. 2017.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. 2020. **Amazonas - Novo Airão, Panorama: IBGE Cidades**. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/novo-airao/panorama>, Acesso em: 18 dez. 2020.
- JUNIOR, J. L. P. S. **PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ALDEIAS DO PÓLO-BASE NOVO AIRÃO - DISTRITO SANITÁRIO INDÍGENA DE MANAUS (DSEI-MAO)**. TCC (Graduação) Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP. 2017. 35f. Manaus, 2017.
- MOURA, S. **Diagnóstico ambiental urbano da cidade Novo Airão - Amazonas**. 2009. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - PPGEU, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.
- OLIVEIRA, M. A. **AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NOS MUNICÍPIOS DE IRANDUBA, MANACAPURU E NOVO AIRÃO, AM**. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia - PPG/CASA, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Perfil: Atlas do Desenvolvimento Humano dos Municípios: Novo Airão**. PNUD, Brasília. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/130320>, Acesso em: 30 abr. 2021.
- RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento Básico E Sua Relação Com O Meio Ambiente E A Saúde Pública**. Trabalho do Curso de Especialização em Análise Ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora: Faculdade de Engenharia. p. 28. Juiz de Fora, 2010.
- TRATA BRASIL. Instituto Trata Brasil. **Estudos: Ranking de Saneamento de 2020**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2020>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- ZANTA, Viviana Maria; FERREIRA, Cynthia Fantoni Alves. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU). In: ALMEIDA, Paulo Santos de. **Sociedade, Meio Ambiente e Cidadania**. Florianópolis: Rima Artes e Textos, 2003. p. 1-26.



# IMPACTOS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA: A CONSTRUÇÃO DE HIDRELETRICAS

928

*Kamila Cunha de Albuquerque*

*Universidade Federal de Uberlândia - MG*

*Av. João Naves de Ávila, 2121/Santa Mônica, Uberlândia – MG.CEP*

*38408-100*

*E-mail: kamilacunha28@gmail.com*

*Adorea Rebello da Cunha Albuquerque*

*Universidade Federal do Amazonas*

*Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200.CEP. 69067-005*

*E-mail: adorea27@yahoo.com*

*Odemar José Santos do Carmo Filho*

*Universidade Federal do Amazonas*

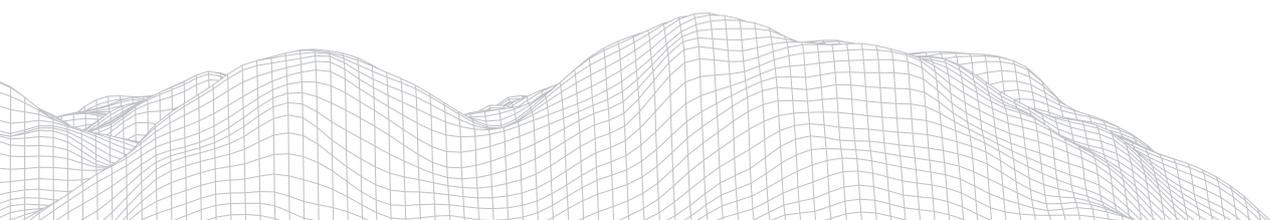
*Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200.CEP. 69067-005*

*mariojhonrock@gmail.com*

### Resumo

Este trabalho tem como principal objetivo, apresentar um estudo sobre os impactos socioambientais decorrentes da construção de hidrelétricas na Amazônia, neste caso a construção do Reservatório da Hidrelétrica de Balbina sobre a bacia hidrográfica do rio Uatumã em Presidente Figueiredo/AM. Os impactos agravaram entre os níveis topográficos entre 40 e 51 metros, quando submetidos à inundação para o enchimento do reservatório. Este procedimento gerou alterações no padrão de drenagem do rio Uatumã, transformando-o de retilíneo para dendrítico. Tal reconfiguração no sistema hidrográfico causou alterações ecossistêmicas na planície de inundação, onde novos ecótonos facilitaram a proliferação de insetos do tipo *Plasmodium vivax* fazendo deste rio, um dos maiores focos de malária durante a construção da usina. Além desse impacto à saúde humana, atrasos no retorno da água ao ciclo hidrológico, ambientes lodosos e lânticos, comprometeram a biodiversidade de peixes e flora locais. A dizimação de 83% da população indígena do grupo Waimiri-Atroari aumenta o cenário de tragédias em decorrência da construção de hidrelétricas na Amazônia.

**Palavras-chave:** Amazônia, Uatumã, Drenagem, Malária,



## Introdução

A tomada de decisão para a construção de hidrelétricas na Amazônia, requer a construção de um amplo debate que contextualize as premissas da sustentabilidade como um marco determinante para compor a matriz energética desta parte da América do Sul. Esta medida, sem sombra de dúvidas, mitigaria os impactos advindos da energia hidráulica, considerada até o final do século XX como uma energia “limpa”.

Embora tal entendimento ainda permaneça sob o pretexto do não comprometimento da matriz energética na Amazônia, muitas mudanças alinham-se às descobertas de novas tecnologias e, consideram o potencial fotovoltaico disponível em um país tão ensolarado como o Brasil — onde segundo o Atlas de Energia Solar, incidem diariamente entre 4.444 Wh/m<sup>2</sup> a 5.483Wh/m<sup>2</sup> — tal quantitativo indica que, mesmo no lugar menos ensolarado do Brasil, a potência fotovoltaica será sempre maior do que na Alemanha, por exemplo, considerada um dos países que lidera a geração de energia solar. Esses argumentos implicam reflexões sobre a modalidade da energia hídrica e os impactos ambientais gerados na bacia hidrográfica do Rio Uatumã a partir da construção da Usina Hidrelétrica de Balbina (UHE-BALBINA) no Município de Presidente Figueiredo, estado do Amazonas.

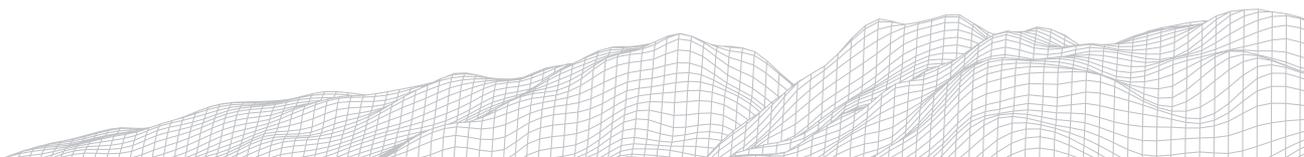
Em razão deste contexto, o presente trabalho tem como principal objetivo analisar os impactos ambientais decorrentes de alterações dos padrões de drenagem do Uatumã pelo represamento à jusante da barragem. A área selecionada para o estudo denomina-se “Lago de Balbina” onde se evidencia um cenário da geomorfologia fluvial que engloba os setores situados tanto à montante como a jusante da hidrelétrica.

## 2. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho foi composta por revisão de literatura específica, campos supervisionados e trabalhos de gabinete para o tratamento de imagens de satélites. A linha de tempo, descrita a seguir, auxiliou a análise comparativa para interpretações entre as imagens de períodos distintos com o objetivo identificar as mudanças e alterações nos padrões de drenagem do rio Uatumã.

### 2.1. Etapa de Aquisição de dados e Geoprocessamento

Para a obtenção dos resultados foram trabalhadas imagens do satélite do Landsat 5, Sensor TM (Thematic Mapper) com resolução espacial de 30 metros, 185 km<sup>2</sup> de área imageada e resolução radiométrica de 8 bits, em quatro períodos distintos: 1985, 1989, 1999 e 2009, cujas orbitas e pontos (230-231/061) possuem diferença temporal de aproximadamente 7 dias considerando a passagem do satélite na cena seguinte (Quadro 1).

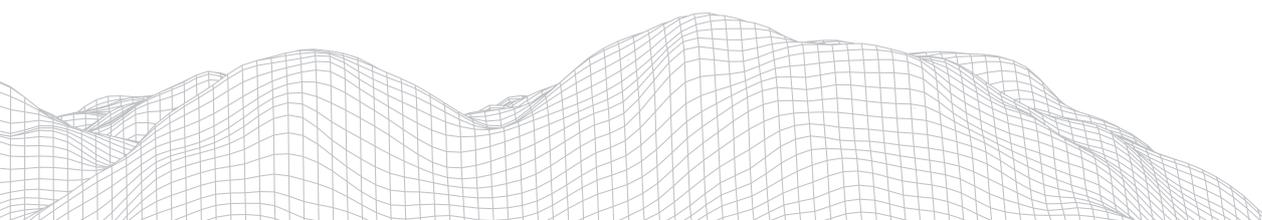


**QUADRO 1**  
Informações sobre os satélites

LANDSAT 5 - TM		
Órbita	Ponto	Ano
230	061	01/09/1985
231	061	06/07/1985
230	061	26/07/1989
231	061	02/08/1989
230	061	07/08/1999
231	061	14/08/1999
230	061	03/09/2009
231	061	10/09/2009

**Fonte:** Adaptado de DGE/INPE (2021).

A escolha do satélite LANDSAT 5, sensor TM decorreu no período de março de 1984 a novembro de 2011, período que recobre a construção e funcionamento da UHE Balbina. As imagens foram processadas no Software QGIS 3.12.3 with GRASS 7.8.3, sendo que os dados tiveram correções de alinhamento a partir do complemento georreferenciamento, sendo em seguida, realizadas composições com três arranjos de bandas, banda 5, 4 e 3 referentes ao Vermelho, Verde e Azul, construindo uma imagem com Falsa cor natural. Além das imagens de satélite, fez-se uso dos Modelos Digitais de Elevação - MDE disponíveis na plataforma do Serviço Geológico Norte Americano - USGS Earth Explorer com resolução de 1- ARC por segundo, do ano de 2011, sendo processado para construção de produtos hipsométricos com a finalidade de simular as cotas de inundação na bacia para as cotas de 30 metros e 51,1 metros (Tabela 1).



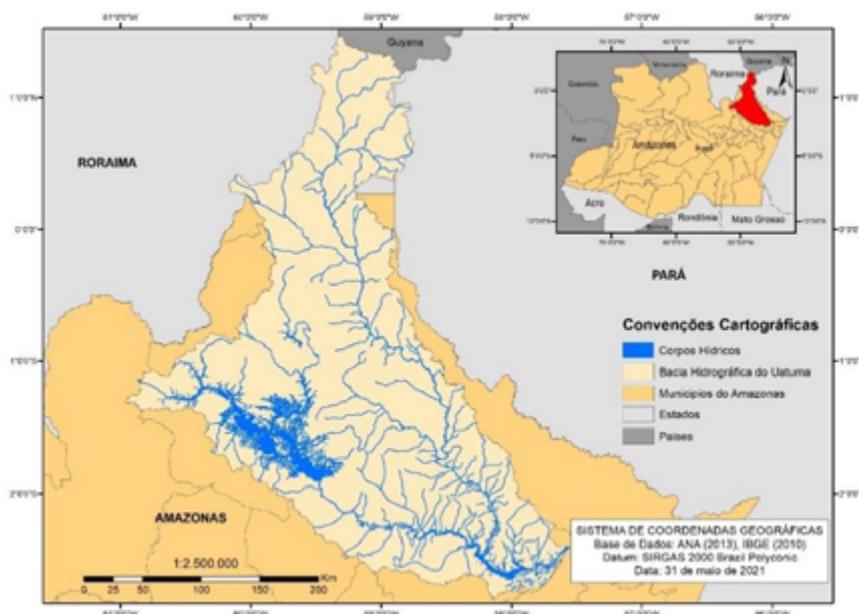
**TABELA 1**

ID	Coordenadas Longitudinais	Coordenadas Latitudinais	Resolução	Data
SRTM1S01W060V3	60° W e 59°W	0° S e 1° S	SRTM 1 Arc-Second Global	2014-09-23
SRTM1S01W061V3	61° W e 60° W	0° S e 1° S	SRTM 1 Arc-Second Global	2014-09-23
SRTM1S02W060V3	60° W e 59° W	1° S e 2° S	SRTM 1 Arc-Second Global	2014-09-23
SRTM1S02W061V3	61° W e 60° W	1° S e 2° S	SRTM 1 Arc-Second Global	2014-09-23
SRTM1S03W060V3	60° W e 59° W	2° S e 3° S	SRTM 1 Arc-Second Global	2014-09-23
SRTM1S03W061V3	61° W e 60° W	2° S e 3° S	SRTM 1 Arc-Second Global	2014-09-23

**Fonte:** Adaptado de USGS (2021).

## 2.2. Descrição da área de estudo

Neste trabalho a área em análise denomina-se o Lago da UHE Balbina, situa-se na porção NW da bacia hidrográfica do rio Uatumã, Município de Presidente Figueiredo no estado do Amazonas. O perímetro hidrográfico dessa bacia limita-se no território nacional com os estados de Roraima e Pará ao norte e ao Leste respectivamente e, no âmbito internacional seguindo no sentido N-NE com a Guyana Inglesa (Figura 1).



**FIGURA 1** - localização do Lago de Balbina que corresponde à área inundada pela construção da barragem da hidrelétrica.  
 Elaboração: CARMO FILHO (2021).

O acesso à UHE Balbina é feito por uma extensão de 72 km de rodovia pavimentada, localizada no km 103 da BR-174 (Rodovia entre o Amazonas e Roraima) e pela AM 240. Torna-se possível o acesso a essa UHE, também por meio aéreo, dispondo-se para tal de aeroporto com pista para aeronaves de pequeno porte.

Além da BR-174, é possível chegar à UHE Balbina por via fluvial, subindo o rio Uatumã a partir de uma das cidades localizadas em sua foz – Itapiranga, Silves, São Sebastião do Uatumã ou Urucará. No período de águas altas (dezembro a julho), quando as corredeiras estão cobertas pelas águas é possível navegar em embarcações regionais. Diferentemente, no período de águas baixas, a navegação só é possível em barcos pequenos e leves. A partir da Cachoeira Morena há uma estrada não pavimentada, com aproximadamente 40 km de extensão, paralela ao rio Uatumã por sua margem esquerda que dá acesso à UHE Balbina, conhecida como Ramal da Morena (CARRIL, 2013).

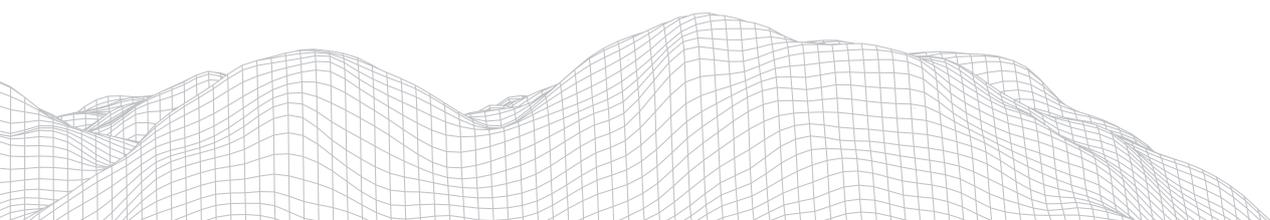
## Resultados

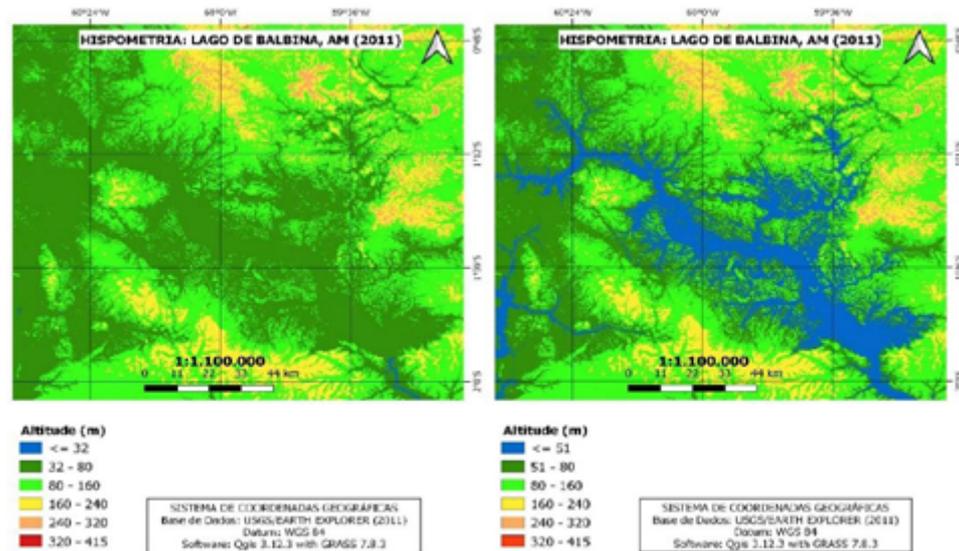
### O contexto da problemática ambiental de Balbina

De acordo com a FOLHA S A-21-Y -A do Serviço Geológico do Brasil (2014), a área da bacia do rio Uatumã apresenta estruturas pertencentes ao Cenozóico e Paleozóico. Para o Cenozoico evidenciam-se as seguintes unidades: depósitos de planície inundação, diques marginais e barras de meandros, terraços aluvionares e Formações Belterra, Tucunanduba, Novo Remanso e Alter do Chão. Quanto ao Paleozóico/Siluriano-Devoniano, está representado por 3 grandes grupos Curuá, Urupadi e Trombetas, a composição desses grupos ocorre da seguinte forma: Curuá composto pelas Formações Cururi e Barreirinha; Urupadi composto por formação homônima mais a Formação Jatapu e, finalmente o Grupo Trombetas constituído pelas formações Manacapuru e Nhamundá.

Rochas areníticas compõem a maior parte dessas unidades, aspecto que torna a área susceptível a impactos ambientais principalmente, os erosivos. Ademais, deve-se mencionar que a construção da barragem propiciou a inundação de uma área 2.996 km<sup>2</sup> para gerar apenas 112,2 MW (FEARNSIDE, 2015), sendo conhecida como a maior tragédia ambiental da Amazônia Brasileira na década de 1980. A conjugação de material de origem sedimentar e a extensa área de cobertura vegetal submersa, associados à capacidade de erosão e transporte de sedimentos do canal hidrográfico do Uatumã, contribuiriam para as alterações do padrão de drenagem original transformando-a em ambientes lamacentos e lodosos (Figura 2). Nesse cenário, formaram-se a partir da sedimentação cerca de 3.300 ilhas que atualmente são utilizadas pelas comunidades locais para o cultivo de hortaliças e cítricos principalmente conforme descrito em citação a seguir:

*Uma grande parte do reservatório é extremamente rasa porque o relevo em Balbina é bastante plano. A área oficial de 2.360 km<sup>2</sup> da represa na cota de 50 m cai para 1.580 km<sup>2</sup> na cota 46, o que significa que 780 km<sup>2</sup> (33%) terão menos que quatro metros de profundidade. A profundidade média é de 7,4 m. Nessa extensa área de água rasa pode-se esperar a sustentação de uma vegetação aquática enraizada no fundo, que - adicionada ao problema de macrófitas flutuantes - poderia afetar a represa inteira (FEARNSIDE, 2015, p.105).*





**Figura 2** - Aspectos da inundação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina nas cotas de  $\leq 32$  que consistem em cotas fluviais e as  $\leq 51$  metros que foram as cotas inundadas, porém sem sucesso para a geração de energia.

Elaboração: CARMO FILHO (2021).

O planejamento equivocado da implantação da barragem de Balbina, estabeleceu que o enchimento do reservatório seria até a cota de 50 metros. Ao chegar neste nível a Central Elétrica do Norte/ELETRONORTE deu continuidade ao enchimento até atingir o “nível d’água máximo normal” visando armazenar a quantidade de água suficiente para a geração de energia. Na década de 1989 as comportas foram abertas, coincidindo com a estação chuvosa nesta parte da Amazônia, fato que proporcionou o aparecimento de uma lâmina de água de 50,6 metros, chegando posteriormente a 51 metros, aspecto que causou o transbordamento em vários tributários do rio Uatumã, como no caso da Cachoeira Morena.

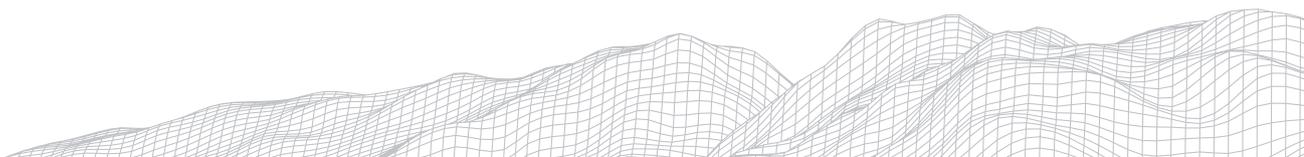
Os impactos foram além do ambiente físico, comunidades formadas por residentes e indígenas locais, roças e fazendas, foram totalmente inundadas, causando sérios prejuízos principalmente à saúde humana uma vez que, o uso da água potável obtida dos poços tornou-se impossível de ser consumida, em decorrência da quantidade de argila em suspensão.

Neste tipo de ambiente, os vegetais ficam submersos por um longo tempo até atingir a decomposição por completo, tornando a água ácida e anóxica, o que causa a corrosão das turbinas futuramente. Para Daga *et al* (2020) os desvios de canais consistem numa grande ameaça a biodiversidade, por causar a invasão massiva e acelerar a homogeneização biótica, gerando prejuízos sociais e econômicos.

Nos locais de grande cobertura vegetal a lâmina de água, proporcionou a formação de sistemas fluviais lânticos que favorecem a proliferação de insetos vetores de doenças.

### Efeitos socioambientais relacionados à mudança do padrão de drenagem

A malária transformou-se em uma doença endêmica na área de construção da represa, remetendo ao crescimento dos casos de incidência há medida que, um contingente populacional de frente de trabalho direcionou-se para a localidade. Tadei (1983) menciona que reservatórios provêm criadouros para mosquitos



*Anopheles*, assim mantendo ou aumentando a população dos vetores para essa doença nas áreas circunvizinhas.

A mudança no padrão de drenagem do rio Uatumã desde meados de 1985 para a construção da Usina de Balbina (Figura 3) foi um dos fatores de maior impulso para a expansão dessa doença.

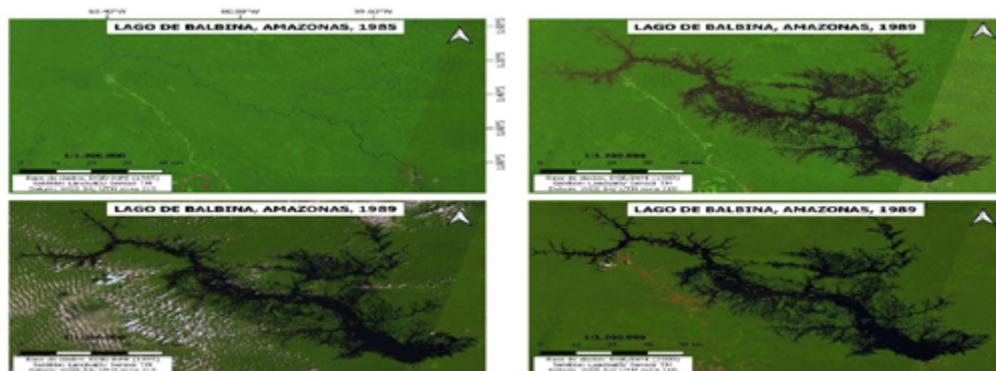
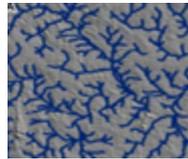


Figura 3 – alteração no padrão de drenagem no setor médio da bacia do rio Uatumã. Tal mudança está associada às interferências humanas para a construção da hidrelétrica.

Elaboração: CARMO FILHO (2021)

Sobre o sistema fluvial e padronização das formas de canais Derruau (1965) menciona que a alta densidade de drenagem associada ao relevo dissecado e a formação de vales na Amazônia seriam relíquias do processo de pedimentação associado às flutuações climáticas do Quaternário (TRICART, 1975). Dentre esses períodos ocorreria a dissecação do relevo, dado ao recuo da floresta e à sua substituição por coberturas vegetais menos densas, em estações que oscilaram entre estiagem e chuvas. Haffer e Prance (2002) indicam que uma floresta pluvial a cerca de 250 quilômetros ao norte de Manaus que corresponde a distância entre a hidrelétrica de Balbina e o cidade de Manaus — está assentada em camadas de sedimentos grosseiros, estrutura diversificada, extremamente pobres, que devem ter sido depositados sob condições climáticas secas — de passado geológico recentes quando florestas pluviais densas de há muito estavam ausentes dessa região. Cunha (2001) sustenta que a implantação da rede de drenagem é preferencialmente controlada pelas propriedades estruturais e mecânicas do manto alterado em ambientes tropicais. O mérito a estes estudos é incontestável, todavia neste trabalho, destaca-se que a mudança de drenagem neste setor da bacia decorreu mediante ações humanas, para a construção de uma represa e geração de energia na Amazônia. Merece registro que a área da represa de Balbina é de 2.360 km<sup>2</sup> com potência de 250 MW e densidade de 0.10 MW por Km<sup>2</sup>. A área de Tucuruí é de 2.300 km<sup>2</sup> com potência de 8.375 MW e densidade de 3,6 MW por Km<sup>2</sup>.

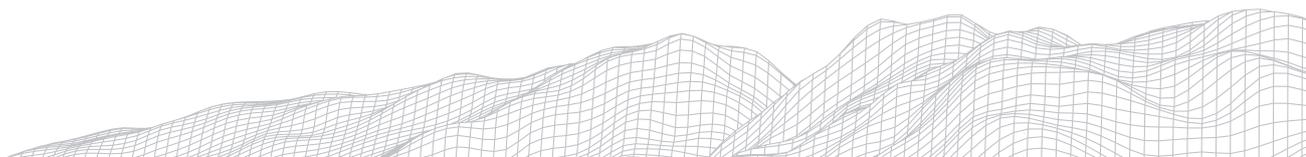
Sobre mudanças em canais induzidas pela ação humana Knighton (1984), selecionou dois grandes tipos: o primeiro correspondente às mudanças que atuam diretamente no canal fluvial através das obras de engenharia. O segundo

são as mudanças indiretas ligadas às atividades humanas realizadas na bacia hidrográfica como a remoção da vegetação, agricultura, urbanização, entre outras). Ambos os tipos, geram efeitos que podem ser transmitidos a longas distâncias. No caso deste estudo, a interferência direta foi a obra de engenharia que implantou a barragem. No segundo, ocorreram perdas que de roças, sítios e residências, o mais grave de tudo, a dizimação de grupos indígenas.

Ao tratar sobre impactos decorrentes da construção de hidrelétricas na Amazônia Junk & Mello (1990), Baldiseri (2005), Carril (2013) e Fearnside (2015) identificaram 13 tipos de impactos ambientais decorrentes da construção de hidrelétrica na Amazônia (Tabela 2).

**TABELA 2**  
**Tipos de impactos ambientais associados à construção de hidrelétricas**

Translocação da população;
Perda de solos, resultado da inundação da Região Amazônica de centenas até milhares de quilômetros quadrados de áreas cujo relevo é pouco acidentado;
Perdas de espécies de plantas e animais, presente nas áreas inundadas e cobertas por densa floresta tropical, rica em biodiversidade;
Perdas de monumentos naturais e históricos;
Perda de recursos madeireiros;
Modificações da geometria hidráulica do rio, uma vez que o seu represamento significa uma interrupção do sistema de transporte aberto por um sistema mais fechado e de acumulação, resultando em fortes modificações hidrológicas, hidroquímicas e hidrobiológicas, que afetam as áreas do reservatório, abaixo da represa e, no caso da biota, até a área acima dela;
Modificações da carga sedimentar, pois a redução da correnteza resulta na deposição de sedimentos nos reservatórios, reduzindo sua vida útil, aumentando também a erosão no vale abaixo das represas, até chegar de novo ao equilíbrio determinado pela geometria hidráulica do rio;
Mudanças florísticas e faunísticas abaixo e acima da represa, isto porque mudanças no regime hídrico influenciam fortemente a flora e a fauna adaptada a determinadas flutuações de nível e correnteza;
Impactos para a pesca e a aquicultura, por infestação de peixes com parasitas;
Crescimento maciço de macrófitas aquáticas, sendo identificado como um dos fenômenos biológicos mais alarmantes em represas tropicais;



Deterioração da qualidade da água, pois águas paradas nos trópicos quentes mostram em geral uma hipóxia forte ou até anoxia nas camadas profundas, apesar de uma termoclina pouco pronunciada. Isto se deve ao fato de que a solubilidade de oxigênio na água diminui com o aumento da temperatura, enquanto que os processos de decomposição que consomem oxigênio se aceleram;

Problemas sanitários em reservatórios, normalmente relacionados ao lançamento de esgotos ou de parasitas, cujos hóspedes intermediários podem estabelecer-se e proliferar com sucesso no novo meio ambiente. Além disso, pode haver problemas com número elevado de mosquitos ou de odor de gás sulfídrico;

Impacto no balanço global de CO<sub>2</sub>, consequência da mudança do clima decorrente do aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera, resultado da destruição de florestas tropicais, demandando uma avaliação

Fonte: CARRIL (2013).

Esta série de impactos apresentada pelos autores converge para uma quase que específica causa, a modificação do padrão de drenagem de retilíneo para dendrítico.

O antigo padrão retilíneo do rio Uatumã, já exposto na figura 3 desapareceu após o enchimento do reservatório e, as áreas inundadas formataram a nova configuração do canal para um padrão do tipo dendrítico. Essa atual configuração favoreceu a inundação da floresta e a retenção da água na bacia atrasando o retorno desta ao ciclo hidrológico Fearnside (1990) estabelecendo-se ali uma nova dinâmica fluvial.

Essa nova dinâmica fluvial condiciona a formação de novos ecótonos entre terra e água no ambiente da bacia. Segundo Neiff (2003) ecótono é uma palavra composta de dois termos gregos derivados de “eco” que significa área e “tonia” igual a tensão. Assim, a atual planície de inundação do Uatumã representa uma zona de tensão entre ambientes distintos, podendo associar-se a vários fatores dentre os quais, enunciam-se topografia, inundações, competição e homogeneização de espécies por condições ambientais diferentes das originais. Neiff (2003) ao citar Clements (1995) explica que um ecótono representa uma faixa de transição produzida por outras duas, ou seja, uma invasão mútua. No caso do Lago de Balbina, as inundações em topografias não elevadas e recobertas de floresta original, deflagram não apenas alterações na planície de inundação do rio Uatumã como causaram impactos diversos, um dos mais graves à saúde humana que foram as condições ambientais favoráveis ao mosquito da malária *Plasmodium vivax*.

Quanto a ictiofauna local Santos e Oliveira Junior (1999) relatam em seus estudos que o reservatório de Balbina é ocupado principalmente pelas seguintes espécies: a Piranha Preta (*Serrasalmus rhombeus*), Aruanã (*Osteoglossum bicirrhosum*) e a Traíra (*Hoplias malabaricus*) peixes que chegam a atingir 75 cm mas, a frequência populacional é baixa e sem valor comercial, sendo aproveitados normalmente, para alimentação dos pescadores e seus familiares ou iscas.

Além dessas, foram encontradas três espécies de tucunarés no reservatório de Balbina: *Cichla monoculus* (comum); *Cichla temensis* (paca ou pinima) e *Cichla sp.* (açú). Essas três últimas espécies alcançam o menor tamanho, em torno de 30 cm de comprimento padrão, sendo o *Cichla monoculus* o mais comum é o mais abundante, respondendo por 90% da produção total. O que se evidencia nesta questão é que o tucunaré se adaptou e desenvolvendo-se, distribuiu-se



especialmente por todo o reservatório, tornando aquele setor do rio um habitat especializado para as condições exigidas por tal espécie.

Sobre o tema Freire (2013) indica que “espécies pré-adaptadas a sistemas lênticos, são beneficiadas com a riqueza das águas retidas a montante” fator que pode ter contribuído para a disseminação e sobrevivência do tucunaré no reservatório de Balbina. Além desse aspecto, deve-se ressaltar que esta espécie é classificada como um predador de médio/grande porte.

Comunidades de pescadores relatam que neste reservatório tem-se avistado um número bastante elevado de tucunarés acometidos de uma magreza extremamente acentuada, sendo denominados de “afó” e “mukao” toponímias regionais.

Santos e Oliveira Junior (1999) mencionam que:

*[...] quando isso ocorre, o peixe fica bastante afilado e disforme, com a cabeça desproporcionalmente grande em relação ao restante do corpo. Tem-se observado que os peixes neste estado, tem a capacidade natatória bastante prejudicada, ficando imobilizados ou escondidos junto a troncos ou próximo às margens[...]* (SANTOS e OLIVEIRA JUNIOR, pág.147, 1999).

Quiçá a adaptação aos ambientes de água parada, tenha possibilitado a sobrevivência e extensa distribuição espacial do tucunaré pelo reservatório de Balbina, este setor do Urucu seria apenas um foco de insetos proliferadores de malária, com uma das mais pobres biodiversidades quando o assunto é ictiofauna amazônica.

### Considerações Finais

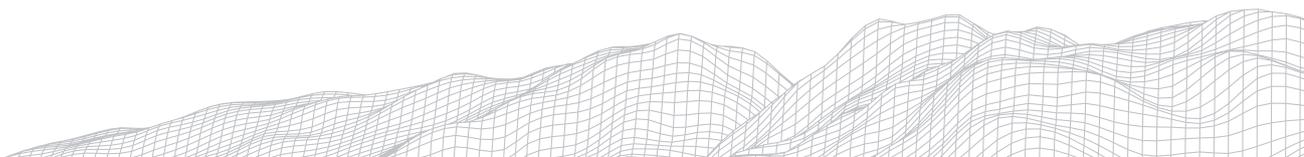
O projeto, que foi consagrado como “notória barragem de Balbina” no relatório do Banco Mundial avaliando o pedido para financiamento (Environmental Policy Institute, 1987), conseguiu se desviar dos controles ambientais tanto nos níveis estaduais e nacionais no Brasil como dentro do Banco Mundial (FEARNSIDE, 2015).

Carril (2013), destaca em seus estudos que os investimentos iniciais previstos, a preços de junho de 1975, para implantação das UHE Balbina, Morena e Katuema, foram de US\$ 383 milhões, US\$ 454 milhões e US\$ 466 45 milhões, respectivamente. Portanto, a UHE Balbina exigiria US\$ 71 milhões a menos do que Morena e US\$ 83 milhões a menos do que Katuema.

A hidrelétrica foi proposta no contexto de militar que ditava o desenvolvimento para a Amazônia, através de grades empreendimentos de acesso e economia. A UHE Balbina significava um complemento à Zona Franca e o argumento usado pela burocracia estatal foi que, sem a hidrelétrica, o Polo de Desenvolvimento de Manaus estaria ameaçado [...] (THOMÉ, 1999, apud BALDISSERI, 2005, pág.1431).

Aos militares sempre importou muito mais dar vazão aos desejos de administração e segurança nacional, seguindo o modelo da *self made society*, criado nos EUA, do que às necessidades simples e básicas dos moradores da Amazônia [...] Sem fugir à regra, a Usina Hidrelétrica de Balbina, na Amazônia Central, Estado do Amazonas, foi pensada para complementar a geração de Furnas, do sistema Eletrobras, que há anos vem vendendo energia elétrica às distribuidoras a preço médio de R\$ 20,00 o MW/h, ou R\$ 0,02 o KW/h. (RODRIGUES, 2013).

Considerando este cenário a uma das reflexões fica é que a implantação da hidrelétrica causou impacto cultural e étnico ao inundar as áreas da Reserva



Indígena Waimiri-Atraori, além da redelimitação por conta de interesses em recursos naturais, principalmente o minério. A terra dos indígenas teve alargamento no sentido norte-sul e diminuição no sentido Leste-Oeste por causa da área inundada (RODRIGUES, 2013).

Além dos impactos sociais e culturais, o funcionamento de Balbina alterou o ecossistema desta área da bacia, modificando a fauna e flora, a geomorfologia e hidrologia. Essas alterações ainda contribuem para a composição do clima como por exemplo, a emissão de gases em grande quantidade.

Este caráter insustentável foi estabelecido a partir dos seguintes critérios:

Os problemas físico-químico-biológicos decorrentes da implantação e operação de uma usina hidrelétrica, e da sua interação com as características ambientais do seu “lôcus” de construção (por exemplo, alteração do regime hidrológico; assoreamento; emissões de gases estufa a partir da decomposição orgânica no reservatório; entre outros).

Baldisseri, (2005) cita que:

*“A represa de Balbina é um labirinto de canais entre 60 igarapés afluentes e cerca de 3 mil ilhas (formadas após o represamento das águas), o que gera um tempo de residência da ordem de 14 meses (mensurados na vazão), o que significa que a renovação de água, em determinados pontos do reservatório, ocorrerá uma vez por ano; somando-se a isto, ocorre a estratificação térmica no fundo do reservatório, onde a decomposição da vegetação produz ácidos que corroem as turbinas, aumentando os custos de manutenção (BALDISSERI, 2005, pág.1436).*

Atualmente, a hidrelétrica encontra-se sobre a administração da Eletrobras e gera 250 MW, distribuída em cinco unidades geradoras de 50MW, que abastecem parte da vila de Balbina e do município de Presidente Figueiredo, consiste em um investimento e fracassos e tragédias ambientais

O mais grave crime que pode ser associado à construção dessa barragem, foi a suspeita de genocídio realizado sobre a tribo Waimiri-Atraori, que marca o sacrifício dos povos indígenas na parte central da Amazônia. No ano de 1972, a Fundação Nacional do Índio (FUNAI) estimou em 3 mil pessoas a população desses dois povos, entretanto, em 1986 durante a fase de construção da hidrelétrica, uma nova aferição do quantitativo populacional detectou apenas 374 indivíduos.

A pergunta que permanece é: — O que aconteceu com mais de 80% do grupo que desapareceu? (FEARNSIDE, 2018).

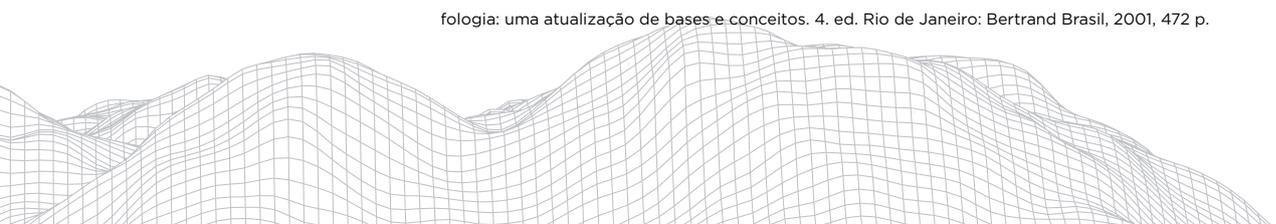
## Referências

BALDISSERI, D. H. As Transformações Espaciais e os Impactos Ambientais na Bacia do Rio Uatumã - AM, Brasil. In: X Encontro de Geógrafos da América Latina, 2005, São Paulo. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina. São Paulo: EDUSP, 2005. v. 10. p. 02-480.

CAVALCANTE, D. R.; BASTOS, F.B.; CORDEIRO, A.M. - Controle estrutural da drenagem na bacia hidrográfica do rio Coreaú, Ceará, Brasil Universidade Estadual do Ceará Programa de Pós-Graduação Revista GeoUECE ISSN: 2317-028X <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/index>. 2020.

CARRIL, J. F.R. Procedimentos metodológicos de intervenção para caracterização de comunidades-piloto visando à gestão integrada de reservatórios de hidrelétricas na Amazônia. 223ff.UFAM. Manaus:2013.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial p. 225. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, 472 p.



DAGA, V.S., AZEVEDO, S.; V.M., PELICICE.; - **Water diversion in Brazil threatens biodiversity.** *Ambio* **49**, 165-172 (2020).  
<https://doi.org/10.1007/s13280-019-01189-8>

DERRUAU, M. Los sistemas de erosión de los países intertropicales. In: \_\_\_\_\_. Geomorfologia. Barcelona, Ariel, 1965. 442 p. cap. 7, p. 215-224.

FEARNSIDE, P.M. Quem desmata a Amazônia: Os pobres ou os ricos? *Ciência Hoje* 19(113): 26-33. Manaus: 1995

FEARNSIDE, Philip M. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras / Philip M. Fearnside. - Manaus: Editora do INPA, 2015. v. 2: il.

FEARNSIDE, F. **O genocídio do grupo Waimir-Atroari: Um possível reconhecimento histórico.** *Jornal Amazônia Real.* Manaus: 12/03/2018 às 18:48

FREIRE, G. M.; FREITAS, C.E. - Crescimento e mortalidade de *Cichla temensis* do reservatório de Balbina, Amazônia Central. *Scientia Amazonia*, v. 2, n.1, 13-19. Revista on-line <http://www.scientia.ufam.edu.br> ISSN:2238.1910. Manaus:2013

FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação.** 7. ed. Tradução de Rosisca Darcy de Oliveira. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983[1969]. Título original: *Extención o Comunicación?*

HAFFER, J.; PRANCE, T. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica. *Estudos avançados* 16 (46), 2002.

JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. N. **Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira.** *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 4, n. 8, p.126-143, abril, 1990.

KNIGHTON, D. *Fluvial, Forms and Processes.* 218 Edward Arnold. London:1984.

MEIRELES, B. M. FATORES ASSOCIADOS À MALÁRIA EM POPULAÇÕES INDÍGENAS, AMAZONAS (2007 A 2016). Pós-graduação em Enfermagem. UFAM. Manaus: 2018

NEIF, J - Planícies de Inundação são Ecotones? - Centro de Ecologia Aplicada do Litoral. Corrientes. Argentina:2003.

RODRIGUES, M. F.; MOTA, D. T.; DUDER, M. V. Perfil epidemiológico da malária no Município de Presidente Figueiredo Anais do 13º Congresso Internacional da Rede Unida. v. 4, Suplemento 1 (2018). ISSN 2446-4813.

SANTOS, G. M.; OLIVEIRA JUNIOR, A.B. A PESCA NO RESERVATÓRIO DA HIDRELÉTRICA DE BALBINA (AMAZONAS, BRASIL). *Acta Amazônica*. 29 (1);145-163. Manaus:1999.

TADEI, W.P. - A diferenciação de populações de Anopheles a transmissão da malária. 35a. Reunião Anual da SBPC. PPG. BIONORTE. Simpósio: Malária na Amazônia. Belém: 1983

TANOS, C.C.; FRANÇA, M. G. Malária: historical aspects and chemotherapy. *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 5, 1271-1278, 2008

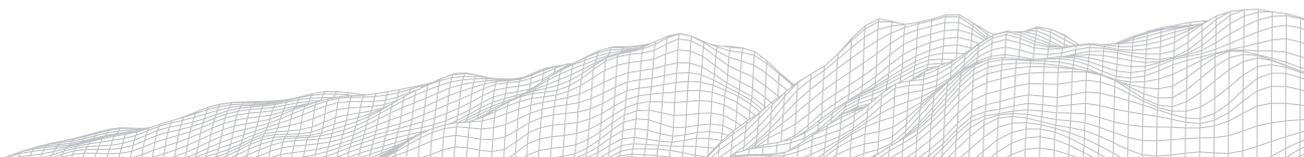
TRICART, J. Influence des oscillations climatiques recentes sur le modele en Amazonie orientale (region Santarém) d'après les images radar lateral. *Zeitschrift für Geomorphologie*, v. 19, n. 2, p. 140-163, June 1975.

**Informações sobre satélites** - <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>

**Serviço Geológico Norte Americano** - <https://earthexplorer.usgs.gov/>

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais** - <http://www.dgi.inpe.br/>

**Imageador TM** - [http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao\\_sen.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html)



# IMPACTOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DA APROPRIAÇÃO E OCUPAÇÃO DO RELEVO EM CIDADES PEQUENAS: O CASO DE CAPINÓPOLIS/MG

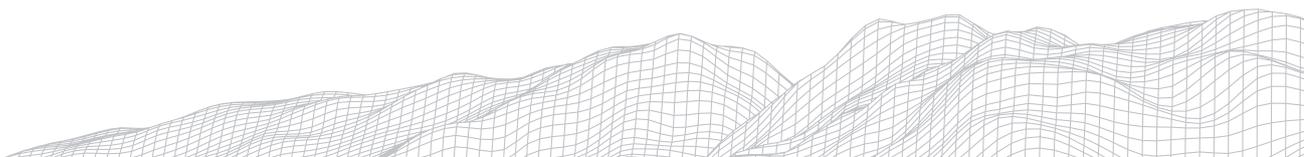
941

*Húrbio Rodrigues de Oliveira Costa*  
Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências e Tecnologia  
R. Roberto Símonsens, nº 305 - Centro Educacional, Presidente  
Prudente - SP, 19060-900  
E-mail: [hurbio.costa@unesp.br](mailto:hurbio.costa@unesp.br)  
*Leda Correia Pedro Miyazaki*  
Universidade Federal de Uberlândia  
R. Vinte, nº 1600 - Tupã, Ituiutaba - MG, 38304-402  
E-mail: [lecpgeo@ufu.br](mailto:lecpgeo@ufu.br)

### Resumo

A apropriação e ocupação do relevo, bem como as transformações que levam à construção de uma cidade estão relacionados ao surgimento de impactos ambientais urbanos. Estes, tendem a ser associados constantemente às cidades de médio e grande porte, porém, é possível identifica-los em cidades pequenas, demonstrando a urgência em aplicar a Geomorfologia contribuindo no planejamento da expansão da malha urbana. O objetivo do estudo foi compreender como o processo de ocupação do relevo e expansão da malha urbana em uma cidade pequena altera o equilíbrio dinâmico dos processos naturais, criando uma série de problemas ambientais urbanos. Para atender o objetivo, foram realizados trabalhos de campo e mapeamento da área de estudo, identificando os principais problemas ambientais urbanos. Capinópolis/MG, apresenta problemas relacionados a expansão da malha urbana, seriam evitados caso o equilíbrio dinâmico dos processos naturais fosse considerado durante a apropriação e ocupação do relevo.

**Palavras-chave:** Relevo; Planejamento; Impactos Ambientais; Cidades Pequenas.



## 1. Introdução

Ao passo em que os seres humanos passam a desenvolver suas atividades, independentemente de sua função, a tendência é de que as dinâmicas da natureza sejam alteradas, interferindo direta ou indiretamente na velocidade de determinados processos naturais. No que tange a superfície do relevo, o que se observa é que o processo de ocupação, por vezes desconsidera o equilíbrio dinâmico dos processos naturais, criando situações que colocam a sociedade em situação de risco.

A Geomorfologia, adota a litosfera e as forças endógenas e exógenas como seus principais objetos de estudo, constituindo um campo dinâmico, visto que a atuação dessas forças passa a interferir na superfície do relevo (PENTEADO, 1983). De acordo com Christofolletti (1980), a Geomorfologia enquanto ciência estuda as formas do relevo, que por sua vez representam o aspecto visível de processos atuantes ao longo dos anos, essa expressão pode ser percebida por meio das diferentes paisagens morfológicas encontradas ao redor do planeta.

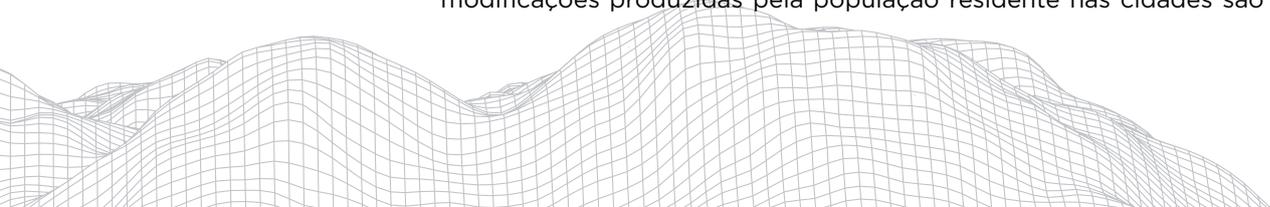
Destaca-se o papel do ser humano enquanto agente produtor dessas formas do relevo, atuando não mais na escala de tempo geológico, mas produzindo alterações percebidas na escala de tempo histórico. A Geomorfologia, que por inúmeros motivos está atrelada à Geografia Física, se vê na urgência de compreender como o ser humano é capaz de intervir na paisagem criando novas formas do relevo a partir de suas atividades socioeconômicas. Neste sentido, romper com a dualidade identificada dentro da Geografia, parece um caminho necessário, que por vezes encontra nas discussões de cunho ambiental a solução (SILVA, 2007).

De acordo com Coelho (2013, p. 23), esse ambiente ou meio ambiente deve ser analisado como social e historicamente construído, no “processo da interação contínua entre uma sociedade em movimento e um espaço físico particular que se modifica permanentemente”. Neste sentido, o ambiente é a base do social, ao mesmo tempo em que condiciona é condicionante do desenvolvimento da sociedade.

De acordo com Guerra (2018) a capacidade da Geomorfologia em compreender as formas do relevo, levando em consideração não somente os processos como os materiais que deram origem, é de suma importância para evitar impactos ambientais (rurais e urbanos), bem como possíveis catástrofes. Ainda de acordo com o autor, a Geomorfologia ao se preocupar com os processos atuantes na superfície, deve passar a considerar as atividades de caráter antrópico rompem com o equilíbrio dinâmico de processos naturais

Pensando no objeto de estudo da Geomorfologia e nas discussões apresentadas acima, é nas cidades que se observa a capacidade dos seres humanos em intervir nas formas do relevo de maneira mais drástica. Ab'Saber (1975, p. 1), aponta que geração após geração os seres humanos contribuíram “para lesar, direta ou indiretamente, muitas áreas, muitos locais e muitas faixas de terra onde desenvolveram suas atividades e expandiram suas técnicas”, seja no meio rural ou urbano, os impactos foram percebidos.

O relevo pode visto como base das interações entre sociedade natureza, e quando analisado a partir da ótica das cidades, nota-se a capacidade de transformação ao concentrarem um grande número de pessoas, tendo em vista que mais compartimentos do relevo passam a ser ocupados, por vezes sem considerar o equilíbrio dinâmico dos processos naturais (CASSETI, 1995; PEDRO, 2011; COSTA; PEDRO MIYAZAKI, 2018). Neste sentido, de acordo com Lima (2013, p. 51) as modificações produzidas pela população residente nas cidades são “profundas



e os problemas aumentam quando não se possui a preocupação de planejar os espaços urbanos com um ‘olhar’ para o ambiente como um todo, ou seja, considerando-se os aspectos sociais, econômicos e também ambientais”.

A forma como essas cidades são construídas ao longo do tempo, demonstram as técnicas disponíveis naquele período, bem como os anseios da época, sendo perceptíveis na paisagem ao redesenharem a superfície do relevo, criando novas formas (SUERTEGARAY, 2002). É nesse sentido que as técnicas de apropriação e ocupação do relevo utilizadas ao longo do tempo devem ser revisadas, questionadas e reelaboradas, de modo a considerar o equilíbrio dinâmico. Do contrário, esse processo de urbanização que consiste numa transformação da sociedade seguirá produzindo impactos ambientais, que de acordo com Coelho (2013, p. 21), são “promovidos pelas aglomerações urbanas são, ao mesmo tempo, produto e processo de transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade estruturada em classes sociais”.

Ab’Saber (1975) destaca que mesmo de forma indireta, a topografia e as formas do relevo são consideradas durante a escolha de um lote urbano ou suburbano que será adquirido, buscando-se por áreas mais planas e distantes dos fundos de vales, bem como de áreas com declividade acentuada. Neste sentido, a configuração atual de uma cidade é reflexo de escolhas realizadas no passado, seja pelo indivíduo que compra ou por aquele que é direcionado a compartimentos do relevo menos valorizados. Deste modo Gonçalves e Guerra (2013), reforçam a necessidade de avaliar o processo de formação, ocupação e parcelamento de uma cidade, pois indicam a realidade de uma determinada época, assim como as técnicas e direcionamentos econômicos tomados em cada período.

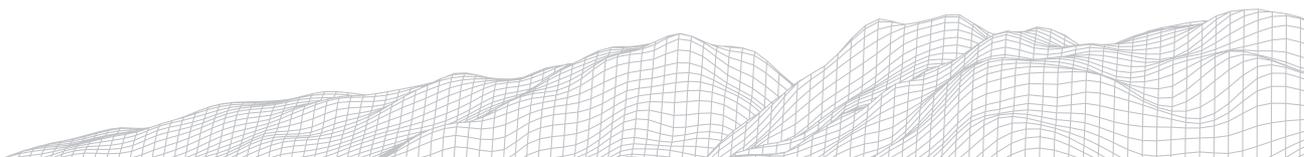
Esse processo de urbanização, demonstrado aqui pelo parcelamento das formas do relevo e vendas de acordo com interesses dos agentes produtores do espaço urbano é diferenciado, o valor dos lotes passa a direcionar determinados estratos da sociedade de acordo com sua capacidade de consumo (PEDRO, 2011; CASSETI, 1995). Girão e Corrêa (2004), revelam que o relevo adquire caráter restritivo a determinados tipos de ocupação humana, no entanto, é comum identificar em áreas urbanas a presença de casas em áreas consideradas desfavoráveis, visto que expõem a população a uma situação de risco. Martins e Costa (2011) salientam que, na maioria dos casos essa população encontra-se desprovida de capital ou recursos, submetendo-se a tal realidade.

A Geomorfologia associada ao planejamento urbano torna-se peça relevante nas políticas de expansão do perímetro urbano, a relação entre a necessidade de buscarem conhecimentos que disponibilizem soluções para os problemas ambientais urbanos e identificar as melhores áreas para ocupação, dá a esta ciência um campo amplo de análise (GUERRA; MARÇAL, 2006; GIRÃO; CORRÊA, 2004).

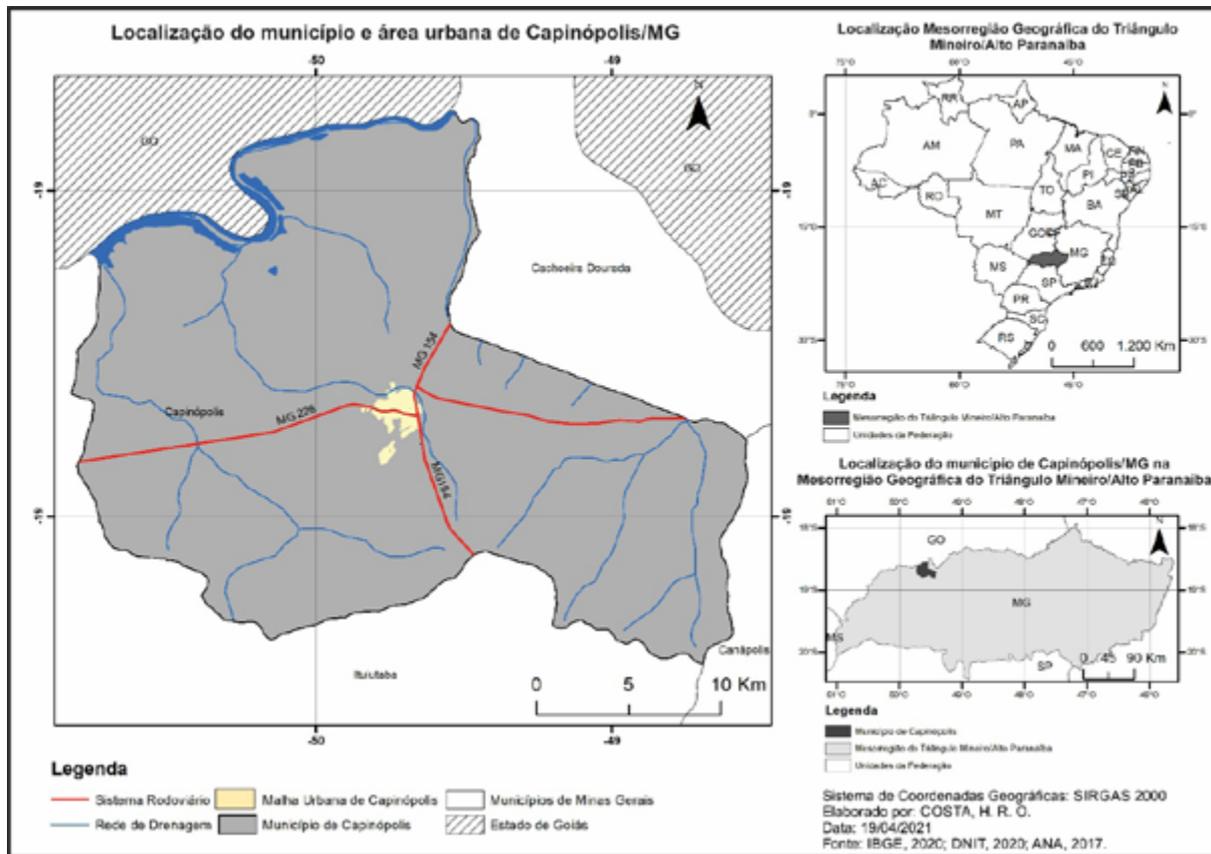
Neste sentido, o objetivo do presente estudo consistiu em compreender como o processo de ocupação do relevo e expansão da malha urbana em uma cidade pequena altera o equilíbrio dinâmico dos processos naturais, criando uma série de impactos ambientais urbanos. Demonstrando a urgência de estudos voltados às cidades pequenas e seu processo de expansão, pois, mesmo em diferentes escalas, apresentam problemas ambientais urbanos oriundos do processo de apropriação e ocupação das formas do relevo.

## **2. Área de estudo**

O município de Capinópolis (MG) está localizado na Mesorregião Geográfica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Figura 01), mais especificamente na Região Geográfica Imediata de Ituiutaba, da qual integram os municípios de Ituiutaba/



MG, Cachoeira Dourada (MG), Ipiacú (MG), Canápolis (MG), Santa Vitória (MG) e Capinópolis (MG). De acordo com o último censo do IBGE (2010), a população total é de 15.290 habitantes, sendo que deste total, 14.302 residem na área urbana do município.



**FIGURA 1:** Localização do município de Capinópolis/MG.

Org.: COSTA, H. R. O. (2018).

Na década de 70 (IBGE, 1958), pouco mais de 50% da população de Capinópolis (MG) residia na zona rural, desde então tem se tornado cada vez mais urbana, migração motivada por uma série de fatores como a mecanização do campo e as melhores condições de vida encontradas na cidade. Parte dos serviços não encontrados em Capinópolis (MG) são supridos pelas cidades de Ituiutaba (MG) a 33 km, e Uberlândia (MG) a 163 km.

A agricultura e a pecuária consistem nas principais atividades econômicas do município, no entanto a extração de argila para a produção de cerâmica também merece destaque na economia capinopolense. Majoritariamente, as atividades econômicas se concentram no setor primário, no entanto, recentemente a produção de cana-de-açúcar voltou a ser o principal da agricultura em Capinópolis (MG), tendo como objetivo abastecer a CRV, que é uma Indústria de Açúcar, Etanol e Energia que iniciou suas operações no ano de 2017.

O relevo, a geologia, a distribuição de solos férteis e abastecimento hídrico satisfatório possibilitou que a agropecuária se tornasse tão forte no município. No que tange o relevo, em sua maioria é suavemente ondulada, tendo as áreas mais baixas pouco menos que 400 metros, enquanto as altas pouco mais que 700 metros, formando colinas convexizadas e permitindo a instalação de grandes

pastagens e lavouras monocultoras.

Essas formas do relevo foram esculpidas ao longo do tempo sobre rochas da Formação Vale do Rio do Peixe pertencente ao Grupo Bauru e, ainda, da Formação Serra Geral do Grupo São Bento. É possível identificar relevos do tipo residual, evidenciando rochas do tipo sedimentares da Formação Vale do Rio do Peixe. Levando em consideração a suavidade das formas do relevo, tipos de rochas, e considerando os processos morfodinâmicos, nota-se a predominância da pedogênese atuando de forma intensa no município. O relevo mais suave permite a infiltração da água na superfície, fazendo com que a pedogênese ocorra, dando origem a solos mais profundos, como é o caso dos LATOSSOLOS encontrados no município de Capinópolis/MG. A partir da década de 70 esse tipo de solo se tornou fortemente explorado no Cerrado para a produção agrícola por meio de técnicas de melhoramento do solo.

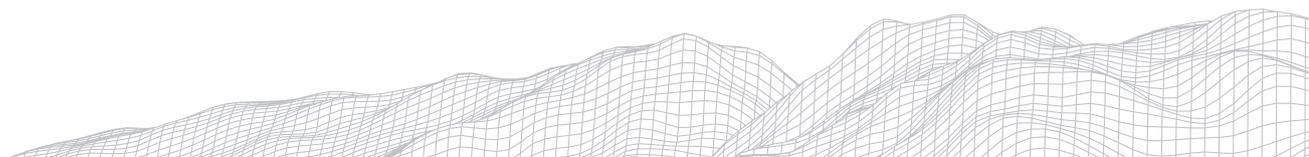
Com relação a hidrografia, está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, no município identificam-se microbacias hidrográficas de até terceira ordem como, por exemplo, a microbacia do Córrego do Capim na qual a cidade de Capinópolis está localizada, podendo se identificar o padrão dendrítico dessa drenagem. Essa rede hidrográfica é abastecida por um regime de chuvas relativamente bem demarcado, sendo o período chuvoso de outubro a março.

De acordo com a classificação de Köppen, o município encontra-se numa área de clima tropical (Aw), marcado por dois períodos bem delimitados, inverno seco e verão chuvoso. Essa classificação, indica precipitação concentrada entre os meses de outubro a abril, variando de 1000 mm/a até 2000 mm/a. Com base nos dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), levando em consideração os últimos 30 anos, a média de precipitação é de aproximadamente 1400 mm, indo de encontro a classificação proposta por Köppen, implicando na instalação de diferentes processos, imprimindo na paisagem características específicas. A relação entre clima, solo, geologia e relevo, permite inserir o município de Capinópolis no que Ab'Saber (2003) classifica como Domínio dos Cerrados, no entanto, devido o intenso avanço da agropecuária, atualmente só existem resquícios da vegetação típica do Cerrado.

A área urbana foi construída próxima à três fundos de vale (o vale do Córrego do Capim, do Córrego Olaria e do Córrego Cafezinho), e a presença desses canais fluviais indica o maior entalhamento do relevo. Sobretudo o fundo de vale no qual se situa o Córrego do Capim, sendo possível notar que a declividade pode ir de 13% a 38%. Na paisagem, isso se materializa em vertentes cuja inclinação é relativamente acentuada, e ao serem ocupadas passam a apresentar uma série de problemas que posteriormente serão discutidos. Em áreas onde a declividade é mais acentuada tem-se a predominância dos processos morfogenéticos, esculpindo o relevo por meio da erosão, o que pode contribuir com o aumento da instabilidade quando se consideram os meios morfodinâmicos.

### 3. Metodologia

Partindo da problemática relacionada a apropriação e ocupação do relevo e conseqüente rompimento do equilíbrio dinâmico dos processos naturais, este estudo adotou etapas metodológicas que permitissem percorrer o caminho até os resultados que posteriormente serão apresentados. Hack (1960), considera que a relação entre as forças externas e internas permanece em equilíbrio até o momento em que uma massa ou energia rompe com esse equilíbrio. É nesse momento, de rompimento do equilíbrio, que os problemas ambientais urbanos que surgem, como resultado da inserção de uma nova dinâmica, a de ocupação do relevo.

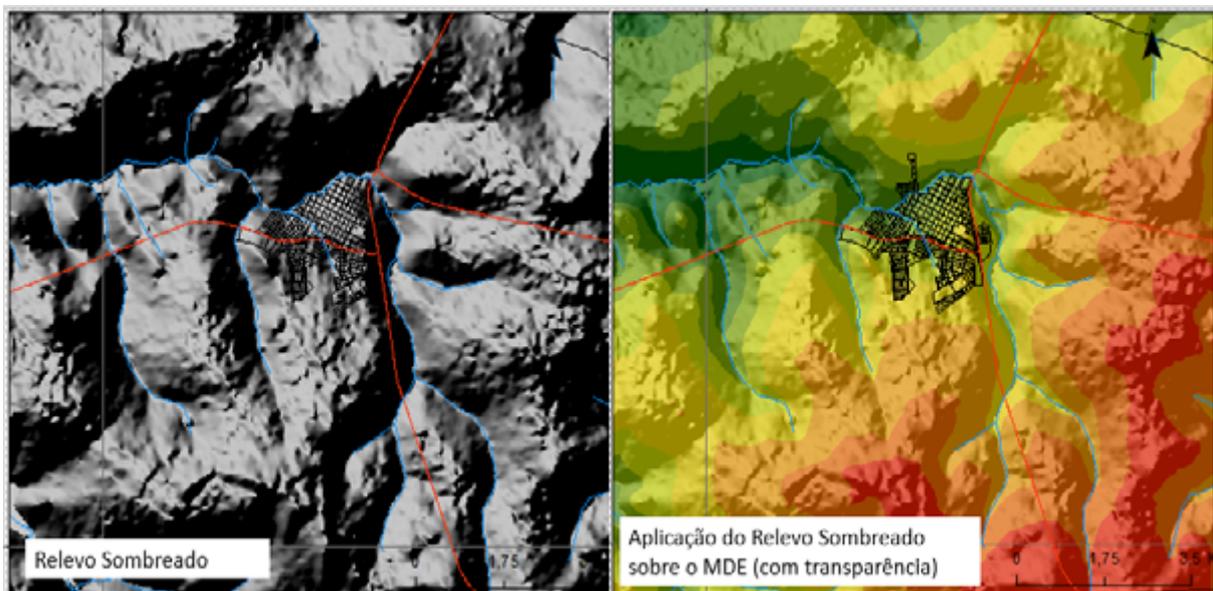


Fujimoto (2008), ressalta que a partir de intervenções como os cortes de taludes, canalizações de águas e os aterros criados no ambiente urbano, surgem novos padrões de drenagem criados a partir do redirecionamento dos fluxos hídricos existentes. A partir dessa constatação, coube durante o desenvolvimento deste estudo compreender o processo de expansão da malha urbana e a forma como novas dinâmicas de escoamento e infiltração passaram a surgir.

Para compreender esse processo de expansão, se fez necessário inicialmente, caracterizar a base sobre a qual a cidade se edificou, deste modo foram realizados trabalhos de campo e mapeamento das principais características do relevo do município, dando foco principalmente para a área urbana. Por meio do *software* Google Earth Pro, utilizando a ferramenta “caminho” foi possível realizar a extração de pontos cotados para que fosse possível exportá-los para o ArcGIS 10.3 e gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE), contendo as informações de altimetria, necessárias para o mapa hipsométrico.

A partir do MDE gerado pelo software, as classes produzidas automaticamente são substituídas por uma classificação com intervalo de 20 metros cada, permitindo oito classes de feição. Estas classes levam em consideração o ponto mais baixo do relevo, estando próximo ao Córrego do Capim, e o ponto mais elevado, numa área de topo próximo ao Bairro Roney de Almeida Garcia. Visando complementar os dados referentes a hipsometria da área urbana da Capinópolis/MG, utilizou-se das curvas de nível com intervalo de 10 metros.

Com o MDE e as curvas de nível prontos, optou-se por utilizar da ferramenta “Relevo Sombreado” que ao sobrepor o mapa hipsométrico, utilizando-se de uma transparência de 60%, permite a visualização em três dimensões, facilitando a identificação das formas do relevo (Figura 02).



**FIGURA 2:** Utilização do relevo sombreado para identificar compartimentos do relevo em Capinópolis/MG.

Org.: COSTA, H. R. O. (2021).

Deste modo, o esboço da compartimentação geomorfológica, foi produzido enfocando a área urbana de Capinópolis/MG, numa escala de 1:22.000. O mapa consiste na reunião de informações que se complementam e permitem classificar

o relevo de acordo com suas formas e processos atuantes. Por meio das curvas de nível, da declividade do relevo e dos trabalhos de campo, foi possível identificar as formas do relevo.

Num primeiro momento apontou-se as áreas de topo e divisores de água, por meio das classes hipsométricas e da confirmação em campo, observando os pontos mais altos do terreno e direcionamento das vertentes. A próxima etapa foi destacar as áreas de topo e os tipos de fundo de vale, se são vales em V ou em berço, indicando a ação erosiva do canal de cunho mais acentuado ou não. O terceiro elemento observado durante o mapeamento dos compartimentos geomorfológicos foi o domínio e a morfologia das vertentes, destacando se são côncavas, convexas ou retilíneas.

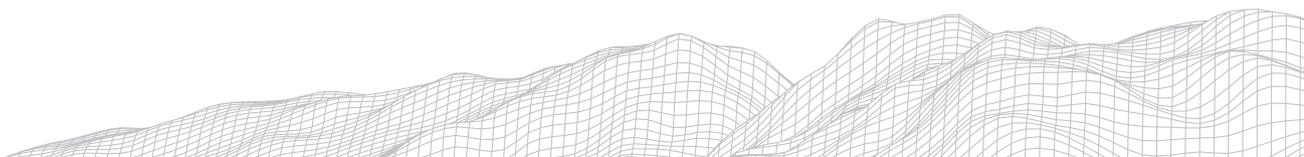
Essa classificação foi realizada utilizando-se das curvas de nível e dos trabalhos de campo que permitiam confirmar ou refutar as observações realizadas por meio do software. Em campo, as características das vertentes podem ser facilmente percebidas e relacionadas ao escoamento dos fluxos de água durante períodos de chuva. Por fim, ao mapa de compartimentação geomorfológica foram acrescentadas informações como as curvas de nível, as planícies aluviais, rede hidrográfica, rodovias e malha urbana. Estes elementos contribuem para a melhor espacialização dos processos e eventos que ocorrem na área de estudo, permitindo relacionar a expansão da malha urbana com os problemas ambientais identificados na cidade de Capinópolis/MG.

Essas formas, de acordo com Ross (2005, p. 41), “são resultantes de processos genéticos de origem estrutural e escultural”, para o estudo, os processos esculturais ganham maior destaque, visto que estão associados às forças ativas de natureza climática que atuam sobre a litosfera, de fora para dentro, ou seja, os processos exógenos. Assim, a atuação dos seres humanos relacionada às dinâmicas atmosféricas, como a precipitação de chuvas, vai esculpando a superfície do relevo a partir de processos erosionais e deposicionais.

Segundo Santoro (2015), especialmente nas áreas de expansão das cidades, onde se criam novos loteamentos, é comum o avanço de processos erosivos, devido a grande movimentação e exposição do solo à atmosfera, especialmente no que tange as chuvas e escoamento superficial. Pensando nisso, a espacialização do processo de expansão da malha urbana de Capinópolis/MG se fez necessária, para tal, foram consultados arquivos da Biblioteca Municipal de Capinópolis e a Enciclopédia dos Municípios Brasileiros (IBGE, 1958), que documentavam a origem da cidade e os primeiros indícios de crescimento da malha urbana.

Na medida em que a cidade vai ocupando diferentes formas do relevo, passa a ser percebida a degradação do meio ambiente, que de acordo com Guerra (2018) é fruto de um crescimento desordenado das cidades. No que tange as cidades pequenas, a expansão da malha urbana é relativamente mais lenta, dependendo de eventos que provoquem a atração de pessoas para a área urbana, como por exemplo a instalação de indústrias que demandem de mão de obra. Para que a expansão em determinados compartimentos do relevo fosse possível, algumas intervenções foram realizadas, como por exemplo a retificação e canalização do Córrego Olaria. Pensando nesta realidade, observou-se as principais intervenções realizadas na superfície do relevo que, direta ou indiretamente, romperam com o equilíbrio dinâmico de processos naturais.

Os trabalhos de campo, serviram para identificar processos morfodinâmicos atuais, responsáveis por alterar a pedogênese e a morfogênese numa escala de tempo histórico (TRICART, 1977). O surgimento de depósitos tecnogênicos e de processos erosivos, indicam a capacidade do ser humano de intervir e alterar a paisagem, influenciando processos que anteriormente aconteciam numa escala



de tempo geológico. Guerra e Marçal (2006, p. 86), ressaltam o fato dessa “intervenção humana ocorre em todos os níveis, tendendo, em muitos casos, à degradação ambiental, necessitando, sempre que possível, de obras de recuperação”.

Utilizando-se de ferramentas como o mapeamento geomorfológico, reconstrução do processo de expansão da malha urbana e caracterização das intervenções promovidas pelos seres humanos, tornou-se possível identificar os principais problemas ambientais urbanos. Neste sentido, reconhecer as potencialidades e fragilidades de determinados compartimentos do relevo, podem contribuir com a diminuição desses problemas, no entanto, o mau direcionamento da expansão da malha urbana pode catapultar problemas ainda maiores.

Com base em tais procedimentos, observou-se ainda a presença ou não de áreas permeáveis, tendo em vista que a ausência desses espaços que permitem a infiltração da água das chuvas traz problemas relacionados ao escoamento superficial (LIMA, 2013). Durante os trabalhos de campo, foi observado a presença ou não dessas áreas permeáveis e posteriormente foi possível associá-las a declividade das vertentes, tendo em vista que quanto mais inclinada, mais velocidade e potencial erosivo esse escoamento adquire.

#### 4. Resultados e discussões

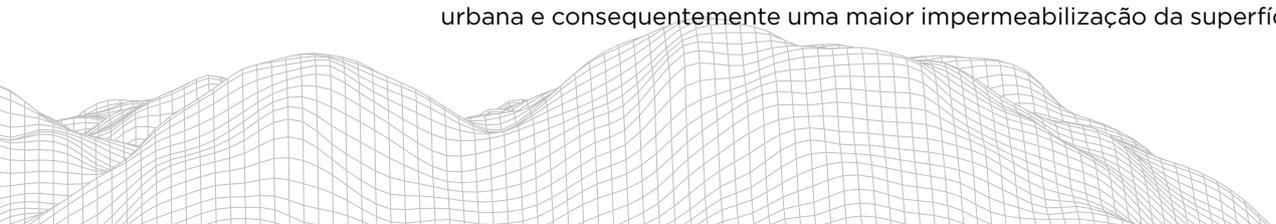
A partir do levantamento bibliográfico, documental e dos trabalhos de campo realizados na cidade de Capinópolis/MG, foi possível espacializar o processo de expansão da malha urbana, considerando os compartimentos do relevo que foram apropriados e ocupados ao longo do tempo. Em 1927, Jerônimo Maximiano deu início ao que viria a se tornar a cidade de Capinópolis/MG, criando as primeiras estruturas que poderiam ser consideradas urbanas, como a pavimentação de ruas e iluminação pública (IBGE, 1958).

O que se observa é que a construção da cidade se inicia entre os córregos Olaria e do Capim, apropriando-se dos fundos de vale e conseqüentemente dos leitos de inundação desses canais. Devido as dinâmicas naturais com relação a hidrografia, os canais fluviais tendem a passar por períodos de cheia e estiagem, quando apresentam cotas que variam pouco, a probabilidade de que durante as cheias o canal extravase para o leito de inundação se torna maior.

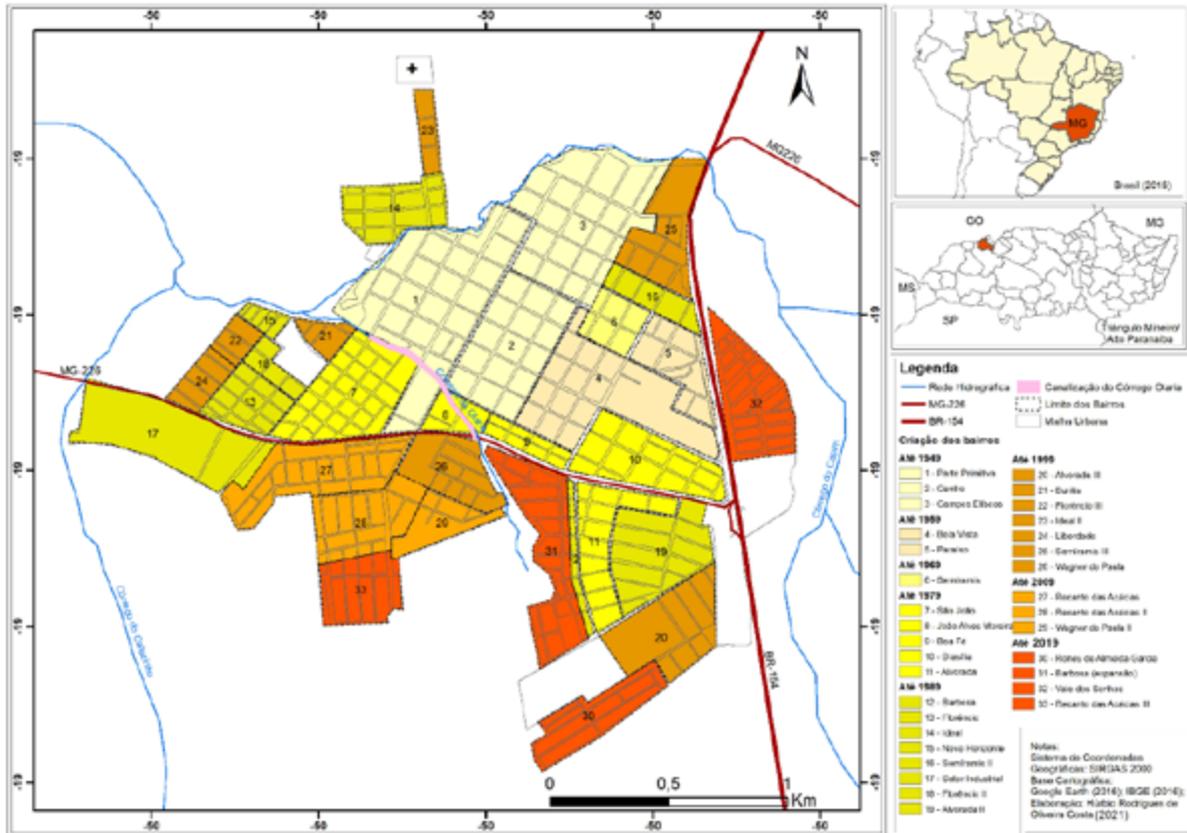
O relevo sobre o qual a cidade de Capinópolis/MG foi edificada, passa a ganhar foco visando compreender as alterações na morfodinâmica, especialmente considerando os processos morfodinâmicos atuais. A forma como a cidade foi se expandindo das áreas de fundo de vale para as vertentes e áreas de topo, permitiu que certas considerações fossem realizadas, o mapa hipsométrico permite associar a altitude do relevo com a expansão da malha urbana. A área onde iniciou essa malha urbana é relativamente plana se comparado as vertentes a sua volta, a altitude varia entre 480m e 520m.

O recorte temporal de análise da expansão territorial urbana compreende os anos de 1949 a 2019 (Figura 03), levando em consideração a localização dos bairros no que tange a compartimentação do relevo (topos, vertentes e fundos de vale), as principais características do processo de ocupação daquela área e os impactos ambientais identificados. Esse recorte será apresentado por décadas, buscando identificar melhor os aspectos de cada período, sobretudo como isso influenciou na forma de ocupação do relevo.

Inicia-se a análise a partir da emancipação de Capinópolis/MG como município, os períodos anteriores configuram a gênese da aglomeração. Observou-se que durante alguns destes períodos houve uma intensa expansão da malha urbana e conseqüentemente uma maior impermeabilização da superfície do solo,



permitindo afirmar que, especialmente na última década, entre os anos de 2009 e 2019, foi perceptível a influência do processo de expansão nos processos morfo-dinâmicos atuais.



**FIGURA 3:** Expansão da malha urbana de Capinópolis/MG (1949-2019).

Org.: COSTA, H. R. O., 2021.

Entre 1949 e 1959, sobretudo a partir do momento em que se tornou município no ano de 1953, tem-se o incentivo para construção e expansão da cidade de Capinópolis/MG, neste período já haviam sido criados três bairros (Parte Primitiva, o Centro e Campos Elíseos), e o crescimento era conduzido de acordo com as necessidades daqueles que chegavam à cidade. Parte destes bairros ocuparam áreas de fundo de vale e uma parcela do comprimento de rampa da vertente, indicando uma significativa alteração nas áreas de mata ciliar e início da impermeabilização da superfície do relevo.

Entre 1959 e 1969, tem-se a instalação dos bairros, Bela Vista e Paraíso, o primeiro localiza-se numa média vertente em direção ao Córrego Olaria, já o segundo bairro foi instalado numa área de topo suavemente ondulado. Neste período, ainda foi criado o bairro Semíramis, localizado em uma média vertente, densamente ocupada, conseqüentemente, diminuindo a infiltração de água no solo e aumentando o escoamento superficial. Nos bairros Bela Vista e Paraíso, especialmente o segundo, o arruamento não obedece a um padrão, parte dos lotes apresentam mais de uma casa, sendo algumas em situação de risco solapamento de taludes. Além disso, parte das ruas não se encontram pavimentadas, o que durante os períodos mais chuvosos contribui para o surgimento de processos erosivos urbanos.

Entre 1969 e 1979, especialmente até o início da década de 1970, foram criados mais seis bairros, entre eles o São João, João Alves Moreira, Brasília, Boa Fé e Alvorada. Destes, dois se localizam em áreas de fundo de vale, São João e João Alves Moreira, estando às margens do Córrego Olaria, promovendo a impermeabilização, redução das matas ciliares e ocupação do leito de inundação.

Em duas décadas, entre 1979 e 1999, foram criados um total de vinte bairros, instalados em basicamente todos os compartimentos do relevo. Parte desse crescimento está relacionado às políticas habitacionais, principalmente por meio do governo municipal, visando atender a demanda da população que migrava da zona rural, e de outras regiões, para a cidade. De acordo com o IPEADATA (2021), na década de 70 a população urbana era de 6.826 hab., já na década de 90 a população urbana é de 13.172 hab., ou seja, neste intervalo, a população praticamente dobrou. Para uma cidade pequena, esse aumento num curto período significa expandir a malha urbana por meio de novos loteamentos criados.

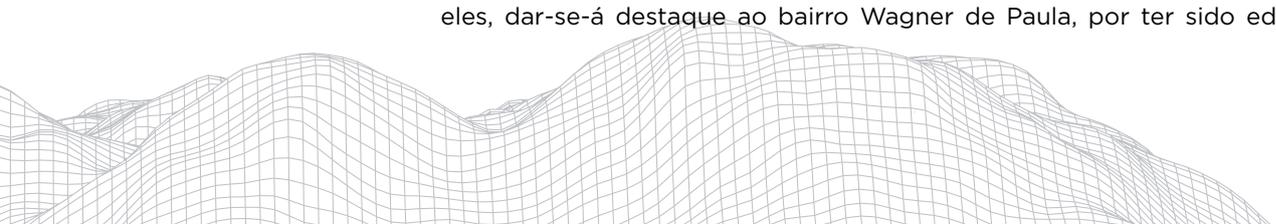
Durante o governo de Osvaldo Prado (1983-1988), ocorreu a criação de bairros que visavam atender a parcela da população mais carente, projeto que ganhou continuidade durante o mandato de Cândido Antônio Vaz (1989-1992). De 1979 a 1989, oito bairros foram instalados (Barbosa, Florêncio I, Ideal, Novo Horizonte, Semíramis II, Setor Industrial, Florêncio II e Alvorada II). Os bairros Novo Horizonte, Florêncio I e II e o Barbosa, estão localizados próximos ao fundo de vale em que se encontra o Córrego Olaria, os demais bairros foram distribuídos em altas, médias e baixas vertentes, ocorrendo aumento substancial da impermeabilização do solo.

O bairro Ideal, por exemplo, foi construído numa área de fundo de vale mais encaixado, próximo ao Córrego do Capim, promovendo alterações na dinâmica do canal, tais como a impermeabilização da vertente e ocupações em áreas inadequadas, como as Áreas de Preservação Permanente, que foram suprimidas dando espaço as habitações. Neste mesmo período, década de 80, ocorre na cidade de Capinópolis/MG a canalização do Córrego Olaria, realizada visando melhorar a estética e o saneamento da área, reflexo da reprodução de experiências em outras cidades. Essa prática ignora a dinâmica do canal fluvial e faz romper com o equilíbrio dinâmico dos processos naturais, especialmente relacionados a infiltração e escoamento da água das chuvas.

No entanto, tanto a canalização quanto a retificação culminaram numa série de problemas ambientais urbanos, oriundos da apropriação e ocupação do relevo desconsiderando o equilíbrio dinâmico dos processos naturais. Entre 2013 e 2014 a canalização do córrego solapou, próximo aos bairros São João, Buritis e Parte Primitiva, fazendo com que casas tivessem que ser desapropriadas por risco de desabamento. No ano de 2018, o trecho citado anteriormente foi retificado, sendo perceptível a ausência de mata ciliar e o quão encaixado se encontra o Córrego Olaria.

De acordo com Caseti (1995), é possível, a partir dos estudos geomorfológicos, compreender e evidenciar de forma dinâmica, as consequências do processo de apropriação, ocupação e transformação do relevo, desde a retirada da cobertura vegetal à retificação de canais fluviais. O processo de ocupação rompe com o equilíbrio dinâmico dos processos naturais, deste modo um canal fluvial como o Córrego Olaria, tende a receber uma quantidade maior de água do que ele tem potencial para escoar, fazendo com que fenômenos como enchentes e inundações se tornem ainda mais frequentes.

Entre 1989 e 1999, foram construídos mais sete bairros (Alvorada II, Florêncio III, Buritis, Ideal II, Liberdade, Semíramis III e Wagner de Paula), dentre eles, dar-se-á destaque ao bairro Wagner de Paula, por ter sido edificado em



parte na vertente e no fundo de vale do Córrego Olaria. A construção do bairro promoveu, não somente uma alteração significativa na paisagem, mas também nas dinâmicas do canal fluvial. A partir de sua instalação, passa-se a direcionar uma quantidade maior de água durante os períodos chuvosos, fazendo com que a vazão do canal fique comprometida.

Até o ano de 2009 foram criados mais três bairros, Recanto das Acácias I e II, e Wagner de Paula II, localizados na média e alta vertente, direcionando os fluxos de água para o fundo de vale do Córrego Olaria.

Entre 2009 e 2019, mais quatro bairros foram construídos (Roney de Almeida Garcia, Vale dos Sonhos, Recanto das Acácias III e uma expansão do bairro Barbosa), houve então o aumento da impermeabilização por meio da pavimentação das ruas e construção de residências. Destaca-se aqui os bairros Roney de Almeida Garcia e Barbosa, um construído numa área de topo e o outro na baixa vertente e parte do fundo de vale, o aumento significativo da quantidade de água direcionada ao Córrego Olaria, provoca eventos como enchentes e inundações.

Na expansão do bairro Barbosa, ao criar os arruamentos e aumentar o escoamento superficial, especialmente pelo fato de ter sido instalado na vertente entre a área topo em que se encontra os bairros Alvorada e Roney de Almeida Garcia e o fundo de vale do Córrego Olaria, torna-se visível o surgimento de processos erosivos e deposicionais. Na vertente nota-se que o escoamento superficial passa a formar feições erosivas nos lotes ainda desocupados, bem como rompe com a pavimentação asfáltica criando sulcos e ravinas (Figura 04)

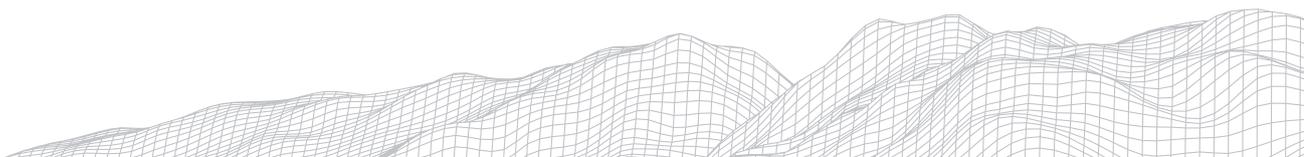


**FIGURA 4:** Feições erosivas no bairro Barbosa.

Org.: COSTA, H. R. O., 2018.

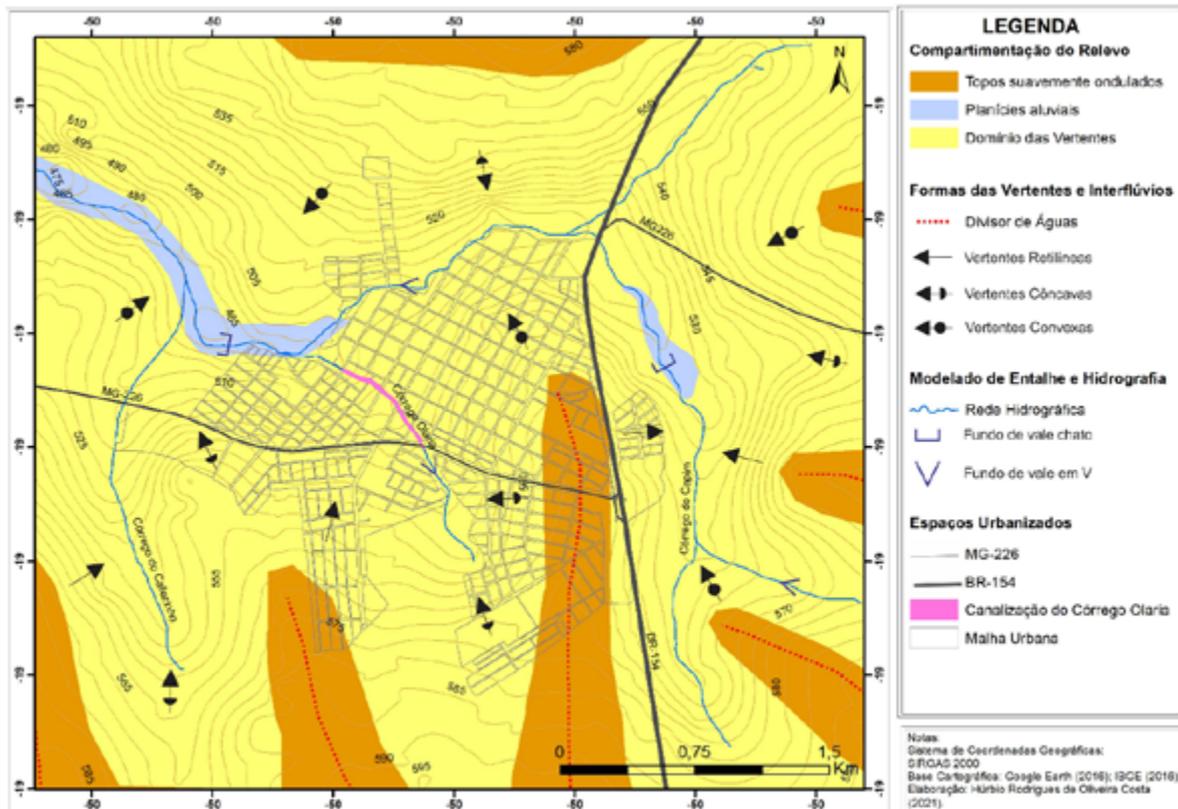
Girão e Correa (2004), destacam o fato de que os processos erosivos são naturais, no entanto passam a ser potencializados a partir das intervenções promovidas pelos seres humanos ao longo do processo de ocupação. Os impactos ambientais são, não somente, a erosão, como também a deposição do material que é removido e transportado para as partes mais baixas do relevo. É comum que parte desse material alcance os fundos de vale e seja destinado ao canal fluvial que transportará parte das partículas e sedimentos, bem como depositará nas margens permitindo o surgimento de depósitos tecnogênicos.

De acordo com Guerra e Marçal (2006), boa parte dos impactos ambientais urbanos, bem como catástrofes ambientais poderiam ter seus efeitos minimizados caso estudos geomorfológicos fossem adotados como importante instrumento no planejamento. O que se observa em Capinópolis/MG, bem como em boa parte das cidades brasileiras, é que o processo de ocupação do relevo está associado



aos interesses dos agentes de produção do espaço urbano, não necessariamente considerando dinâmicas naturais e infraestrutura necessária.

Pensando-se na compartimentação do relevo e a ocupação a partir da expansão urbana, criou-se uma carta contendo os principais compartimentos do relevo, no que tange a área urbana (Figura 05), refletindo sobre a expansão até o momento e a possível utilização dessa informação para instalações futuras. Foram destacadas as áreas de planície aluvial, o domínio das vertentes e suas morfologias, bem como as áreas de topo e divisores de água. Identificar, por exemplo, as formas das vertentes possibilita compreender melhor o escoamento superficial, tal como o comportamento dos córregos nos períodos chuvosos.



**FIGURA 5:** Compartimentação do relevo na área urbana de Capinópolis/MG.

Org.: COSTA, H. R. O., 2018.

O conhecimento geomorfológico deveria ser o ponto de partida para o processo de expansão da malha urbana, deste modo além do melhor aproveitamento do terreno é possível direcionar melhor os gastos com infraestrutura urbana, especialmente no que tange a drenagem das águas pluviais. Costa e Pedro Miyazaki (2018), ressaltam o quão fundamental seria fazer uso de informações como o direcionamento dos fluxos de escoamento, bem como a quantidade de área permeável nas cidades, para que a quantidade de água que infiltre seja maior que a que escoe superficialmente.

As vertentes côncavas, por exemplo, tendem a concentrar a água das chuvas, permitindo o surgimento de nascentes, quando impermeabilizadas tornam-se propensas aos alagamentos momentâneos devido a insuficiência de drenagem. Em áreas urbanas, em especial aquelas que passaram pelo processo de impermeabilização da superfície do relevo, a água tende a se direcionar por

meio do escoamento superficial para pontos de concentração, em sua maioria vertentes côncavas. Quando essa concentração de água num determinado ponto vai ao encontro de um planejamento que desconsidera dinâmicas naturais como infiltração e escoamento, passam a surgir os alagamentos, o mesmo ocorre em vertentes retilíneas com baixa declividade.

Já as vertentes convexas dispersam o fluxo de água, deste modo tem-se a menor infiltração e o maior escoamento superficial, quando combinada com as vertentes retilíneas esse escoamento torna-se ainda mais acelerado, aumentando o potencial erosivo. É comum identificar a combinação entre duas morfologias em uma mesma vertente, e quando não ocorre um estudo prévio dessas morfologias, bem como suas características, é provável o surgimento de feições erosivas que representam o caminho percorrido pelo escoamento superficial.

No entanto, o que se tem observado, dando destaque aqui às cidades pequenas e em especial à Capinópolis/MG é que o rápido crescimento desconsiderando o equilíbrio dinâmico dos processos naturais, tornou-se o principal responsável pela grande quantidade de impactos ambientais urbanos identificados. Deste modo, Guerra e Marçal (2006), reforçam a importância da Geomorfologia Urbano ao procurar compreender o modo como essas transformações no ambiente, causadas pelos seres humanos, podem ser a causa da aceleração de processos relacionados a morfogênese e a pedogênese.

Na área urbana de Capinópolis/MG é possível observar vertentes retilíneas ou convexas que vão ao encontro de fundos de vale em V, combinação que durante as chuvas pode provocar a cheia do canal e por vezes inundação. Essa possibilidade se explica por ambas morfologias terem caráter dissipador de fluxos, fornecendo uma quantidade maior de água ao canal fluvial. Estes fatores físicos são potencializados quando ocorre a ocupação, ou expansão da malha urbana sem considerar o equilíbrio dinâmico dos processos naturais.

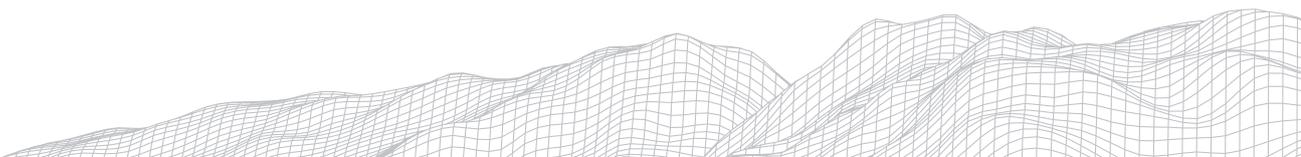
Nas áreas de topo, a relação entre morfologia e impactos ambientais urbanos está atrelada a problemas de planejamento, principalmente no que tange a drenagem das águas pluviais. As áreas de topo, quando mais planas, tendem a permitir que a água infiltre lentamente pelo solo, no entanto, ao impermeabilizar a superfície do relevo, impede-se essa infiltração. Ao serem impermeabilizadas, a água que chega às áreas de topo tende a permanecer na superfície, formando alagamentos, ou escoar pelas vertentes, formando as enxurradas.

## 5. Considerações finais

O conhecimento geomorfológico deve ser visto como um instrumento do planejamento urbano, visando identificar as melhores áreas para a expansão da malha urbana, bem como compreender as vulnerabilidades de determinados compartimentos, de modo a direcionar melhor os gastos com infraestrutura urbana. Impactos ambientais e áreas de risco tem se tornado cada vez mais comuns nas cidades, independentemente da dimensão delas.

As cidades pequenas, e aqui tomando como exemplo a cidade de Capinópolis/MG, apresentam, mesmo que em escala reduzida, impactos ambientais urbanos que são constantemente associados à grandes aglomerações urbanas. Tal informação ressalta a necessidade de planejar melhor a expansão e o processo de ocupação em novas áreas, considerando o equilíbrio dinâmico dos processos naturais.

O pouco investimento em obras de planejamento, dando ênfase aqui a drenagem das águas pluviais, está arraigado num problema político que se estende por boa parte do território brasileiro, por não ficarem expostas na superfície, são



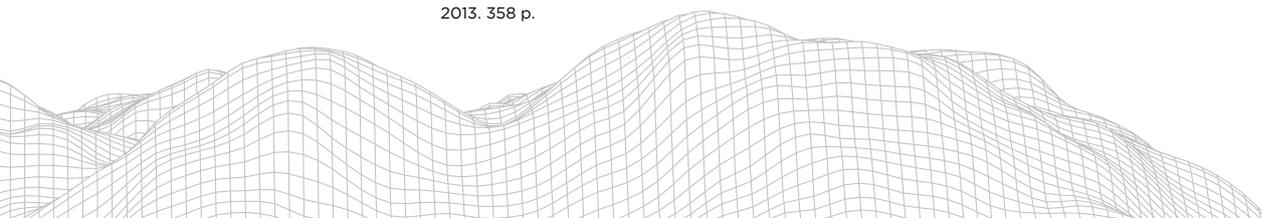
obras que não chamam a atenção de possíveis eleitores. No entanto, o investimento no sistema de drenagem das águas pluviais é essencial para o bom desenvolvimento da cidade, a água que infiltraria passa a percorrer outros caminhos, alterando processos pedogenéticos e morfogenéticos, criando transtornos representados aqui pelos impactos ambientais urbanos identificados. Conclui-se então, que no conhecimento geomorfológico encontram-se informações valiosas para o planejamento urbano, que pode prever impactos ambientais e evita-los por meio de estudos considerando o relevo urbano.

### Agradecimentos

Agradeço à CAPES por contribuir financeiramente fornecendo a bolsa de mestrado e doutorado possibilitando a execução da pesquisa, como ao Laboratório de Ensino e Pesquisa em Pedologia, Geomorfologia e Ensino de Geografia Física (PEDOGEO)/Universidade Federal de Uberlândia (Campus Pontal) pelo apoio.

### Referências:

- AB'SABER, A. N. **Formas de relevo**: Texto básico. São Paulo, FUNBEC/Edart, 80p., 1975.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de Natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 151 p.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 2ª ed., 1995. 147 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.
- COELHO, M. C. N. **Impactos ambientais em áreas urbanas** – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 10ªed., 2013, p. 19-45.
- COSTA, H. R. O.; PEDRO MIYAZAKI, L. C. **Impactos ambientais urbanos em Capinópolis/MG**. In: PORTUGUEZ, A. P.; SOBRINHO, F. L. A. (org.). **Inquietações geográficas: natureza, sociedade e turismo no Brasil contemporâneo**. Ituiutaba, MG: Barlavento, 2018, p. 136-169
- FUJIMOTO, N. S. V. M. **Alterações ambientais na região metropolitana de Porto Alegre – RS**: um estudo geográfico com base na geomorfologia urbana. In: NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. (Org.). **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular: UNESP. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2008.
- GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B. A contribuição da Geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE DCG/NAPA, v. 21, n. 2, jul/dez. 2004. p. 36-58.
- GONÇALVES, L. F. H; GUERRA, A. J. T. **Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro)**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 10ªed., 2013, p. 189-252.
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192p.
- GUERRA, A. J. T. Geomorfologia e planejamento ambiental – conceitos e aplicações. **Revista de Geografia** (Recife) V. 35, No. 4 (especial XII SINAGEO), 2018.
- HACK, J.T. Interpretation of Erosional Topography in Humid-Temperate Regions. **American Journal Science**, New Haven, v. 258-A, p. 80-97, 1960.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Enciclopédia dos municípios brasileiros**: volume 24. Rio de Janeiro: IBGE, 1958.
- LIMA, V. **A sociedade e a natureza na paisagem urbana**: análise de indicadores para avaliar a qualidade ambiental. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. 2013. 358 p.



MARTINS, F. P.; COSTA, R. A. **Impactos e Riscos Ambientais urbanos em Ituiutaba-MG**. In: PORTUGUEZ, A. P.; MOURA, G. G.; COSTA, R. A. (Org.). Geografia do Brasil Central: enfoques teóricos e particularidades regionais. Uberlândia: Assis Editora, 2011. p. 355-378.

PEDRO, L. C. Geomorfologia Urbana: impactos no ambiente urbano decorrente da forma de apropriação, ocupação do relevo. **Geografia em Questão**. V.04, N. 01, 2011 pág. 153 - 172.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. 186 p.

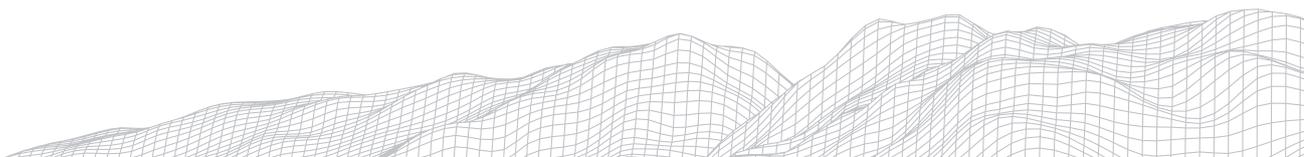
ROSS, J. L. S. **Relevo brasileiro**: planaltos, planícies e depressões. In.: CARLOS, A. F. A. (Org.). São Paulo: Contexto, 2005. 5 ed. p. 41-62.

SANTORO, J. **Erosão Continental**. In.: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs). Desastres naturais: conhecer para prevenir. 3 ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 53-70.

SILVA, S. H. P. **Geografia Física e Geografia Humana**: uma dicotomia a ser superada?. Outros Tempos, São Luís: UEMA, v. 4, n. 4, p. 40-49, 2007.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia física e geomorfologia**: uma (re)leitura. Ijuí: Editora Unijuí, 2002. 112 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Recursos Naturais do Meio Ambiente. R. Janeiro: IBGE, 1977.



# IMPACTOS DA OCUPAÇÃO E DO USO DO SOLO: VULNERABILIDADE ÀS ENCHENTES URBANAS NO LOTEAMENTO RECANTO DOS PRAZERES EM SANTO ANTÔNIO DE JESUS (BA)

957

*Ricardo Mota dos Santos*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V

Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:

44.570-000

E-mail: ricmota40@gmail.com

*Eulálio Almeida Santos Filho*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V

Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:

44.570-000

E-mail: eulaliouneb@gmail.com

*André Luiz Dantas Estevam*

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/DCH Campus V

Loteamento Jardim Bahia S/Nº, Santo Antônio de Jesus (BA), CEP:

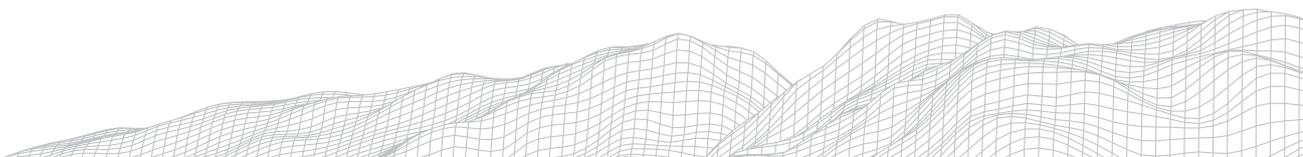
44.570-000

E-mail: alestevam@uneb.br

### Resumo

A urbanização sem planejamento tem causado alterações na dinâmica natural, contribuindo assim para sérios impactos ambientais e comprometendo a vida dos moradores na cidade de Santo Antônio de Jesus. O crescimento da cidade se configurou por uma modelo de urbanização mal planejado e marcado por carência de políticas habitacionais. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar os impactos decorrentes das enchentes advindos dos usos e da ocupação indisciplinada do solo no Loteamento Recanto dos Prazeres. A metodologia utilizada baseou-se nos levantamentos bibliográficos, análise de imagens de satélite, visitas técnicas à área de estudo, nas quais, foram realizados registros fotográficos para análise acurada dos moldes de ocupação.

**Palavras-chave:** Impactos ambientais; urbanização; enchentes; políticas habitacionais.



## 1. Introdução

Os impactos antropogênicos em larga escala, provocam transformações na dinâmica natural devido à expansão predatória de áreas urbanas, sem as devidas medidas de preservação ambiental. Os problemas ambientais, como: solo degradado, assoreamento de canais fluviais, erosão, inundações, enchentes, dentre outros problemas ocorrem desencadeando transtornos e perdas materiais e até de vidas humanas.

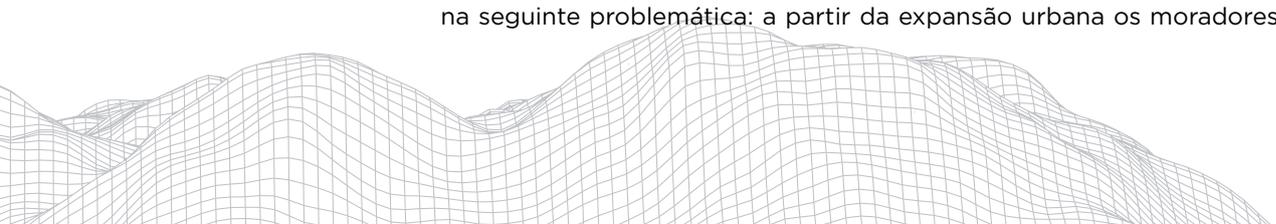
A enchente urbana, por exemplo, pode ocorrer a partir de causas naturais decorrentes dos episódios pluviométricos severos. Esses eventos correspondem à um dos problemas mais catastróficos nos meios urbanos, tendo como consequência danos sociais e financeiros. Em decorrência da ação humana sobre o meio físico e natural, variados fatores induzem aos episódios de enchentes, como: descarte irregular de resíduos sólidos nos leitos dos rios, podendo obstruir os canais, retirada da vegetação ciliar, canalização de rios que acabam alterando suas características naturais, ocupação em áreas irregulares e impermeabilização do solo no entorno de redes hidrográficas. Fatores esses provocados pelo processo desordenado de urbanização e ausência de planejamento do uso e ocupação do solo urbano.

A ocupação irregular por famílias de baixa renda é um problema socioambiental relevante que está associada à urbanização. Essas famílias acabam ocupando áreas irregulares para habitação, como: topos de morro, beiras de curso e corpos d'água, encostas íngremes, fundos de vale, entre outros. Com isso, essas áreas que apresentam vulnerabilidade ambiental, tende a oferecer riscos aos moradores dessas localidades, como deslizamentos, alagamentos e enchentes. A ocupação urbana nessas áreas é caracterizada pelos loteamentos que configura uma nova organização ao espaço, provocando a alteração na dinâmica natural. Sendo assim, esta monografia busca investigar o processo de ocupação em áreas vulneráveis às enchentes associados às interferências antrópicas, a fim de compreender os conflitos os fatores causadores de enchentes periódicas na comunidade dos Prazeres.

Nessa perspectiva, a cidade de Santo Antônio de Jesus, localizada na região do Recôncavo Sul da Bahia, apresentou no decorrer dos anos uma crescente expansão de sua malha urbana, no entanto, o processo de ocupação alcançou áreas de vulnerabilidade ambiental desfavoráveis para habitação. Desta forma, a cidade de Santo Antônio de Jesus foi definida como objeto de pesquisa, pois trata-se de um município com crescimento desordenado em áreas irregulares para ocupação. No decorrer do crescimento urbano da cidade predominou a ausência da fiscalização do poder público municipal no planejamento urbano, sobretudo no processo de implantação de loteamentos, desta forma a expansão urbana desordenada provocou o surgimento de ocupações em áreas vulneráveis e de elevado risco ambiental.

Deste modo, a presente pesquisa tem como objetivo principal analisar os fatores que contribuem para ocorrência das enchentes urbanas na comunidade de Recanto dos Prazeres na cidade de Santo Antônio de Jesus, BA. Essa pesquisa consiste em analisar os impactos das enchentes resultantes da ocupação urbana nas áreas de fragilidade ambiental, tendo em vista, que o bairro em estudo passou por uma intensa transformação em seu processo de urbanização associado aos problemas provocados pelas enchentes.

O referido bairro apresenta uma acentuada ocupação, é caracterizado por unidades de loteamentos, no qual boa parte das residências estão localizadas em encostas e as margens de córregos. Sendo assim, a pesquisa se fundamenta na seguinte problemática: a partir da expansão urbana os moradores do Lotea-



mento Recanto dos Prazeres constituem suas moradas em áreas inapropriadas para habitação, como por exemplo, nos fundos de vale e as margens de córregos, tornando-o vulneráveis aos episódios de enchentes em períodos chuvosos.

A partir das informações apresentadas, a pesquisa busca responder a seguinte pergunta: De que forma as enchentes no Loteamento Recanto dos Prazeres estão relacionadas aos impactos do uso e ocupação do solo urbano? Desta forma, será analisado conforme este problema, a relação da ação antrópica na localidade.

Sendo assim, a pesquisa visa compreender como os moradores se relacionam com o meio em que estão inseridos. Para alcançar este objetivo, especificamente buscou-se verificar: i. influência das características do relevo para as inundações; ii. Descarte e acúmulo de resíduos sólidos na rede hidrográfica; iii. Ocupações irregulares.

É importante ressaltar que nesta pesquisa buscou-se refletir sobre os impactos socioambientais em localidades desprovidas de planejamento urbano. Foi aplicado como paradigma metodológico o Sistema Clima Urbano.

Considerando tais questões, a pesquisa detém como justificativa a necessidade de investigar como as ações antropogênicas interferem na ocorrência das inundações para subsidiar políticas públicas de prevenção, mitigação e atuação social nas comunidades afetadas pelas enchentes periódicas.

Os resultados obtidos pela pesquisa analisam a real situação do Loteamento Recanto dos Prazeres. A localização do bairro em área de fundo de vale torna-o susceptível às inundações na estação chuvosa. Sendo assim, os resultados desta investigação poderão atuar como base para futuros trabalhos, buscando subsidiar a elaboração de políticas de preservação do uso do solo em bairros sem planejamento urbano na cidade de Santo Antônio de Jesus. Importante instrumento para atuação do poder público para resolução dos problemas ambientais advindos da ocupação indevida no bairro Recanto dos Prazeres.

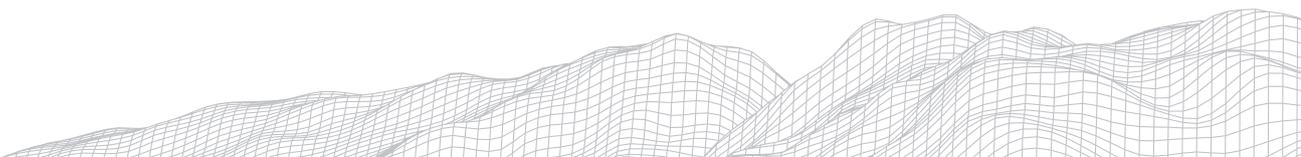
## 2. Análise da literatura: intervenções no ciclo hidrológico das cidades

Para Mota (1999), toda água que possuímos em nosso dia a dia faz parte do ciclo hidrológico, tanto na fase gasosa que circula pelo ar, quanto na superfície do solo e subsolo. Sendo assim, compreende pelo processo de infiltração, escoamento superficial, precipitação, evaporação, escoamento subterrâneo.

De acordo com Silveira (2004, p.4), “O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre”.

O conceito do ciclo hidrológico está condicionado no movimento e troca de água em seus diferentes estados físicos. Com esse movimento permanente, o Sol fornece energia no momento de elevar as águas superficiais para a atmosfera sob a forma de evaporação. A água retida na atmosfera por efeito da gravidade poderá precipitar. Na superfície, a água se confluí até chegar aos oceanos ou venha a infiltrar no solo e rochas. A água que se infiltra no solo também pode sofrer com o processo de evaporação direta para a atmosfera, no qual a vegetação absorve e, através da transpiração devolve pra atmosfera pelos efeitos da evapotranspiração.

*O ciclo hidrológico nas áreas urbanas apresenta uma diferenciação se comparada às áreas rurais e florestadas. Segundo Botelho e Silva (2010), a partir da ocupação humana ocasiona uma intensa alteração ao meio ambiente.*



É importante ressaltar que o processo de urbanização junto à intervenção antrópica sem as devidas medidas de planejamento urbano, resulta em complicações para as questões de águas urbanas. Desta forma, impacta gravemente o ciclo hidrológico, por causar alterações na drenagem, e aumentando a ocorrência de enchentes.

O efeito negativo da urbanização influencia nos recursos hídricos; nas variações climáticas; nas cheias naturais dos rios; no uso e ocupações do solo; no ciclo hidrológico; no balanço hídrico; no aumento gradativo do volume de sedimentos e do escoamento superficial (TUCCI, 2007; MOTA, 2008; SANTOS, 2013).

A partir da ocupação do espaço geográfico o homem vem influenciando na transformação do meio ambiente, com isso, as cidades tornam-se mais agressivas no ambiente natural. Dentre as alterações no ambiente, citam-se: as alterações no ciclo hidrológico e nas características naturais da drenagem, o que pode acarretar problemas como alagamentos, enchentes, assoreamento e erosão (TUCCI, 2002; GUERRA E MENDONÇA, 2010).

Vale salientar que o processo de urbanização junto às ações antrópicas traz graves problemas para a questão de águas urbanas. Segundo Tucci (2003a, p. 12):

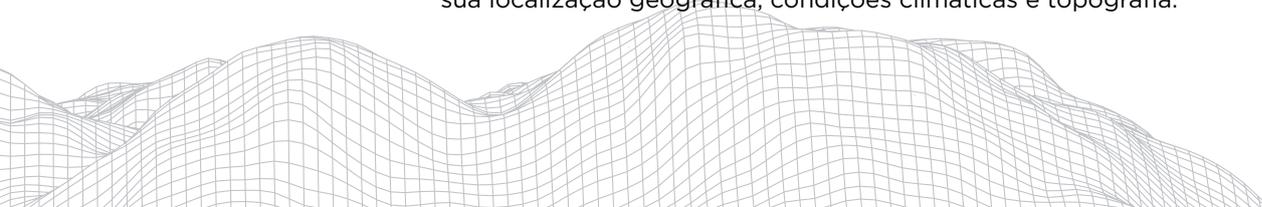
O ciclo hidrológico natural é constituído por diferentes processos físicos, químicos e biológicos. Quando o homem entra dentro deste sistema e se concentra no espaço, produz grandes alterações que modificam dramaticamente este ciclo e trazem consigo impactos significativos (muitas vezes de forma irreversível) no próprio homem e na natureza (Tucci, 2003, p.12).

Segundo Paz (2004) as características ambientais presentes no espaço urbano, como: vegetação, topografia, rede hidrográfica, clima, geologia e uso e ocupação do solo, estão associados na dinâmica natural do ciclo hidrológico local. De acordo com Ostrowsky (1991, p.5), “controlar a ocupação do solo é agir de maneira preventiva, minimizando as alterações do ciclo hidrológico provocadas pela urbanização”.

Mota (2003), afirma que o ciclo hidrológico sofre alterações devido ao processo de urbanização, exemplo disso, a redução da evapotranspiração, consequência da retirada da cobertura vegetal.

Com o desmatamento da cobertura vegetal decorrente da expansão urbana, resultam alterações no ciclo hidrológico natural. A substituição da cobertura vegetal por concretagem reduz a infiltração da água no solo. Com isso, as águas pluviais deixam de infiltrar na superfície, aumentando significativamente o escoamento superficial. Sendo assim, com a redução da cobertura natural ocorre uma redução na evapotranspiração, pois a superfície impermeabilizada não irá reter água como a cobertura vegetal, consequentemente dificultado na evapotranspiração das folhagens e do solo.

No decorrer dos estudos os autores Grillo (1994) e Gonçalves (2003) perceberam que nas áreas urbanas comparadas as áreas rurais havia uma maior incidência no aumento do volume de precipitações, então, foi constatado que os fatores climáticos, como a circulação dos ventos e aumento da temperatura e tempestades contribuíam nos períodos de chuvas fortes. Vale salientar que, a natureza da alteração presente num determinado local não é semelhante a outras localidades. Sendo assim, ocorrem variações das características de cada área urbana, nas quais vários fatores interferem nessa dinâmica, como por exemplo, sua localização geográfica, condições climáticas e topografia.



Portanto, pode-se observar que o ciclo hidrológico ocorre em condições naturais, mas as ações antrópicas podem alterar o ciclo profundamente. Existem fatores que influenciam diretamente no ciclo hidrológico nas cidades, como: impermeabilização dos solos, retirada da vegetação, alteração morfológica da topografia, deposição irregular de resíduos sólidos, canalização de cursos fluviais. Desta forma, esses fatores intensificam a frequência de enchentes urbanas.

### *2.1 Impactos ambientais urbanos em bacias hidrográficas*

A bacia hidrográfica é caracterizada como uma região de captação das águas pluviais que conduz os escoamentos em um único ponto de saída, o seu exutório. Sua formação é composta por uma associação de vertentes e por uma rede de drenagem, a qual é formada por cursos de água que convergem e resultam em um leito único no exutório (TUCCI; SILVEIRA, 2009).

A bacia é o resultado da relação da água com os recursos naturais, como: topografia, vegetação, clima e matérias de origem. Segundo Brigante e Espíndola (2003), independentemente do tamanho de um curso d'água, é sempre o resultado da contribuição de determinada área topográfica, que é a sua bacia hidrográfica.

Apesar de sua importância como recurso hídrico, a qualidade ambiental das bacias hidrográficas vem sofrendo com as ações humanas, esses impactos estão relacionados diretamente as atividades não sustentáveis, que deteriora as características físicas, químicas e biológicas. Com isso, geram problemas ambientais, acarretando efeitos nocivos para a população e ao meio natural. Conforme Pires et al. (2002, p. 17).

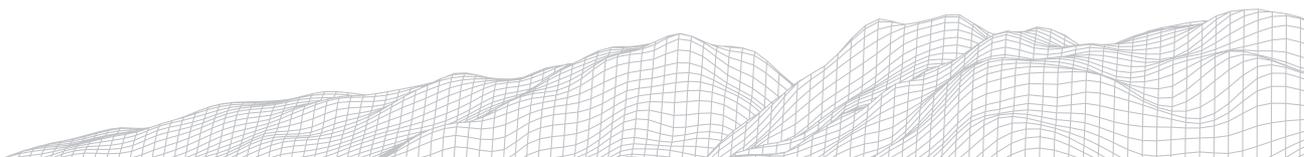
As transformações ambientais decorrentes da ação antrópica ocorrem com maior intensidade, concomitantemente ao rápido processo de crescimento urbano. A ocupação de novas áreas pelo adensamento populacional vem causando a superexploração dos recursos naturais.

Os impactos nos recursos hídricos urbanos são originados pelo processo desorganizado dos centros urbanos e na ocupação de bacias hidrográficas. Qualquer alteração na bacia hidrográfica, como o uso e ocupação do solo, desencadeia severos problemas hídricos. Em relação aos impactos gerados nos recursos hídricos (Tucci, 1997, p.117) explica:

*A urbanização também aumenta as áreas impermeáveis e a canalização, o que aumenta os picos de cheia e sua frequência para a mesma precipitação. A urbanização também aumenta a velocidade da água e a produção de sedimentos e dos resíduos sólidos que escoam para a drenagem (TUCCI, 1997, p.117).*

Podemos analisar que as bacias hidrográficas localizadas nas zonas de expansão urbana, estão mais vulneráveis aos impactos antrópicos, devido ao uso e ocupação do solo de forma irregular. Essa ocupação reflete no aumento de superfícies impermeáveis, no qual dificulta a infiltração da água e interfere nas redes de drenagem, tornando-o a ocorrência de inundações e enchentes urbanas mais frequentes no cotidiano das cidades brasileiras.

Outro fator que gera impactos na bacia hidrográfica é a ausência de serviços de limpeza e manutenção nas redes de drenagem. Pois nos períodos chuvosos a um aumento do escoamento superficial, que facilita o transporte de matérias sólido e impurezas das superfícies urbanas, contribuindo assim para deficiência do sistema de drenagem.



É de fundamental importância atenuar os níveis de degradação ambiental nas bacias hidrográficas, com medidas de comprometimento ambiental no controle dos recursos naturais explorados. Porém, para o gerenciamento e planejamento das bacias hidrográficas, são necessárias políticas públicas eficientes e uma maior fiscalização na ocupação desordenada de terras.

Portanto, deve-se equilibrar o uso dos recursos naturais, levando em consideração o planejamento das bacias urbanas, a partir de medidas e ações que compreende o uso e ocupação do solo, a fim de evitar irregularidades e ocupações desordenadas, fazendo com que preservação ambiental nas bacias hidrográficas seja mantida.

Ao analisar as alterações significativas nas bacias hidrográficas urbanas provocadas pela urbanização, é necessário investigar como se comporta os episódios de enchentes urbanas nas redes hidrográficas, decorrentes de chuvas intensas nos cursos d'água. Visto que, esses episódios estão atrelados aos impactos causados pela expansão urbana.

## 2.2 Análise das enchentes urbanas

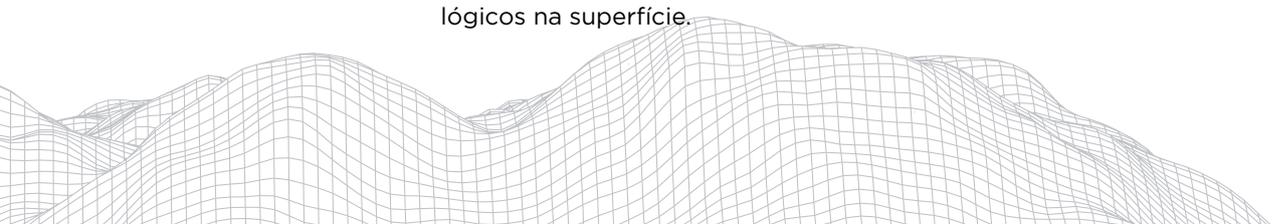
Conforme Pompêo (2000), as enchentes são consideradas como fenômenos naturais, que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido às chuvas de magnitude elevada. Nas áreas urbanas os episódios de enchentes ocorrem das intensas precipitações de amplo período, ou no transbordamento de cursos d'água, decorrente das mudanças provocadas no ciclo hidrológico pela própria urbanização.

De acordo Tucci (1995), as enchentes em áreas urbanas podem ocorrer a partir de dois processos, de maneira isolada ou de forma integrada, no qual a primeira condiz às enchentes ribeirinhas, consideradas enchentes naturais que interfere na população que ocupa leitos de rios por falta de planejamento na ocupação do solo. O segundo processo seria as enchentes urbanas, onde a urbanização provoca o aumento da frequência e magnitude devido à ocupação da terra com superfícies impermeáveis e instalação de rede de condutos de escoamentos. Esse desenvolvimento da ocupação urbana produz obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. Sendo assim, a enchente em áreas ribeirinhas ocorre devido o processo natural da cheia do rio, e as enchentes antrópicas ocorrem pela interferência antrópica.

A enchente urbana é ocasionada pelas causas naturais dos elevados índices de chuva, sendo intensificado pelo processo de urbanização, por meio da impermeabilização do solo, descarte de forma irregular dos resíduos sólidos em canais de drenagem, retirada da vegetação, drenagem mal planejada e ocupações em locais ambientalmente indevidos.

Além dos fatores antrópicos citados acima que contribuem no agravamento de enchentes em uma determinada área urbana, existe vários outros, que podem ser considerados como agentes influenciadores de enchentes, como: forma da bacia hidrográfica; topografia da várzea; permeabilidade do solo na área da bacia; estrangulamento da drenagem; lançamento de águas servidas e esgoto na drenagem, entre outros (PEDRO; NUNES, 2012).

A substituição da vegetação por pavimentos impermeáveis resulta no aumento no volume do escoamento superficial, causando assim nos períodos chuvosos o transbordamento dos cursos d'água. Dessa forma, é importante observar a relação no processo de uso e ocupação do solo com os efeitos hidrológicos na superfície.



As alterações no ambiente natural produzidas pelo processo de urbanização, especialmente em relação ao uso e ocupação do solo, resultaram em consequências que não foram previamente calculadas na fase inicial da fundação do núcleo urbano e em sua expansão. O reflexo dessa situação atualmente, se tornou um dos principais problemas socioambientais registrados na cidade.

Devido ao processo acelerado da urbanização, o impacto causado pelas enchentes urbanas tem causado danos a uma parcela da população que residem em áreas vulneráveis, como por exemplo, planícies aluviais. Tucci (2004) destaca que as enchentes urbanas são geradas pela inadequada ocupação do espaço e pelo insuficiente gerenciamento da drenagem urbana.

Uma das principais causas que acarretam as enchentes nas áreas carentes de equipamentos urbanos básicos é a impermeabilização do solo, ocupação em locais impróprios para habitação e entorno de canais abertos. Fatores esses que causa transtornos para a população que mora nessas localidades vulneráveis. Além do mais, afeta a qualidade de vida e provoca consequências tanto de vida quanto material.

As enchentes urbanas são problemas advindos da intervenção antrópica, visto que, em períodos de elevados eventos chuvosos e acúmulo momentâneo da água pluvial numa dada área, comumente é causado por problemas da drenagem natural ou do sistema de drenagem urbana.

Gonçalves (2003) afirma que, as áreas com maiores números de ocorrências correspondem às avenidas de vale, áreas soterradas, localidades com uma precariedade da infraestrutura de drenagem e planícies aluviais ocupadas indevidamente.

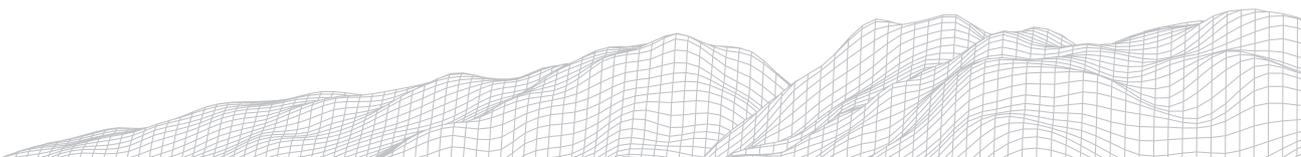
Além das condições climáticas, o relevo também interfere no planejamento das cidades, parafraseando Butler e Maksimovic (2003), o planejamento do espaço urbano envolve difíceis tomadas de decisões devido às restrições econômicas e sociais, além da heterogeneidade espacial da urbe.

Com o aumento da temperatura nas cidades, as condições do movimento do ar ascendente pode ser gerador no aumento de precipitações. Desta forma, com as precipitações intensas e de pouca duração, faz com que o agravamento de enchentes aumente no cotidiano das cidades.

Um dos processos antrópicos que mais geram agravos ao meio é a urbanização, tanto em países desenvolvidos quanto subdesenvolvidos, resultando num conjunto de ações que preocupam, devido às consequências sociais e ambientais.

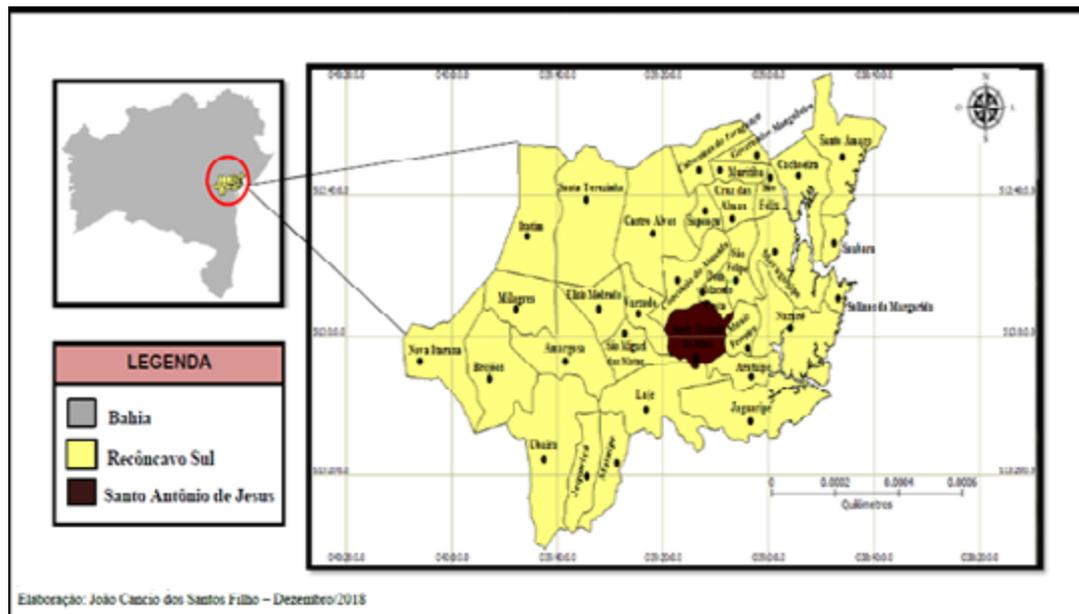
O crescimento dos países em desenvolvimento tem sido de grande impacto na qualidade de vida do meio ambiente, ou seja, a apropriação do meio tem ocorrido de forma desenfreada devido à implementação de moradias em áreas de risco.

Conforme Brandão (2010), a segregação espacial é bem visível na constituição do espaço urbano, pode ser observado que nas localidades ocupadas pela população de classe média e alta renda a uma aproximação do poder público, na realização de planejamento urbano, diferentemente nas áreas de baixa renda e de periferia, onde o processo se forma irregularmente e no improvisado.



### 3. Localização e caracterização da área de estudo

O Loteamento Recanto dos Prazeres está localizado no município de Santo Antônio de Jesus - BA, como pode ser observado no mapa de localização na Figura 1. A cidade encontra-se ao longo da região do Recôncavo Sul da Bahia, mais precisamente a latitude 12°58'08" e longitude 39°15'41" oeste de Greenwich. Possui uma área territorial de aproximadamente 261,35 km<sup>2</sup>, uma população estimada em 90.985 habitantes e uma densidade demográfica de 348,14 hab/km<sup>2</sup>, onde 87,2% da população ocupam as áreas urbanas, segundo o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010). O crescimento urbano de Santo Antônio de Jesus se configurou pelas atividades econômicas voltadas para agricultura e comércio.



**Figura 1:** Mapa de localização da cidade de Santo Antônio de Jesus no contexto do Recôncavo Baiano (BA).

Fonte: Laboratório de Geoprocessamento da UNEB. 2021

Através da análise da área de investigação, pode-se observar que o espaço urbano da cidade de Santo Antônio de Jesus se consolidou por um crescimento desordenado da malha urbana. Desta forma, a zona urbana do município se resultou da formação do incremento de massas urbanizadas, como: edificações, loteamentos, cobertura asfáltica e avenidas. No entanto, o intenso processo de ocupação agravou conflitos ambientais urbanos, através dos impactos antrópicos sobre os solos, vegetações e recursos hídricos, assim, intensificando o processo de degradação ambiental.

O município detém massa urbanizada mais significativa em detrimento das áreas de cobertura vegetal. A região é formada por uma vegetação caracterizada como Floresta Ombrófila Densa favorecida por um clima tropical subúmido. A tipologia topográfica da cidade de Santo Antônio de Jesus detém um relevo de topo aplainado, classificado como tabuleiros, seguidos ou entremeados de colinas. O solo predominante nos tabuleiros são os Latossolos Amarelos, nas colinas e morros a presença de Argissolos e alguns Latossolos Vermelho-Amarelos (LEPSCH, 2002).

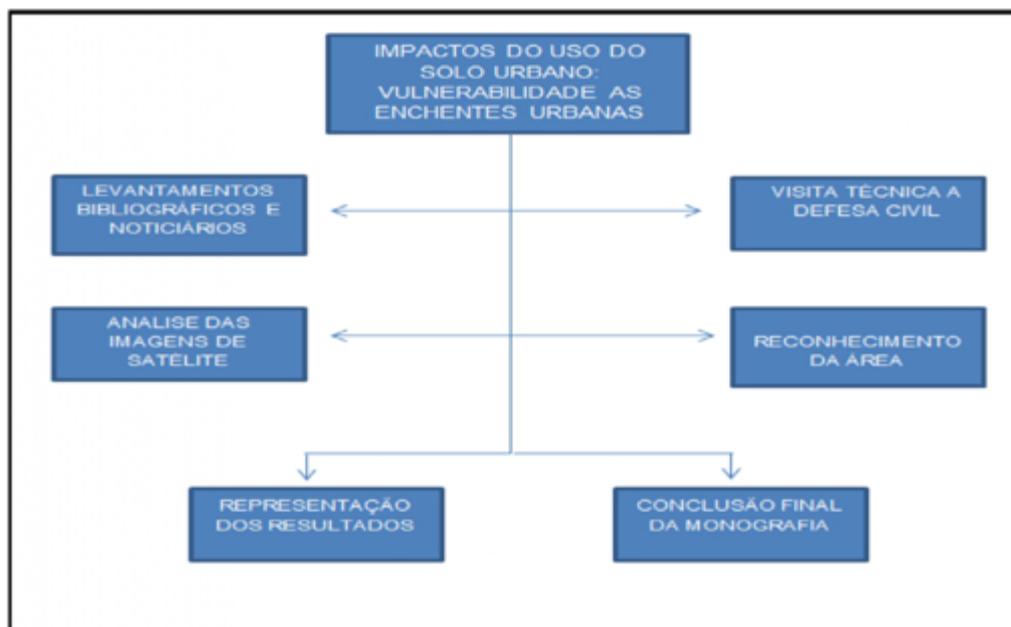
Segundo a SEI (2012) a cidade de Santo Antônio de Jesus caracteriza-se por um clima transicional de úmido, subúmido à seco no decorrer do ano, a

temperatura média anual varia entre 19° e 27,7°, com chuvas podendo alcançar 1178 mm anual, tendo como destaque a concentração pluviométrica nos meses de abril a julho. Em relação ao relevo, constitui-se num domínio dos Mares de Morros, com feições convexas e arredondas, que resultou nas ações erosivas em situações ambientais de mudanças climáticas sobre as estruturas geológicas.

Segundo Estevam (2010) nas características geológicas da área predominam três unidades geológicas distintas: (I) rochas metamórficas pré-cambrianas do complexo granulítico; (II) rochas sedimentares da formação capim grosso; (III) depósitos sedimentares inconsolidados de idade Quaternária. Os aspectos geomorfológicos da região predominantemente formado pelas unidades dos Tabuleiros Interioranos.

#### 4. Metodologia

Para realização desta pesquisa foi utilizado como método de investigação o Estudo de Caso sobre os impactos da ocupação no uso do solo urbano e os



problemas dos episódios de enchentes no Loteamento Recanto dos Prazeres em conformidade com as fases de trabalho contidas na Figura 2.

**FIGURA 2:** Organograma representando as etapas da pesquisa.  
Fonte: Organizadores da pesquisa. 2021

A pesquisa foi estruturada através de uma metodologia composta em quatro etapas: (I) levantamentos bibliográficos e noticiários; (II) visita técnica a Defesa Civil de Santo Antônio de Jesus; (III) análise das imagens de satélite da área; (IV) visita técnica à área de estudo.

A primeira etapa foi analisar arquivos midiáticos, livros, artigos científicos, dissertações e monografias para poder discutir sobre os estudos teóricos que envolvem a temática.

Foi possível formular o embasamento teórico sobre os temas como: urbanização, ocupação do solo urbano, sistema clima urbano, ciclo hidrológico, bacias hidrográficas e enchentes urbanas. Para isso, a pesquisa teve referência de autores como Conti (1998); Girelli (2009); Mendonça (2003); Mota (1999); Tucci e Silveira (2009); Pompêo (2000). A segunda etapa correspondeu as visitas técnicas a Defesa Civil de Santo Antônio de Jesus para coleta de dados no intuito de diagnosticar as áreas vulneráveis aos episódios de enchentes no Loteamento Recanto dos Prazeres. Na terceira etapa foram analisadas imagens de satélites da área, como a delimitação do Loteamento Recanto dos Prazeres e uso e ocupação de solo urbano através do aplicativo Arcview 9.3.

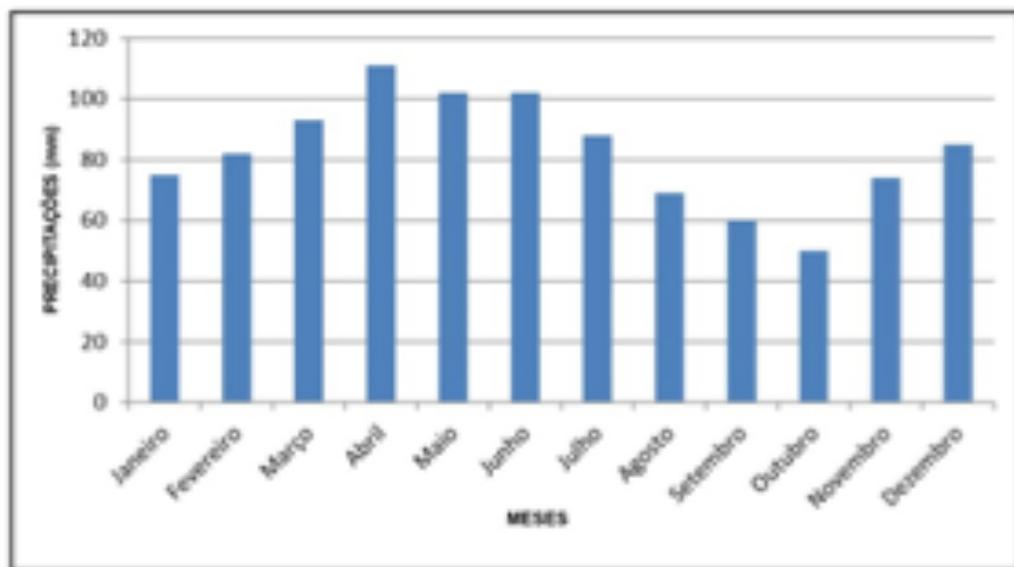
Na quarta fase da pesquisa foi realizado o reconhecimento da área de estudo, por meio da tomada de coordenadas e de fotografias para análise da paisagem, tendo como objeto de investigação os riscos às enchentes no Loteamento Recanto dos Prazeres. As informações e dados coletados associados aos trabalhos de campo permitiram analisar as enchentes urbanas na perspectiva do clima local. Associou-se aos fenômenos atmosféricos e dos diversos usos dos solos urbanos.

## 5. Resultados e discussões

A partir da análise do gráfico na Figura 03, os meses de março, abril, maio, junho e julho apresentaram alturas pluviométricas mais elevadas, essa intensidade das precipitações está relacionada às massas de ar quente e úmida que são deslocadas das regiões marítimas pela ação dos ventos de leste. De acordo distribuição das chuvas é válido ser destacado como sendo o fator determinante pela ocorrência dos impactos causados na área urbana, no qual desencadeia severos transtornos e prejuízos na cidade, principalmente naquelas áreas que carecem de planejamento e que são as mais afetadas pelos efeitos causados pela chuva intensa.

Foram observados que ao passar dos anos conforme a cidade foi crescendo e os problemas relacionados às chuvas aumentaram cada vez mais, tanto no centro urbano quanto nas localidades periféricas.

Com isso, foram destacadas como fator de vulnerabilidade, as enchentes, fenômeno associado aos episódios extremos de chuva em Santo Antônio de Jesus. Associado à isto os moldes de ocupação na área investigada. Assim, buscou-se analisar os fatores críticos que desencadeiam as enchentes urbanas no Loteamento Recanto dos Prazeres.



**FIGURA 3:** Gráfico das médias pluviométricos no período de 1989 à 2019 para Santo Antônio de Jesus. Fonte: Dados do site Clímatempo. Elaborado por Santos Ano de 2019

A partir da análise do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano da cidade, observou-se que a expansão urbana na Santo Antônio de Jesus entre os anos de 1980 à 1990, houve um forte incentivo à ocupação de vazios urbanos, assim como de terrenos e loteamentos abandonados, dispendo como justificativa o desenvolvimento e expansão da cidade.

A Prefeitura Municipal tem a responsabilidade de autorizar os projetos para a construção de loteamentos. Porém, variados loteamentos foram implantados ilegalmente, o poder público municipal não teve controle na implantação dos loteamentos, principalmente em áreas inapropriadas para habitação, sobretudo em ambientes vulneráveis ambientalente.

Conforme a Lei Federal 9785/1999, as diretrizes no parcelamento do solo e loteamentos em esfera nacional. Os parâmetros desta legislação não foram obedecidos no município. Desse modo, ocorreu negligência do poder público na fiscalização dos loteamentos e no controle e no uso das terras. Neste contexto, os loteamentos foram ocupando de modo irregular e desordenado os topos de morros, fundos de vale, as encostas, sobre canais de drenagem e em áreas de mananciais. Com isso, as alterações ambientais se tornaram muito significativas, resultando consequências ambientais e riscos aos moradores.

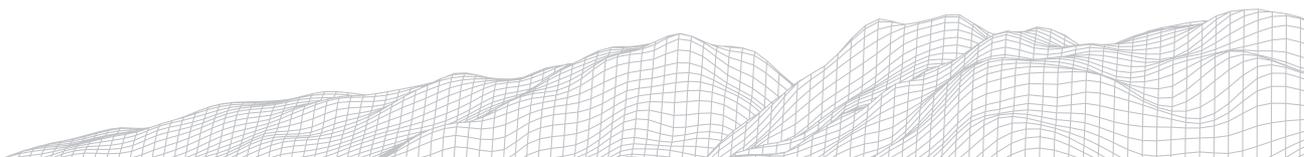
Essas irregularidades na ocupação do espaço urbano foram geradas pela deficiência no controle dos loteamentos. Consolidou-se o uso e ocupação do solo de forma indisciplinada, gerando impactos graves nas zonas vulneráveis do relevo nas quais as ações antropogênicas intensificaram os riscos ambientais, principalmente no que tange às enchentes e os movimentos de massa nas encostas. É possível observar no loteamento analisado, que as intervenções de engenharia provocaram forte desregulação nos sistemas de circulação hídrica entre as encostas e os fundos de vale.

O Loteamento Recanto dos Prazeres se constituiu ao longo dos anos por ocupações inapropriadas, como em áreas ambientalente frágeis, de topografia irregular e próximas a canais de drenagem pluvial. Esse crescimento mal planejado do loteamento, devido à expansão desorganizada da malha urbana de Santo Antônio de Jesus, resultou na localidade inúmeras áreas de fragilidade ambiental e vulneráveis aos episódios de enchentes em períodos de elevada precipitação.

O loteamento apresenta um processo de ocupação espontânea em seu espaço urbano. Com o crescimento populacional advindo da urbanização sem planejamento, retrata os reflexos das ações antrópicas atuantes no ambiente urbano. Foram identificadas no decorrer da implantação do loteamento atividades que induzem os impactos ambientais, como: desmatamento, contaminação dos recursos hídricos, erosão dos solos, dentre outros.

A área de estudo ao longo dos anos foi perdendo sua característica ambiental natural e tornando-se uma área de ocupações irregulares e com características físicas bastantes degradadas. Desta forma, a ausência da aproximação do poder público no planejamento e da fiscalização no controle da exploração das terras, facilitou construções no loteamento em áreas de fragilidade ambiental.

Percebeu-se que o loteamento está localizado numa área que carece de infraestrutura básica, na qual acarreta impactos ambientais significativos. Estas condições influenciam num conjunto de problemas tanto ambiental quanto para a saúde dos moradores que ali estão presentes. Na maior parte das vezes, em períodos de intensa chuva, o sistema de drenagem pluvial acaba transbordando devido os impactos causados pela ocupação próxima ao canal, assim, a situação da localidade torna-se crítica em períodos de enchentes, pois, além das perdas matéricas, a população fica exposta aos vetores transmissores de doenças e a animais peçonhentos.



Por meio das observações, foi possível perceber que há um desequilíbrio ecológico causado pelas intervenções antrópicas no loteamento, sobre os recursos hídricos, vegetação e no uso e ocupação do solo. Nesse contexto, o loteamento interfere diretamente na dinâmica urbana, na qual as populações mais carentes acabam ocupando áreas de risco ambiental e conseqüentemente sofrem com os impactos causados pelas enchentes e deslizamentos em meses chuvosos.

A partir da intensa ocupação sem planejamento e as estações chuvosas extremas, associadas às características topográficas, o Loteamento Recanto dos Prazeres torna-se vulnerável aos riscos provocados pelas enchentes como vem sendo apresentado na Figura 04. A área está localizada em um fundo de vale, onde comporta redes hidrográficas que estão sendo pressionadas pelas construções, fazendo com que o canal de drenagem não suporte o fluxo das águas pluviais em épocas de chuvas intensas. Observou-se na Figura 04 período anterior e posterior ao episódio ocorrido em março de 2019. Identificou-se a variação do nível d'água no canal de drenagem no Loteamento Recanto dos Prazeres. (A) mostra um meio intermediário, onde apresenta a interferência antrópica, como as construções irregulares as margens dos cursos d'água, degradação do solo e retirada das matas ciliares dos corpos hídricos, posteriormente, já na imagem (B) visualiza-se o transbordamento no canal fluvial. Observou-se a dinâmica das águas de drenagem no decorrer das precipitações intensas, causando aumento rápido da vazão no córrego.

O cenário ambiental discutido neste trabalho aponta a ação antropogênica como principal agente modificador da paisagem. Portanto, é possível observar que o loteamento investigado apresenta problemas relacionados aos impactos provocados pelas ocupações indevidas em áreas de fundo de vale e próximas as redes hidrográficas, sendo assim, os problemas ambientais passam a ser agravados nos meses de chuvas acentuadas e frequentes.

(A)

(B)



**FIGURA 4:** Fotografias de moradias precárias construídas indevidamente no interior da planície aluvial no Loteamento Recanto dos Prazeres. Observa-se o período anterior ao transbordamento de janeiro de 2019 (A) e no transcorrer do transbordamento em março de 2019 (B).

Fonte: Fotografia dos autores.

A fotografia contida na Figura 5 demonstra as condições reais no período das enchentes. As residências tornam-se ilhadas e vulneráveis aos deslizamentos, além das condições de insalubridade ocasionadas pela presença de roedores e animais peçonhentos no decorrer dos episódios de enchentes. Com isso, é notório a real precariedade de vida da população, pois, devido baixo poder aquisitivo, acabam ocupando áreas deficientes de infraestrutura e em ambientes frágeis ambientalmente.



**FIGURA 5:** Loteamento Recanto dos Prazeres completamente tomado pelas águas de transbordamento.

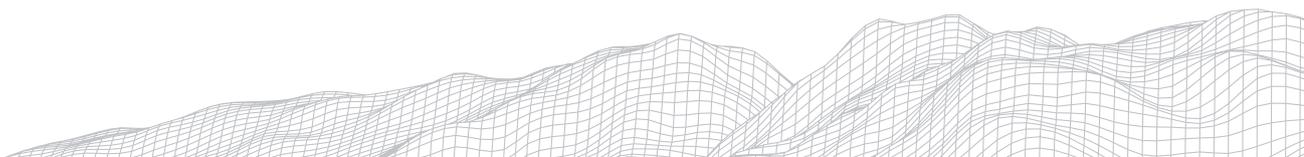
Fonte: Fotografia dos autores

## 6. Considerações finais

Diante o estudo apresentado, é possível concluir que a partir do crescimento urbano o espaço é transformado de acordo com as necessidades dos grupos sociais. Dessa forma, são bem notórios os processos de explorações ao meio ambiente, onde a presença dos interesses econômicos e políticos favorecem apenas uma parcela da população, em detrimento dos impactos socioambientais causados pela urbanização predatória.

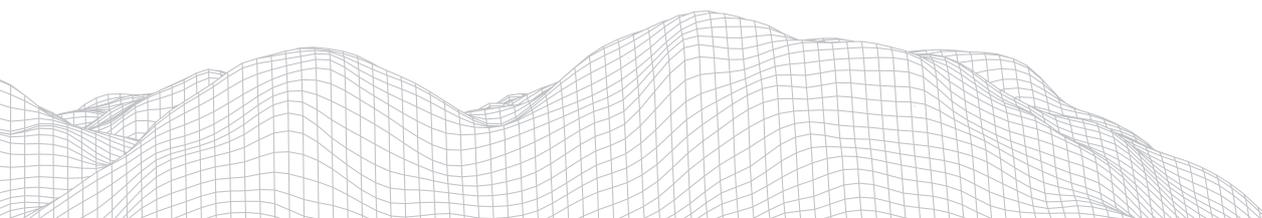
Assim sendo, os riscos ambientais estão presentes nas áreas inadequadas para habitação, onde a população de baixa renda acaba ocupando, e comprometendo os recursos naturais, com isso, trazendo sérios danos a essas populações. Ao analisar o processo de implantação do Loteamento Recanto dos Prazeres, foi identificado uma intensa ocupação desordenada com desflorestamento generalizado e lançamento de resíduos sólidos e acúmulo de entulho no interior do canal de drenagem. Com isso, foi possível constatar que clima urbano nas cidades médias é reflexo da exploração humana sobre o solo e ao meio ambiente, tendo como uma das consequências alagamentos e enchentes urbanas.

Nesse contexto, é importante o acompanhamento do poder público municipal e órgãos competentes a fim de solucionar os conflitos socioambientais no Loteamento Recanto dos Prazeres. Além de criar projetos para recuperação das áreas degradadas; promover a sensibilização da comunidade sobre a importância dos recursos naturais; construção de redes de galerias pluviais, com finalidade de amenizar o fluxo das águas da chuva; políticas de ordenamento de ocupação do solo urbano, dentre outras medidas.



## Referências

- BOTELHO, R.G.M & SILVA, A.S. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental**. In: GUERRA, A.J.T. e VITTE, A.C. (orgs). Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3.ed.2010.
- BRANDÃO, T.F. **Análise espacial de áreas afetadas por eventos hidrológicos extremos na cidade de Salvador - BA**. 2010. 110 f. Conclusão de Curso (Engenharia Civil) Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana/BA, 2010.
- BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial**: Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Editora RiMa. 278p. 2003.
- CONTI, J.B. **Clima e Meio Ambiente**. São Paulo: Atual, 1998.
- ESTEVAM, André Luiz Dantas. **Geomorfologia ambiental e paisagem urbana no Recôncavo Sul da Bahia**: uso dos solos e fragilidade dos sistemas de lagoas na cidade de Santo Antônio de Jesus/BA.Salvador. UFBA. Tese de Doutorado. 2010.
- ESTEVAM, André Luiz Dantas; SANTOS, Elba Medeiros Punski dos; CORREIA, Sandro dos Santos. **Recôncavo Baiano**: Trajetórias e Dinâmicas Territoriais. 1. ed. Salvador: Assembleia Legislativa, 2015. 178 p.- il.
- GIRELLI, Cristiane Corrêa. **Ocupações irregulares em áreas úmidas**: análise da moradia na ressaca chico dias e as consequências para o ambiente urbano. Dissertação (Pós-Graduação em Direito Ambiental e Políticas Públicas) – Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2009.
- GONÇALVES, N. M. S. **Os impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador**. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. de F. Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003.
- GONÇALVES, L. F. H.; & GUERRA, A. J. T. **Movimentos de massa na cidade de Pertrópolis-Rio de Janeiro**. In: GUERRA, A. J. T.; & CUNHA, S. B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- GRILLO, R. C.; BRINO, W. C. **O impacto da precipitação pluvial na cidade de Rio Claro-SP**. Geografia. Rio Claro, v.19 n.1, abr. p.39-60. 1994.
- GUERRA, A.J.T. & MENDONÇA, J.K.S. **Erosão dos Solos e a Questão Ambiental**. In: GUERRA, A.J.T. e VITTE, A.C. (orgs). Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3.ed.2010.
- LEPSCH, Igo F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- MENDONÇA, F. A. **Clima e planejamento urbano em Londrina**. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. A. (Org.). Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003.
- MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.
- MOTA, S. **Gestão ambiental de re-cursos** hídricos. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.
- OSTROWSKY, Maria de Sampaio Bonafé. **Urbanização e controle de enchentes**: o caso de São Paulo. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP Depto. de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1991.
- PEDRO, Leda Correia; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. **A Relação Entre Processos Morfodinâmicos e os Desastres Naturais**: Uma Leitura das Áreas Vulneráveis a Inundações e Alagamentos em Presidente Prudente-SP. In: Caderno Prudentino de Geografia. Presidente Prudente, n.34, v.2, p.81-96, ago./dez.2012.
- PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL FRETT, Marcos Estevan. **A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais**. In:
- POMPÊO, C. A. **Drenagem urbana sustentável**. RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5 n. 01. Jan/Mar 2000.



SILVEIRA, André L.L., **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In Hidrologia Ciência e Aplicação. Cap 2, Editora UFRGS. Porto Alegre, 2004.

TUCCI, C.E.M.; GENZ, F. **“Controle do Impacto da Urbanização”**. In: Drenagem Urbana. Editora da UFRGS, ABRH, 1995.

TUCCI, Carlos E. M. Água no meio urbano. In: Água Doce. 1997.

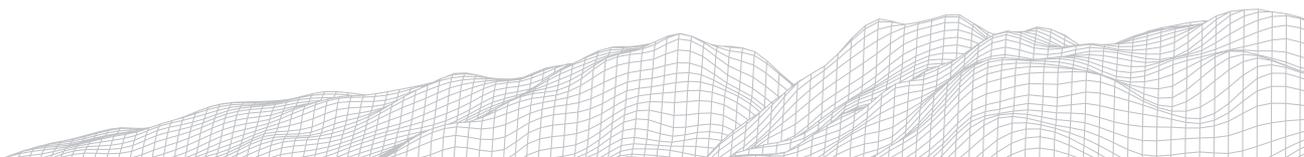
TUCCI, C.E.M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.7 n.1. Jan/Mar. 5-27, 2002.

TUCCI, C.E.M. Águas **Urbanas**. In: TUCCI, C.E.M. & BERTONI, J.C. Inundações Urbanas na América do Sul. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 1.ed. 2003.

TUCCI, Carlos E. M., **Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil**. REGA - Vol. 1, no. 1, p. 59-73, jan./jun. 2004.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. da. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, ABRH, 2009.



# IMPACTOS GERAIS DA MINERAÇÃO SOBRE A GEOMORFOLOGIA DA REGIÃO METROPOLITANA DO CARIRI (RMCariri), CEARÁ

973

*Marcelo Martins de Moura Fé*  
Universidade Regional do Cariri (URCA)  
Rua Cel. Antônio Luis, 1161, bairro: Pimenta - Crato/CE, Brasil.  
CEP 63105-000  
E-mail: [marcelo.mourafe@urca.br](mailto:marcelo.mourafe@urca.br)

*Frederico de Holanda Bastos*  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)  
Av. Dr. Silas Munguba, 1700, bairro: Serrinha - Fortaleza/CE,  
Brasil. CEP: 60714-903  
E-mail: [fred.holanda@uece.br](mailto:fred.holanda@uece.br)

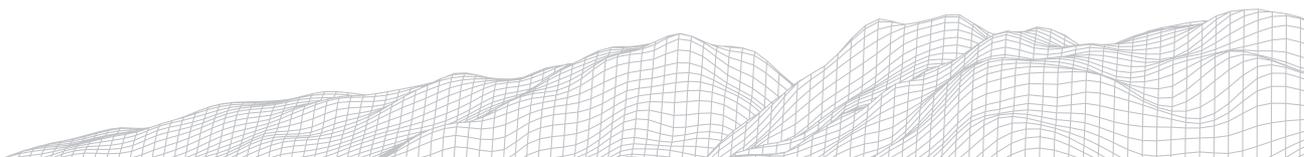
*Marcos Antônio Leite do Nascimento*  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)  
Av. Senador Salgado Filho, 3000, Lagoa Nova. CEP 59078-970.  
Natal/RN  
E-mail: [marcos.leite@ufrn.br](mailto:marcos.leite@ufrn.br)

*Vanessa Pereira Dias*  
Universidade Regional do Cariri (URCA)  
Rua Cel. Antônio Luis, 1161, bairro: Pimenta - Crato/CE, Brasil.  
CEP 63105-000  
E-mail: [vanessa.dias@urca.br](mailto:vanessa.dias@urca.br)

### Resumo

A mineração apresenta notória importância socioeconômica e potencial de impactância sobre a configuração natural do relevo. Considerando a necessidade de estudos sobre a atividade, presente nos 9 municípios da Região Metropolitana do Cariri (RMCariri), o objetivo deste trabalho espacializar a mineração e caracterizar seus impactos gerais sobre a geomorfologia da Região Metropolitana do Cariri (RMCariri), Ceará. O roteiro metodológico desenvolvido é de abordagem qualitativa, compartmentado em um embasamento teórico-conceitual e um contingente técnico-científico, subdividido em etapas inter-relacionadas de gabinete, campo e laboratório. Os resultados alcançados indicam o desenvolvimento histórico da mineração desde o século XVII, oscilante, mas presente até a atualidade em diversos segmentos dos municípios da RMCariri, afetando a significativa diversidade geológica e a geomorfologia associada, compartmentada aqui em suas porções fluviais e inter-fluviais. Ademais, foram verificados, compilados e espacializados 300 processos minerários na região. As contribuições feitas aqui são bases para a pesquisa em desenvolvimento, objetivando conhecer e propor alternativas para a mineração na Região Metropolitana do Cariri.

**Palavras-chave:** Mapeamento. Processos Minerários. Análise Ambiental. Região Metropolitana. Desenvolvimento Regional Sustentável.



## 1. Introdução

Mineração é um termo que abrange os processos, atividades e indústrias, cujo objetivo básico é a extração de substâncias minerais a partir de depósitos ou massas minerais (SANTOS; SOUSA; LIMA, 2009). É aceito pela IMA (*International Mineralogical Association*) que um mineral corresponde a uma substância sólida homogênea, cristalina, inorgânica, cuja composição química é definida e, ainda, formada por processos naturais (geológicos) (LICCARDO; CHODUR, 2014).

A partir do conceito de mineral, tem-se especificidades, tais como o fato de que minério é um mineral, ou uma associação de minerais (rocha), que contém um metal ou mineral explorável, sendo a fonte donde se extraem os metais ou substâncias minerais não metálicas (MENEZES, 2012). Por sua vez, depósitos ou jazidas minerais são concentrações de minerais na crosta da Terra que podem ser explorados economicamente, ou seja, minérios (GUERRA; GUERRA, 1997; MENEZES, 2012).

Quando esses depósitos (ou jazidas) minerais não podem ser explorados de modo comercial, denominam-se ocorrências; por sua vez, mina é o depósito mineral em exploração, ou seja, é a jazida em lavra, mesmo que suspensa (GUERRA; GUERRA, 1997; IBGE, 1999; MENEZES, 2012). Lavra, em específico, é a fase da mineração cujo objetivo é o aproveitamento da jazida, representando o conjunto de operações coordenadas que tem por objetivo a extração econômica das substâncias minerais úteis de uma jazida até o seu beneficiamento primário (exploração) (IBGE, 1999).

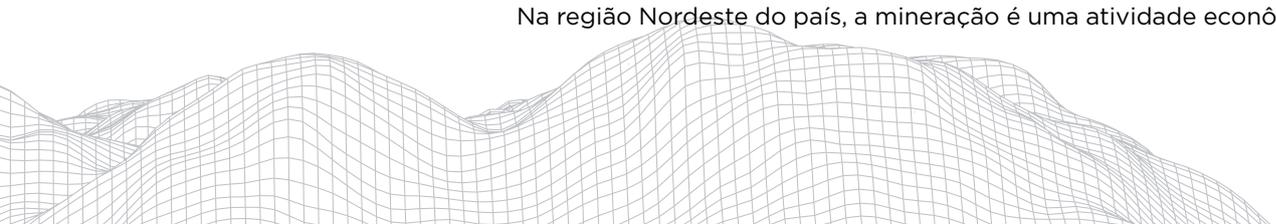
Classificados em metálicos e não metálicos, e localizados em regiões específicas, os minerais são distribuídos naturalmente por meio de processos internos, sendo que a extração de minérios é caracterizada como indústria extrativista mineral ou indústria de produtos minerais (MESQUITA; CARVALHO; OGANDO, 2016; CARVALHO et al., 2018).

Conforme o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a mineração inclui a vasta exploração de minas subterrâneas e de superfície (SILVA; ANDRADE, 2017), ou a céu aberto, que é a escavação para aproveitamento econômico de recursos minerais superficiais, tais como depósitos eluviais ou de depósitos aluviais de areia e argila (SUGUIO, 1998). Segundo Costa (2015), dentre os tipos de mineração mais utilizados, as minas de superfície constituem a principal atividade mineradora em todo o território nacional brasileiro.

A geração de riqueza proporcionada pela indústria extrativa mineral é indicada por dados significativos. Em 2011, a mineração (incluindo minerais metálicos, não metálicos e combustíveis fósseis) e a indústria de processamento mineral contribuíram em 4,5% para o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (LICCARDO; CHODUR, 2014). Conforme Araújo, Olivieri e Fernandes (2014), em 2013, os registros oficiais do valor da Produção Mineral Brasileira (sem petróleo) foram de US\$ 42 bilhões (o equivalente a 4% do PIB brasileiro naquele ano), com o emprego direto de 175 mil pessoas, valores que são considerados subavaliados porque a mineração no Brasil tem forte informalidade produtiva.

Ainda que gere riqueza e crescimento econômico, a indústria extrativa mineral está entre as atividades socioeconômicas que mais causam impactos ambientais negativos, afetando os territórios onde se realizam a mineração. Embora possa se argumentar que os impactos negativos tenham um confinamento limitado, a forte carga impactante da indústria extrativa mineral se caracteriza por ser diariamente exercida (ARAÚJO; OLIVIERI; FERNANDES, 2014).

Na região Nordeste do país, a mineração é uma atividade econômica tradi-



cional, sendo que mais de 50% desses estabelecimentos minerários têm mais de 20 anos de funcionamento (SOUZA et al., 2014). Na região do Cariri, sul do Ceará, a mineração está presente na paisagem desde o século XVIII (PINHEIRO, 2010b), podendo ser vista atualmente em diversos municípios, ao passo que a mineração é uma atividade importante no processo de crescimento urbano dos municípios, o que fomentou, por fim, junto com outras metas, a criação de uma região metropolitana no sul do Ceará (AGUIAR NETO; TEIXEIRA, 2012; MOURA-FÉ et al., 2019).

Nesse contexto, considerando a importância socioeconômica e o potencial de impactância sobre o relevo regional; bem como, considerando ainda a necessidade de novos estudos sobre a mineração, notadamente relacionados aos aspectos geomorfológicos e ambientais; percebe-se, por fim, uma demanda científica e social sobre o conhecimento da mineração regional. Assim, buscando contribuir para o preenchimento dessas lacunas, o objetivo deste trabalho é espacializar a mineração e caracterizar seus impactos gerais sobre a geomorfologia da Região Metropolitana do Cariri (RMCariri), Ceará.

## 2. Materiais e Métodos

O roteiro metodológico desenvolvido para buscar esse objetivo é de abordagem qualitativa, sendo compartimentado em: (1) embasamento teórico-conceitual, que tratou do estudo, análise e abordagem da literatura científica relacionada às temáticas e área mencionada; (2) contingente técnico-científico, subdividido em etapas inter-relacionadas de gabinete, campo e laboratório.

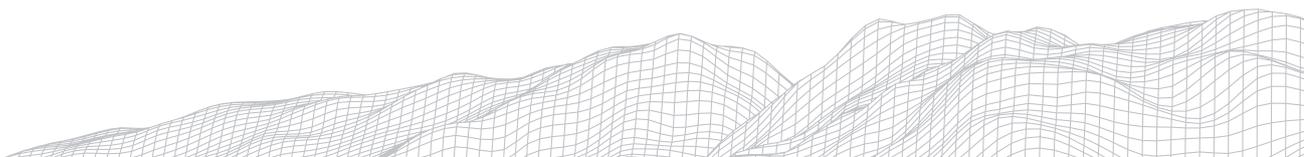
Em gabinete realizou-se levantamento bibliográfico e documental de materiais publicados em periódicos nacionais e internacionais relevantes, livros e títulos legais vigentes no Brasil, Ceará e nos municípios da RMCariri que tratam das temáticas relacionadas à mineração; bem como um levantamento cartográfico e iconográfico da região sul do Ceará. Posteriormente, em gabinete, foram analisados, de forma conjunta e sistemática, os dados dos levantamentos, dos trabalhos de campo e dos materiais elaborados em laboratório.

No levantamento bibliográfico realizou-se consultas específicas aos periódicos nas áreas de Geociências, Geografia, Ciências Ambientais, Economia e áreas afins, por meio dos descritores presentes no título e nas palavras-chave desse artigo (sem delimitação temporal), ao passo que a maioria dos materiais está disponibilizada nas plataformas Periódicos CAPES, SciELO, *Google Scholar*, além do *Research Gate*. A Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD-IBICT) também foi consultada. Por sua vez, o levantamento cartográfico se constituiu em dados vetoriais (shapefiles) e matriciais (raster), mapas temáticos, imagens de satélite e modelos digitais de elevação (MDEs), disponíveis em *web sites* de órgãos públicos, utilizados para realizar os trabalhos de campo e contribuir na elaboração dos produtos cartográficos e gráficos, em laboratório.

Em laboratório, o mapeamento foi elaborado através do software QGIS 2.14.22 / Grass 7.2.2, com apoio dos dados de gabinete e campo.

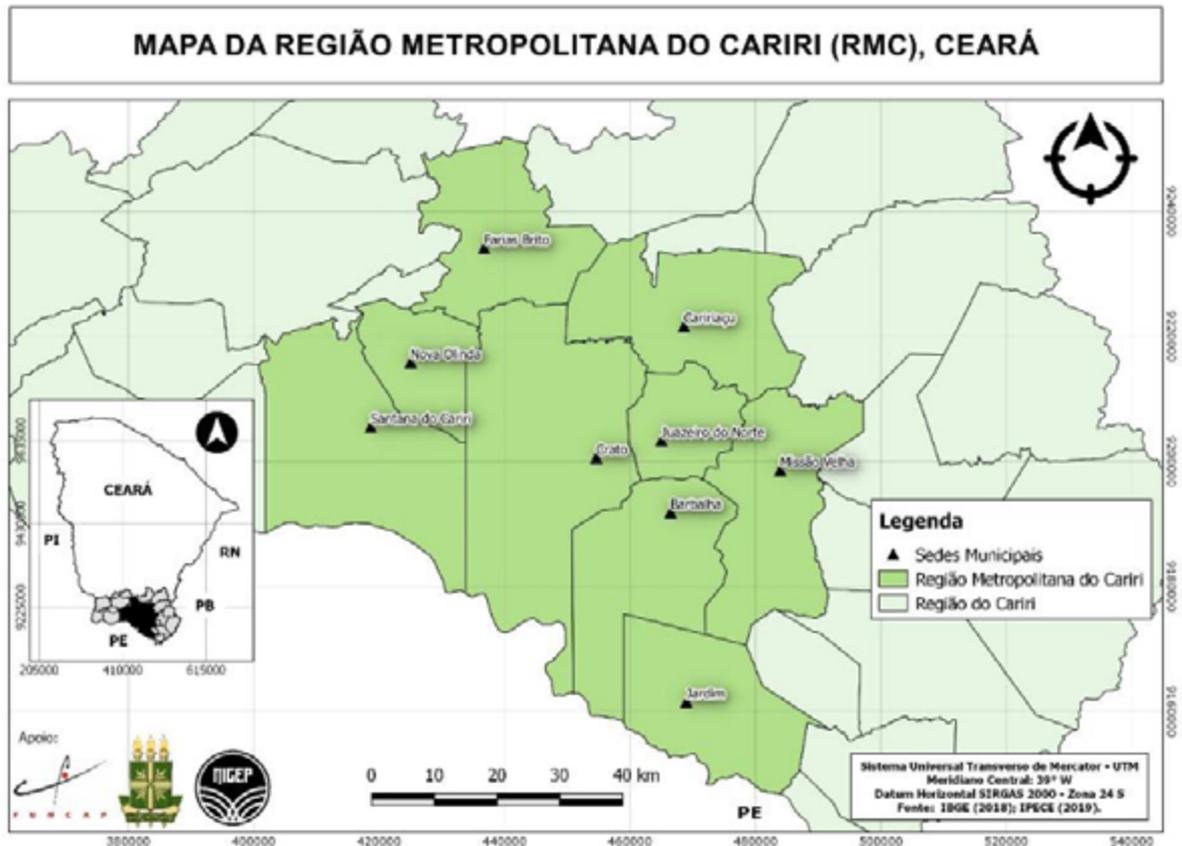
Nas atividades de campo foram feitos registros das atividades de mineração, e suas características geológicas, dos relevos associados e seus contatos, cotas topográficas, além da determinação das coordenadas UTM dos elementos abordados, registros fotográficos, altimétricos e de declividade, com a utilização dos seguintes equipamentos: aparelho GPS Garmin, altímetros barométricos, bússola, câmeras fotográficas, clinômetro medidor de altura, lupa de bolso, cartas e mapas temáticos, martelos geológicos e trenas.

As fontes específicas dos dados estão apresentadas nas figuras e quadros elaborados.



### 3. A Mineração na região sul do Ceará

A RMCariri localiza-se na região sul do estado do Ceará, sendo instituída oficialmente através da Lei Complementar nº 78, de 26 de junho de 2009 e composta, desde então, pelo agrupamento dos municípios do Barbalha, Caririaçu, Crato, Farias Brito, Jardim, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri (**Figura 1**), com o objetivo de integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum (CEARÁ, 2009, art. 1º).



**FIGURA 1:** Mapa de Localização da área de estudo. Elaboração: autores. Fonte: IBGE (2018); IPECE (2019).

A implementação de uma região metropolitana no sul do Ceará apresentou-se pela necessidade de ampliar e fortalecer o desenvolvimento socioeconômico e a urbanização do Cariri cearense, fomentando um processo de descentralização da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), minimizando as disparidades socioeconômicas entre esta e as demais regiões de planejamento do Estado, com a interiorização da indústria e, particularmente, tendo a estruturação da economia da RMCariri como um fator fundamental para a redução da desigualdade (BESERRA, 2009; AGUIAR-NETO; TEIXEIRA, 2012; MORAIS; MACEDO, 2014) intra e inter-regional.

Nesse contexto, estreitamente relacionada com a construção civil, a mineração se insere no processo de implementação da RMCariri, sobremaneira, nos quesitos relacionados ao crescimento urbano, o qual, por sua vez, alcança uma taxa de urbanização de 96% em Juazeiro do Norte, 83% no Crato e 69% em Barbalha, conforme dados de 2010 (CASTRO; HOLANDA, 2018).

No Crato se verifica a presença da mineração com a extração de argila

e calcário. Em Nova Olinda o extrativismo mineral é uma das principais atividades econômicas, assim como em Santana do Cariri com a extração de calcário (CASTRO; OLIVEIRA; PEREIRA, 2013). Aliás, o arranjo produtivo do calcário laminado concentra-se nos municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda, estritamente aos afloramentos rochosos da matéria-prima básica do segmento - o calcário laminado (ou a “laje”), bem como o gesso (CORDEIRO et al., 2017), explorado por um conjunto de pequenas pedreiras (OLIVEIRA, 2014).

Sob contextos sociopolíticos e focos de atividade diferentes, a mineração está presente na região do Cariri desde o século XVIII, numa breve “corrida” por ouro. Em 1735, mais especificamente, chegava ao Cariri o Capitão-Mor Domingos Álvares de Matos, a quem foi atribuída a descoberta das minas de ouro em Missão Velha, no lugar que ainda hoje é chamado de Morros Dourados (PINHEIRO, 2010b; SILVA, 2015).

A comunicação formal da existência de minas de ouro nos Cariris Novos, histórica denominação da região sul do Ceará, se deu em julho de 1752, sendo a descoberta datada de abril de 1756 (PINHEIRO, 2010b). A partir de então, entre 1756 e 1758, funcionou no Cariri a Companhia de Ouro das Minas de São José dos Cariris Novos, uma experiência econômica que não prosperou (SILVA, 2015) por conta de muitas disputas locais e pouco ouro, um saldo que culminou no fracasso da mineração de ouro no Cariri (PINHEIRO, 2010b).

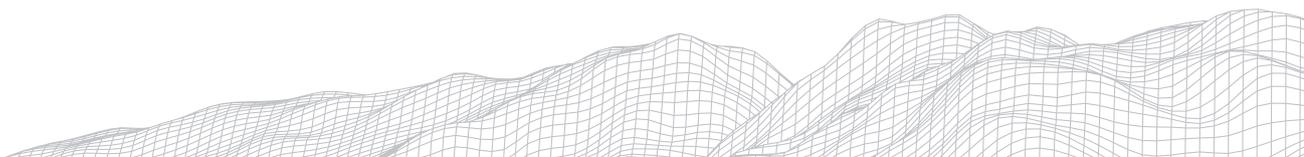
Todavia, nesse curto período, houve trabalho de mineração em Fortuna, Barreiros, Mangabeira, Morros Dourados e outros lugares do sul do Ceará. Em setembro de 1758, uma Ordem régia mandou cessarem os trabalhos de mineração no Cariri, dispersando as pessoas envolvidas, que passaram a se dedicar à agricultura, à criação de gados e ao plantio da cana-de-açúcar, tornando permanente a imigração (FIGUEIREDO FILHO, 2010; PINHEIRO, 2010a, 2010b).

Contudo, o fim da mineração do ouro não encerrou a história da mineração na região. Embasada na significativa diversidade litológica da região, o Cariri manteve e intensificou o aproveitamento de seus extensos depósitos de calcário, a fabricação de cal, sobremaneira em Farias Brito (antiga Quixará), e suas jazidas de carbonato de cálcio; além da gipsita (FIGUEIREDO FILHO, 2010), areia e argila.

O fato é que a formação territorial do Cariri e suas características físico-climáticas, com destaque para as nascentes presentes ao longo da encosta da chapada do Araripe, as terras drenadas por rios perenes, a floresta do Araripe e as riquezas minerais, representaram o principal condicionante para exploração econômica do vale do Cariri e a formação das primeiras concentrações populacionais regionais (QUEIROZ; CUNHA, 2014).

Essas características encontram-se fundamentadas, sobremaneira, no contexto geológico da região, que tem como principal estrutura a bacia sedimentar do Araripe. Nesse quadro, a geografia da mineração no sul do Ceará e na sua região metropolitana encontra-se estreitamente associada às litologias da bacia (e suas bordas), bem como, aos seus afloramentos, tendo em vista que a mineração na região se dá, sobretudo, a céu aberto, impactando a morfologia dos relevos.

Como se sabe, a origem dos depósitos minerais está intimamente ligada à origem das rochas e dos minerais (MENEZES, 2012). A **Figura 2** apresenta o mapa geológico da RMCariri, onde se percebe uma significativa diversidade de mais de duas dezenas de unidades litoestratigráficas, datadas desde períodos muito antigos, como o Arqueano (vide unidades na base da coluna, iniciadas pela letra “A”), passando por diversas litologias cristalinas (ígneas e metamórficas) datadas do Paleoproterozoico (PP) e do Neoproterozoico - NP (pré-cambrianas),

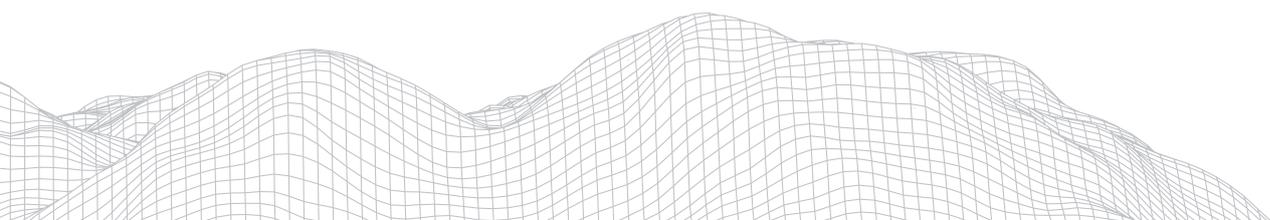


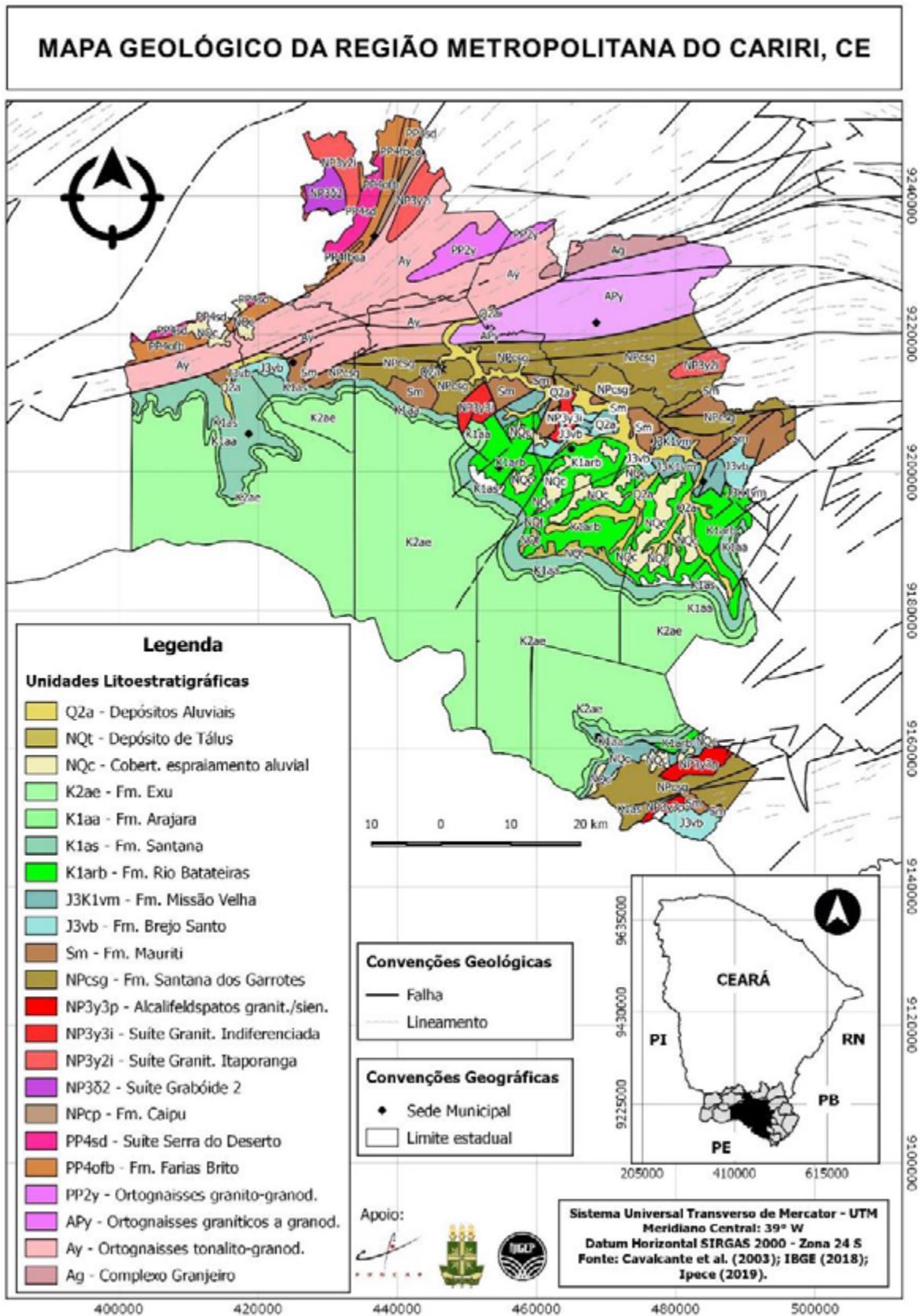
chegando no predomínio espacial das unidades paleozoicas e mesozoicas (juro-cretáceas); culminando nas litologias neogenas e quaternárias.

Do ponto de vista estrutural, conforme pode ser visto no mapa, a geologia aflorante apresenta uma presença paulatinamente maior de falhas e lineamentos nas porções setentrionais da área de estudo, onde se tem a transição da bacia sedimentar para o seu entorno de afloramento de litologias cristalinas, formado por rochas ígneas e metamórficas, mais antigas e mais claramente delimitadas pelas estruturas associadas.

Assim, geologicamente, a RMCariri tem um território compreendido por rochas granito-gnáissicas do embasamento cristalino, recobertas por rochas sedimentares da bacia sedimentar do Araripe, a maior bacia sedimentar interior do Brasil, sendo esta formada por uma sequência paleozoica e supersequências mesozoicas Pré-Rifte, Rifte e Pós-Rifte, com sua compartimentação associada aos processos de separação do Gondwana (ASSINE, 2007).

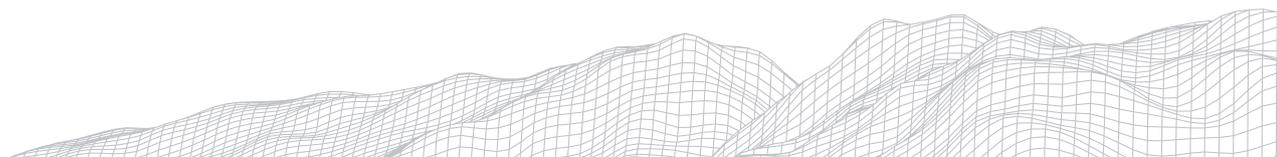
Nesse contexto de diversidade geológica, essa dinâmica região do estado do Ceará, parcialmente dotada de uma região metropolitana há pouco mais de 10 anos, apresentou condições para o desenvolvimento e estabelecimento de uma ampla miríade de processos minerários, os quais influenciaram fortemente a geografia da RMCariri; impactando seu relevo a partir de uma extração a céu aberto.





**FIGURA 2:** Mapa Geológico da área de estudo. Elaboração: autores. Fonte: Cavalcante et al. (2003); IBGE (2018); IPECE (2019).

980



#### 4. Especialização da mineração na RMCariri

Conforme a Agência Nacional de Mineração - ANM, o processo minerário é o polígono que define onde uma empresa ou pessoa terão prioridade e o direito exclusivo de comercializar substâncias minerais que possuam valor econômico, mapeadas dentro da poligonal que será registrada na ANM. Cada processo minerário passa por uma sequência de procedimentos administrativos de caráter obrigatório, regulamentados por leis e resoluções, necessários para que os órgãos encarregados possam gerir e fiscalizar as atividades de mineração (ANM, 2020).

A ANM, através de sua Coordenação de Geoprocessamento - CGEO/CGTIG, possui um Sistema de Informações Geográficas da Mineração (Sigmine), o qual disponibiliza por meio de seu web site as áreas dos processos minerários de todo o país (SIGMINE, 2020). Ao todo, conforme os dados do Sigmine (2020), há um total de 1.678 processos minerários nas regiões metropolitanas do Ceará (Fortaleza, Sobral e Cariri), mas, especificamente na RMCariri, tem-se um total de exatos, 300 processos minerários registrados, distribuídos nos seus 9 municípios, sendo:

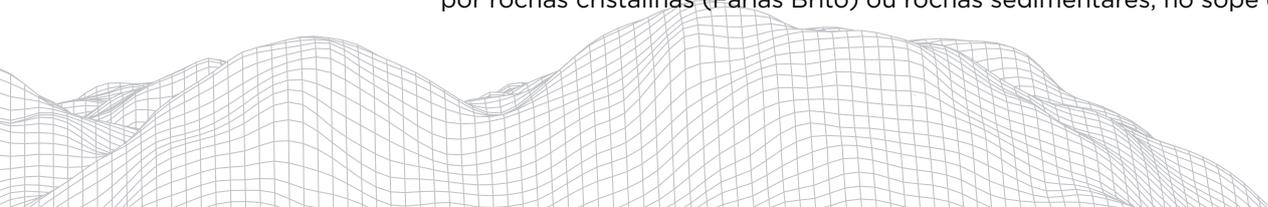
- 68 processos de requerimento de licenciamento;
- 78 em fase de licenciamento (inclui a fiscalização);
- 04 processos em fase de disponibilidade;
- 25 requerimentos de pesquisa;
- 88 processos com autorização de pesquisa;
- 01 processo com direito de requerer lavra;
- 15 processos de requerimento de lavra;
- 21 processos em fase de concessão de lavra.

Após as etapas de requerimentos e licenciamentos, as atividades se instalam e se desenvolvem, mormente e com as devidas especificidades, no formato da mineração a céu aberto, que, conforme Milanez (2017), é o tipo de atividade mais comum no Brasil. Entende-se por mina a céu aberto uma escavação na superfície que têm como objetivo extrair recursos minerais para fins econômicos. Esse processo inclui todo tipo de instalação que está relacionada à mineração (WALLE; JENNINGS, 2003).

Uma das substâncias extraídas dessa forma é o arenito, amplamente aflorante na região por meio das rochas das formações Exu, Arajara e Rio Batateiras (vide figura 2), sobretudo nos municípios que possuem parte de seus territórios nas encostas da chapada do Araripe, Barbalha, Crato e Missão Velha, mas com apenas 11 processos minerários registrados.

Os arenitos, geralmente compostos por quartzo, mas também podem apresentar em sua composição quantidades relevantes de mica e/ou feldspatos (DILLINGER et al., 2014), usados basicamente como brita e na construção civil (pavimentação), com destaque para as ruas de diversos bairros dos distritos dos municípios de Crato e Barbalha, calçadas com os arenitos oxidados, dando uma coloração avermelhada ao piso das cidades-sede.

Em um outro contexto paisagístico, das porções mais rebaixadas, formadas por rochas cristalinas (Farias Brito) ou rochas sedimentares, no sopé da chapada



do Araripe, seja na porção leste (em Jardim) seja, sobretudo na porção oeste da região (em Nova Olinda e Santana do Cariri) vale destacar as extrações de gipsita e calcário (incluindo o calcítico e o industrial).

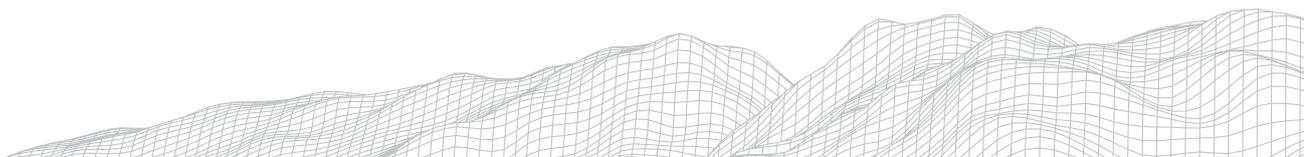
A gipsita é considerada como um dos principais componentes na aplicação industrial sendo transformada em gesso que, inclusive, é estudado e comercializado da RMC para todo o país (OLIVEIRA; BORGES; BARROS, 2012). Após a extração, o minério é submetido basicamente à três etapas primordiais: preparação para calcinação; calcinação e seleção, necessárias para que ocorra a transformação para o gesso natural (BARBOSA; FERRAZ, SANTOS, 2014).

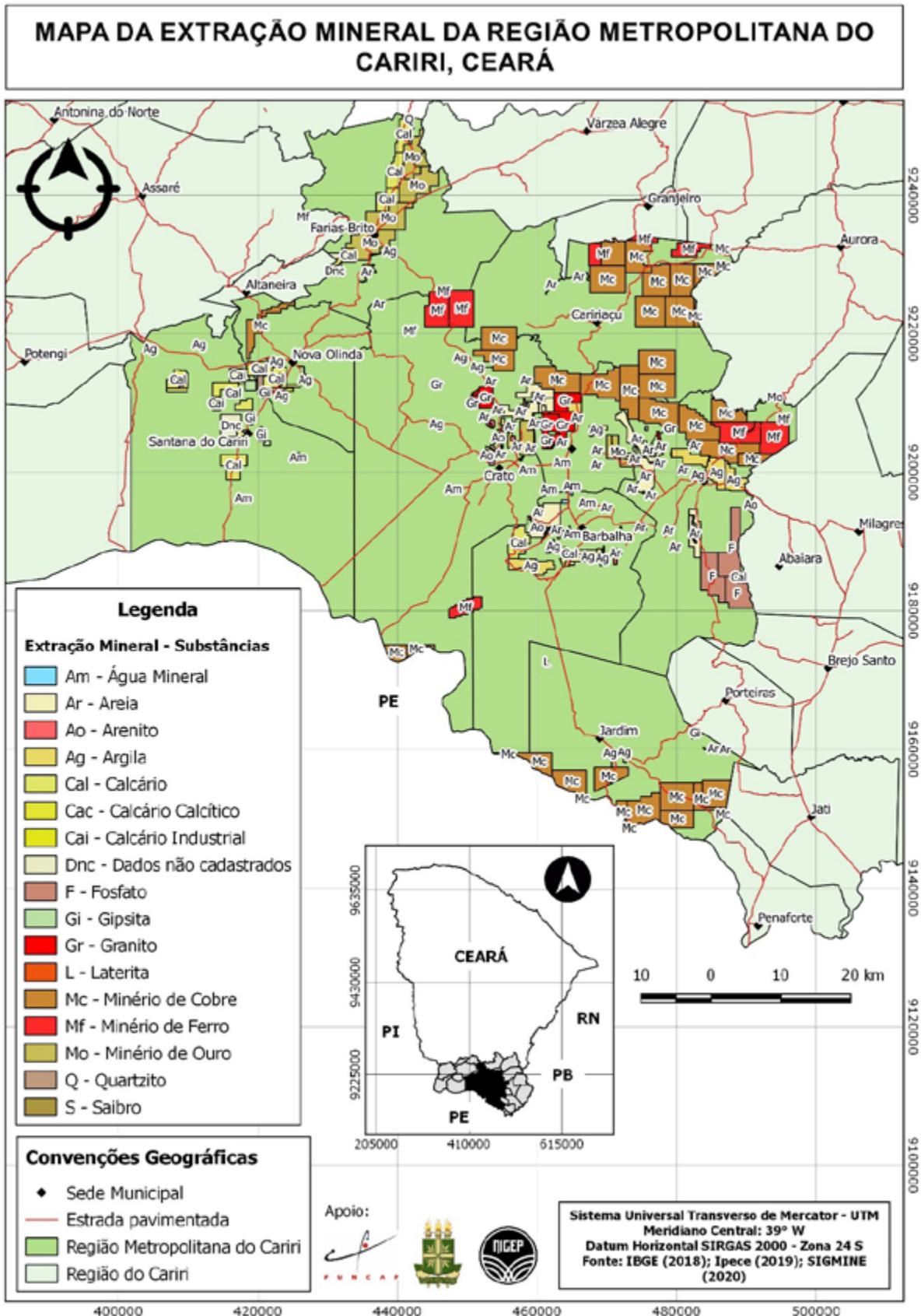
No setor cearense bacia sedimentar do Araripe são encontrados grandes depósitos de calcário, principalmente em Nova Olinda e Santana do Cariri, demandado pelos setores econômico e industrial para a fabricação de alicerces, mesas, giz, cal, cimento, construções civis, correção do solo, dentre outras utilidades (SILVA et al., 2008). No caso específico dos processos minerários registrados no Sigmine (2020) há ampla indicação de uso para a fabricação de cimento e cal.

Para se ter uma visão da geografia da Mineração na RMCariri, a **Figura 3** apresenta a localização dos processos minerários na área de estudo.

De maneira geral, para cada um dos municípios da RMC percebe-se um padrão ocupacional das poligonais dos processos minerários: na porção setentrional de Barbalha; nas porções nordeste e norte de Missão Velha e do Crato, sobretudo, nos limites com Juazeiro do Norte; que apresenta uma “contrapartida”, com processos nesse setor adjacente, bem como em outros segmentos do seu território; Caririaçu na sua porção nordeste; Jardim em seu segmento meridional; Missão Velha; Santana do Cariri e Nova Olinda, nas porções centrais e contíguas dos seus territórios; e Farias Brito numa contínua faixa SO-NE do seu território; características que estão associadas com a geologia regional, seja nos seus aspectos litológicos e/ou estruturais, algo a ser analisado com maior ênfase na continuidade da pesquisa.

Contudo, em que pese o fator fundamental dos aspectos geológicos para a mineração, ao se direcionar uma análise para os impactos ambientais e socioeconômicos da atividade na RMCariri, considerando sua realização a céu aberto, entende-se que os processos que se dão em superfície, ganham fundamental importância. Estabelecer uma conexão básica entre mineração e suas relações geomorfológicas, como etapa inicial para outras análises, está no escopo deste trabalho, sendo o cerne do próximo item.





**FIGURA 3:** Mapa da extração mineral da área de estudo. Elaboração: autores. Fonte: IBGE (2018); IPECE (2019); SIGMINE (2020).

## 5. Associação geomorfológica básica

A mineração está historicamente estabelecida, guardadas as características, formas e contextos naturais, em todos os municípios da RMCariri, se apresentando de forma economicamente importante, mas, por outro lado, de forma ambientalmente degradadora, sendo peremptória a necessidade de se conhecer a abrangência e os impactos das principais formas de extração mineral sobre a geomorfologia da região.

Para perfazer o itinerário básico de se conhecer melhor a atividade da mineração na região, sob o ponto de vista geomorfológico, dando enfoque aos aspectos superficiais relacionados às diversas substâncias extraídas, dividiu-se as atividades em dois segmentos geomorfológicos: no primeiro, as atividades que se dão relacionadas aos diversos cursos d'água das região, tais como a extração de areia e argila - planícies fluviais; e o segundo, em ambientes inter-fluviais, com destaque para a extração do arenito, granito e do calcário laminado, dentre outras.

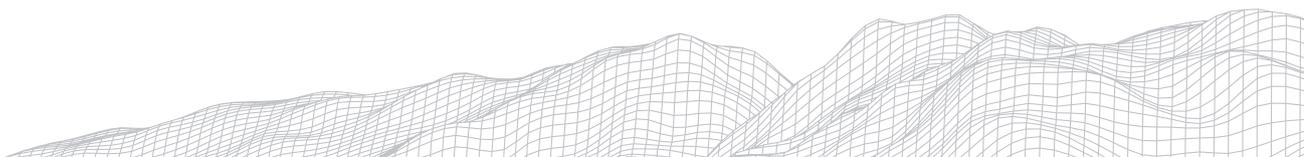
Ambientes fluviais são aqueles associados diretamente aos cursos d'água, onde se tem deposição sedimentar e erosão fluvial - ou linear (mecânica e química), base pra sua dinâmica natural, sendo de grande importância para estudos geomorfológicos; ao passo que os interflúvios separam os vales dos rios, dotados de outro conjunto de dinâmicas geomorfológicas, areolares (GUERRA; GUERRA, 1997; SUGUIO, 1998).

Dada sua capacidade de erosão, transporte e deposição, os rios são os principais agentes de transformação da paisagem, agindo continuamente na modelagem do relevo (RICCOMINI; GIANNINI; MANCINI, 2003; NOVO, 2008). Os rios podem erodir seus canais verticalmente, aprofundando o talvegue, ou lateralmente, alargando o canal (NOVO, 2008).

Nos ambientes inter-fluviais, por sua vez, o protagonismo intempérico-erosivo e, portanto, na dinâmica de modelagem da paisagem, vai se dar através do escoamento superficial (difuso, concentrado ou em lençol) e os movimentos de massa - deslizamento rotacional, deslizamento translacional, deslizamento em blocos, queda de blocos, tombamentos, fluxo de detritos, avalanche de detritos (movimentos Complexos), fluxo de terra, rastejamentos ou espalhamentos laterais (KARMANN, 2003; DIKAU, 2004; MELO et al. 2005; GUIMARÃES et al. 2008; MOURA-FÉ, 2015).

A compartimentação básica entre planícies fluviais e ambiente inter-fluviais será utilizada aqui para classificar geomorfológicamente as atividades de mineração na RMCariri, de forma associada com sua litologia, ao passo que os depósitos minerais podem ser classificados como de origem magmática, sedimentar ou metamórfica (MENEZES, 2012). A partir da sustância cerne da mineração segue uma proposta básica de classificação (**Quadro 1**).

A extração mineral dessas substância causam impactos que, de forma geral, influenciam e alteram as características do relevo em relação à sua morfologia, causando mudanças topográficas, através da rupturas em encostas, além da criação de cavidades superficiais em diversos setores da RMCariri; bem como, ainda, causam impactos sobre a morfodinâmica dos relevos, causando a mudança na dinâmica fluvial e gravitacional das encostas.



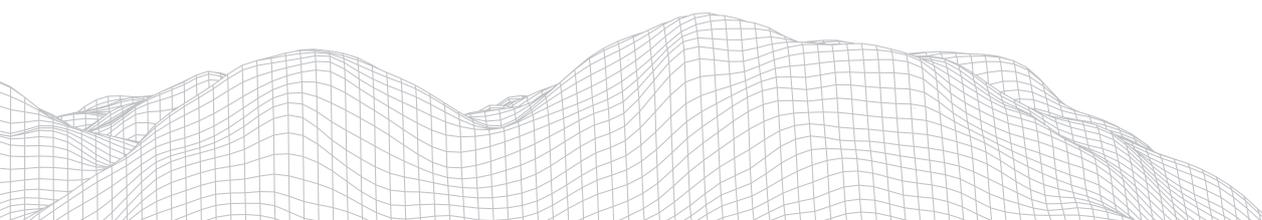
**QUADRO 1**  
 Classificação geológico-geomorfológica da Mineração

01	Água Mineral	Associado às litologias sedimentares	Planície fluvial
02	Areia	Sedimentar	Planície fluvial
03	Arenito	Sedimentar	Inter-fluvial
04	Argila	Sedimentar	Planície fluvial
05	Calcário	Sedimentar	Inter-fluvial
06	Calcário calcítico	Sedimentar	Inter-fluvial
07	Calcário industrial	Sedimentar	Inter-fluvial
08	Fosfato	Metamórfica	Inter-fluvial
09	Gipsita	Sedimentar	Inter-fluvial
10	Granito	Ígnea	Inter-fluvial
11	Laterita	Sedimentar	Inter-fluvial
12	Minério de cobre	Metamórfica	Planície fluvial / Inter-fluvial
13	Minério de ferro	Metamórfica	Inter-fluvial
14	Minério de ouro	Metamórfica	Planície fluvial / Inter-fluvial
15	Quartzito	Metamórfica	Inter-fluvial
16	Saibro	Sedimentar	Inter-fluvial

Elaborado pelos autores. Fonte: Sigmene (2020). \*Majoritariamente

Os impactos ambientais provocados pela mineração se dão já durante as etapas de planejamento e instalação (SILVA; ANDRADE, 2018), atingindo a fauna, flora, hidrografia local e até mesmo em âmbito regional. A retirada da cobertura vegetal é feita para que seja desenvolvida a mina a céu aberto, porém, os rejeitos que são acumulados também podem causar grandes problemas na paisagem (FALEIRO; LOPES, 2010), como se observa em diversos setores dos municípios de Juazeiro do Norte e Nova Olinda.

Em Nova Olinda, mais especificamente, as frentes de lavra vem retirando completamente a mata seca, nativa em diversas porções do território municipal. A perda de pequenos cursos d'água é outro processo que podem ocorrer com as alterações nos relevos e que dificilmente poderá ser reparado, além dos rejeitos espalhados nas áreas de entorno, em parte, chegando às laterais das rodovias estaduais que interligam a RMCariri com o estado do Piauí (MOURA-FÉ, PINHEIRO, DIAS, 2019).



A **Figura 4** apresenta as substâncias mineradas espacializadas no contexto da RMCariri, onde pode-se verificar a área dos processos minerários sobrepondo leitos de rios e seus entornos imediatos (planícies fluviais, com a extração de areia e argila, sobretudo) e/ou segmentos inter-fluviais, contextos básicos da interação entre as atividades e as dinâmicas naturais associadas, locus principais dos impactos.

Vale acrescentar que, além dos impactos gerais, os quais podem causar a degradação de paisagens, descaracterizando os relevos em diversas escalas, as atividades da mineração também impactam em áreas de depósitos fossilíferos onde, por vezes, não se tem a observância e triagem de achados (MOURA-FÉ et al., 2020).

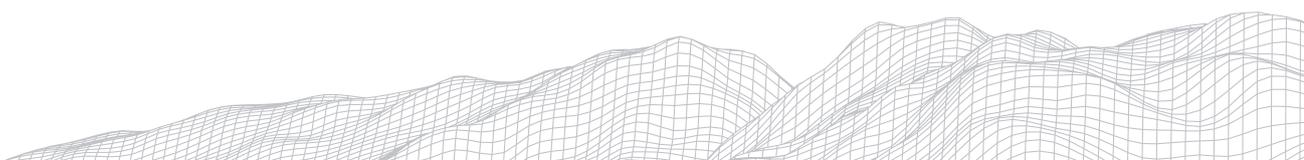
Por fim, a **Figura 5** apresenta imagens de locais utilizados para a mineração na RMCariri, mais precisamente em Farias Brito e Nova Olinda, onde a atividade apresenta uma notável importância histórica e atual. Vale ponderar que a indicação do ambiente geomorfológico deve ser relativizada ao passo que os processos minerários, mormente, abarcam áreas consideráveis que, por vezes, englobam ambientes de planícies fluviais e inter-fluviais, adotando-se aqui, como apoio, a ênfase indicada pelas características da própria extração da substância.

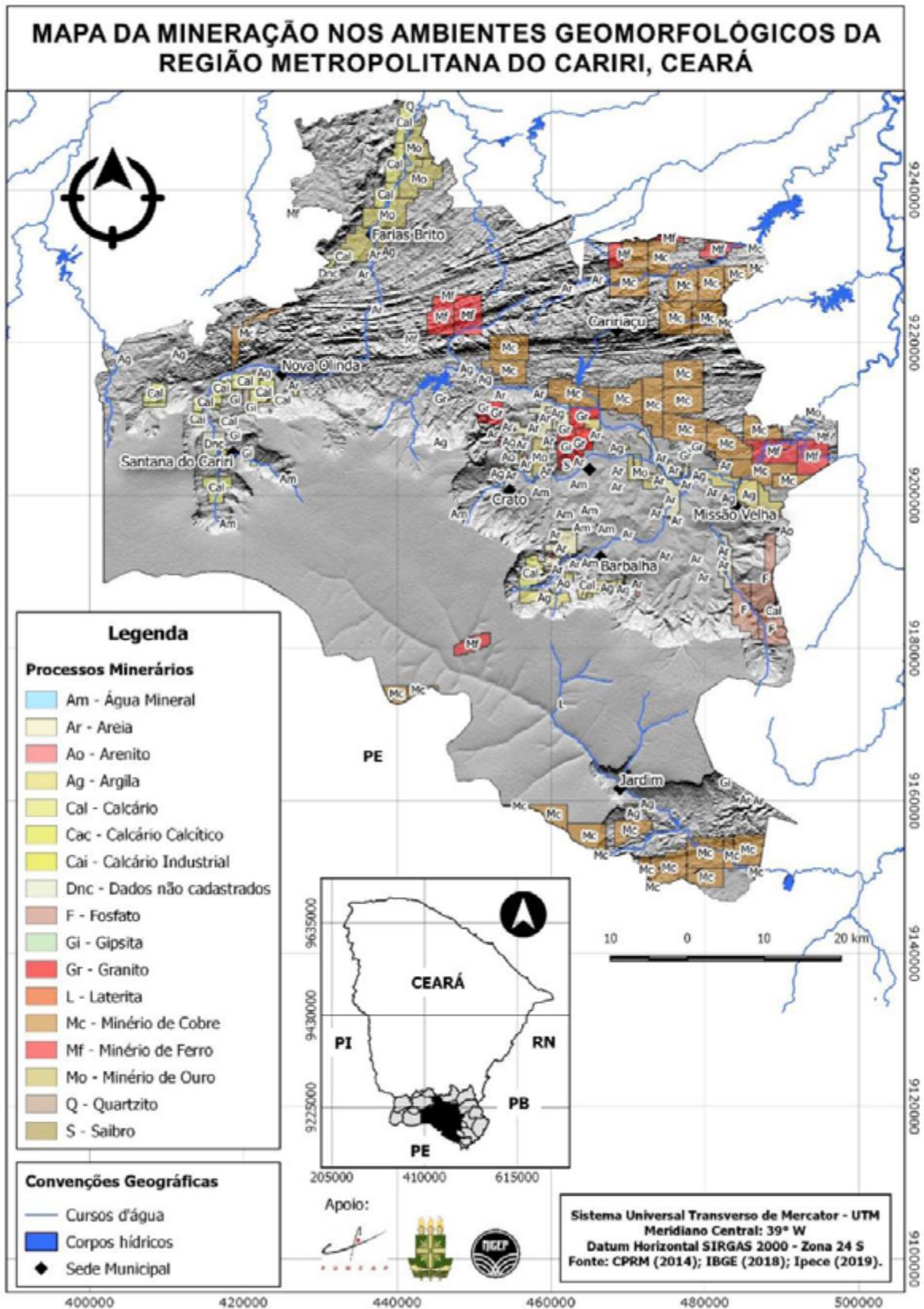
## 6. Considerações Finais

A mineração na RMCariri está presente na paisagem dos 9 (nove) municípios que a compõe séculos antes mesmo de sua criação, sendo desenvolvida de forma atrelada à significativa diversidade geológica que aflora no Cariri cearense, provavelmente, influenciada ou mesmo, condicionada, por fatores sociais, econômicos e históricos.

O estágio atual básico da atividade na RMCariri apresenta um total de 17 substâncias sendo mineradas, considerando os dados que estão devidamente registrados no Sigmine, em 300 (trezentos) processos cujas poligonais parecem apresentar padrões de adensamento que, aparentemente, estão intrinsecamente relacionados à litologia regional.

Os dados coletados, tratados e espacializados nos mapas elaborados abrem questionamentos outros que devem ser abordados na continuidade da pesquisa, debruçando-se de forma mais detalhada na geologia de cada município, relacionada também à mineração de cada municipalidade. Passo importante também para se analisar melhor a geomorfologia dos municípios, condições que, por sua vez, darão subsídios para realizar uma análise ambiental atualizada das atividades de mineração na RMCariri.





**FIGURA 4:** Mapa da mineração e seus ambientes geomorfológicos. Elaboração: autores. Fonte: CPRM (2014); IBGE (2018); IPECE (2019).

## MINERAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DO CARIRI, CEARÁ



A – Forno do contínuo (Farias Brito), usado para o beneficiamento do calcário



B – Forno antigo para queima do cal (Farias Brito).



C – Extração do calcário laminado (Nova Olinda)



D – Detalhe das placas para revestimento em mineração de extração do calcário laminado (Nova Olinda)

Fotos:

A: Mônica Pinheiro (Out, 2019);

B: Marcelo Martins (Out, 2019);

C: Marcelo Martins (Nov, 2019);

D: Marcelo Martins (Nov, 2019).



NUCLEO DE ESTUDOS  
INTEGRADOS EM GEOMORFOLOGIA  
GEODIVERSIDADE E PATRIMÔNIO

FIGURA 5: Registros de atividades de mineração na RMCariri. Elaboração: autores.

## Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Programa de Pós-graduação em Geografia (ProPGeo) da Universidade Estadual do Ceará (UECE), onde está sendo realizado o estágio pós-doutoral e a pesquisa sobre os impactos da mineração da RMCariri; pesquisa apoiada também pelo Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica (BPI 03/2018), da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP, através de auxílio financeiro (projeto nº BP3-0139-00130.01.00/18), a quem também queremos agradecer.

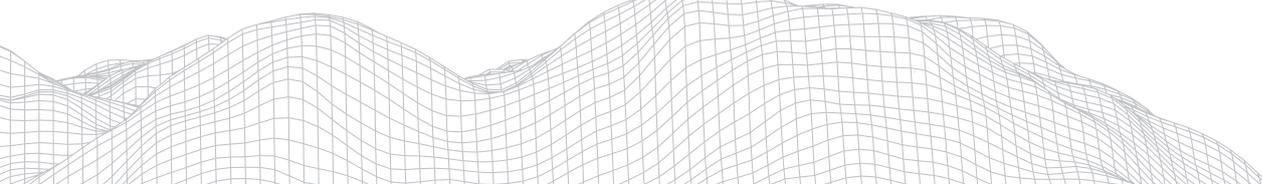
Marcos Nascimento agradece ao CNPq pela concessão da Bolsa de Produtividade em Pesquisa 2.

Os autores agradecem ainda aos demais pesquisadores, bolsistas e demais membros do Núcleo de Estudos Integrados em Geomorfologia, Geodiversidade e Patrimônio - NIGEP (URCA/CNPq).

Dedicado à memória e legado do professor Kenitiro Suguio.

## Referências

- AGUIAR NETO, R. P.; TEIXEIRA, M. S. Desenvolvimento Regional: um estudo na Região Metropolitana do Cariri. **Cotidiano**, v. 06, n. 18, p. 13-32. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/online.v6i18.202>
- ANM. Agência Nacional de Mineração. **Portal da outorga**. Disponível em: <http://outorga.dnppm.gov.br/SitePages/inicial.aspx> Acesso em: 29 mai. 2020.
- ARAUJO, E. R.; OLIVIERI, R. D.; FERNANDES, F. R. C. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. In: FERNANDES, F. R. C.; ALAMINO, R. C. J.; ARAUJO, E. R. **Recursos minerais e comunidade: impactos humanos, socioambientais e econômicos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014, p. 1-17.
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 371-389. 2007.
- BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, G. A. **Caracterização química, mecânica e morfologia do gesso<sup>2</sup> obtido do pólo do Araripe**. Instituto de Pesquisa em Ciência dos Materiais - IPCM. *Cerâmica* 60, p. 501-508, 2014.
- BESERRA, F. R. S. Reestruturação do Capital e Indústria Calçadista na Região do Cariri - Ceará. **RA'E GA**, n. 18, p. 89-101, 2009.
- CARVALHO, P. S. L.; MESQUITA, P. P. D.; REGIS, R. D. D.; MEIRELLIS, T. L. **Sustentabilidade socioambiental da mineração**. BNDES Setorial, 2018, p. 333-390.
- CASTRO, F. F. B.; HOLANDA, V. C. C. Espaço metropolitano cearense: breves considerações. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 20, n. 2, p. 106-124, 2018.
- CASTRO, M. S.; OLIVEIRA, A. A.; PEREIRA, W. E. N. Panorama e dinâmica recente da economia da Região Metropolitana do Cariri - RMC. **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, v. 02, n. 01, p. 47-58, 2013.
- CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; MEDEIROS, M. F.; PAIVA, I. G. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Escala 1:500.000. Fortaleza: CPRM, 2003.
- CEARÁ. Casa Civil. **Lei Complementar nº 78, de 26 de junho de 2009**. Dispõe sobre a criação da Região Metropolitana do Cariri, cria o Conselho de desenvolvimento e Integração e o fundo de Desenvolvimento e integração da Região Metropolitana do Cariri - FDMC, altera a composição de Microrregiões do Estado do Ceará e dá outras providências. Fortaleza: DOE publicado em 03 de julho de 2009. Série 3, Ano I, n. 121. Caderno 1/2.
- CORDEIRO, R. M.; MORAIS, F. T. S.; JUSTINO, T. S.; BATISTA, Y. D. C. Arranjos produtivos locais da região metropolitana do Cariri. In: PINHEIRO, V. F. et al. (Org). **Para pensar o Desenvolvimento do Cariri** (Coleção RMCariri, v. 1). São Paulo: Blucher, 2017, p. 139-163.



COSTA, L. V. **Análise das opções de vias de produção e acesso em minas subterrâneas.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto - MG. 2015, 116p.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa da Geodiversidade do Estado do Ceará.** Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14692> Acesso em 18 mai. 2020. Fortaleza: CPRM, 2014.

DIKAU, R. Mass Movement. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology.** International Association of Geomorphologists, p. 644-652. London & New York: Routledge, 2004.

DILLINGER, A.; RICARD, L. P.; HOLMES-HUDDLESTONE, C.; ESTEBAN, L. Impact of diagenesis on reservoir quality in a sedimentary geothermal play: a case study in the Cooper Basin, South Australia. **Basin Research**, p. 1-21, 2014.

FALEIRO, F. F.; LOPES, L. M. Aspectos da mineração e impactos da exploração de quartzo em Pirenópolis-Go. Ateliê Geográfico, **Revista Eletrônica**, Goiânia, v. 4, n. 3, p. 148-162, ago/2010.

FIGUEIREDO FILHO, J. **História do Cariri.** Vol. III (capítulo 10-14). Série Memória (Coedição Secult/Edições Urca). Fac-símile da edição de 1966, publicada pela Faculdade de Filosofia do Crato (Crato-CE). Fortaleza: Edições UFC, 2010. 166 p.

GUERRA, A. T. e GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. e FERNANDES, N. F. Movimentos de Massa. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística / Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Glossário Geológico.** Rio de Janeiro: IBGE, 1999, 216 p.

\_\_\_\_\_. **Malha Municipal.** Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Ceará em mapas.** Fortaleza: IPECE, 2019.

KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W. *et al.* (Org.). **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

LICCARDO, A.; CHODUR, N. L. **Os Minerais.** Elementos da geodiversidade. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2014.

MELO, M. S.; CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J-P.; SAADI, A. e MELLO, C. L. Processos e produtos morfogênicos continentais. In: SOUZA, C. R. G. *et al.* (ed). **Quaternário do Brasil.** Ribeirão Preto: Holos, 2005.

MENEZES, S. O. **Minerais comuns e de importância econômica:** um manual fácil. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

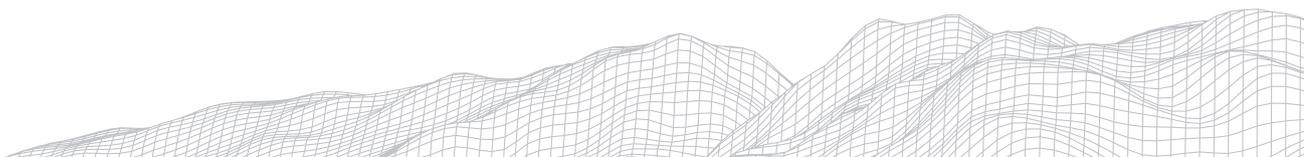
MESQUITA, P. P. D.; CARVALHO, P. S. L.; OGANDO, L. D. **Desenvolvimento e inovação em mineração e metais.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 43, p. 325-361, mar. 2016.

MILANEZ, B. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. **Boletim regional, urbano e ambiental**, p. 93-101, jan-jun. 2017.

MORAIS, J. M. L.; MACEDO, F. C. Regiões metropolitanas do Ceará: dispersão produtiva e concentração de serviços. **DRD - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 4, n. 2, p. 178-203, jul./dez. 2014.

MOURA-FÉ, M. M. **Evolução Geomorfológica da Ibiapaba setentrional, Ceará:** gênese, modelagem e conservação. Tese (Doutorado em Geografia). Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2015. 308 f. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/16898> Acesso em 10 jun. 2020.

MOURA-FÉ, M. M.; PINHEIRO, M. V. A.; DIAS, V. P. Mineração e patrimônio fossilífero: desenvolvimento sustentável? O caso de Nova Olinda (RMC), Ceará. In: PINHEIRO, L. S.; GORAYEB, A. (orgs). **Geografia Física e as Mudanças Globais.** Fortaleza: Editora UFC, 2019. ISBN: 978-85-7282-778-2. Disponível em: <http://www.editora.ufc.br/catalogo/28-geografia/982-geografia-fisica-e-as-mudancas-globais> Acesso em: 28 nov. 2019.



MOURA-FÉ, M. M.; PINHEIRO, M. V. A.; SILVA, J. V. M.; NASCIMENTO, R. L. Geodiversidade, Patrimônio e Sustentabilidade na Região Metropolitana do Cariri (RMC), Ceará. In: CLAUDINO-SALES, V. (org.). **Geodiversidade do Semiárido**. Sobral, CE: Sertão Cult, 2020, p. 155-177. ISBN 978-65-87429-36-6. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/348880560\\_Geodiversidade\\_Patrimonio\\_e\\_Sustentabilidade\\_na\\_Regiao\\_Metropolitana\\_do\\_Cariri\\_RMC\\_Ceara](https://www.researchgate.net/publication/348880560_Geodiversidade_Patrimonio_e_Sustentabilidade_na_Regiao_Metropolitana_do_Cariri_RMC_Ceara) Acesso em: 29 jan. 2021.

MOURA-FÉ, M. M.; SILVA, M. J. A.; DIAS, V. P.; MONTEIRO, D. A.; SILVA, J. H. M.; RODRIGUES, R. M. Região Metropolitana do Cariri (RMC), Ceará: meio ambiente e sustentabilidade. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 21, n. 2, Dossiê: Estudos da Geografia Física do Nordeste brasileiro, p. 1198-1216, Set. 2019. Disponível em: <http://www.uvanet.br/rcgs/index.php/RCGS/article/view/469/465> Acesso em: 05 mai. 2020.

NOVO, E. M. L. M. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

OLIVEIRA, A. A. **O Cariri cearense: da ocupação do território à institucionalização da Região Metropolitana do Cariri**. Dissertação (Mestrado em Economia). Programa de Pós-Graduação em Economia / Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014. 136 f.

OLIVEIRA, F. M.; BORGES, L. E.; BARROS, M. L. S. Características mineralógicas e cristalográficas da gipsita do Araripe. **Revista Holos**, ano 28, v. 5. 2012, 71-82p. ISSN 1807-1600.

PINHEIRO, I. **O Cariri**. Seu descobrimento, povoamento, costumes. Série Memória (Coedição Secult/Edições Urca). Fac-símile da edição de 1950, publicada pela Imprensa Universitária do Ceará (Fortaleza-Ceará). Fortaleza: Edições UFC, 2010a. 294 p.

PINHEIRO, I. **Efemérides do Cariri**. Série Memória (Coedição Secult/Edições Urca). Fac-símile da edição de 1963, publicada pela Imprensa Universitária do Ceará (Fortaleza-Ceará). Fortaleza: Edições UFC, 2010b. 570 p.

QUEIROZ, I. S.; CUNHA, M. S. Condicionantes sócioambientais e culturais da formação do Crajubar, aglomerado urbano-regional do Cariri cearense. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 31, n. 03, p. 149-169, 2014.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F. e MANCINI, F. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W. *et al.* (Org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

SANTOS, R. C. P.; SOUSA, W. T.; LIMA, H. M. **Estudo da pedra-sabão na região de Ouro Preto-MG**. XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, p. 741-748, 2009.

SIGMINE. Sistema de Informações Geográficas da Mineração (Coordenação de Geoprocessamento - CGEO/CGTIG). Áreas dos processos minerários. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine> Acesso em: 28 mai. 2020.

SILVA, A. D. A.; FILHO, J. L. R.; SOUZA, J. C.; BARROS, M. L. S. C.; LIRA, B. B. Aproveitamento de rejeito de calcário do cariri cearense na formulação de argamassa. **Estudos Geológicos**, v. 18, n. 1, p. 89-93, 2008.

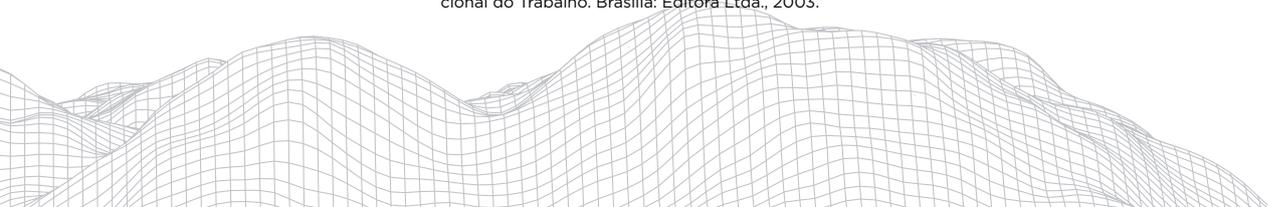
SILVA, J. F. A Formação histórico-econômico-territorial do Cariri no contexto ocupacional do semiárido. In: SEEMANN, J. *et al.* (Org.). **Geografias do Cariri Cearense**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2015.

SILVA, M. L.; ANDRADE, M. C. K. Os impactos ambientais da atividade mineradora. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.11, n. 6, p. 68-82, 2017.

SOUZA, K. V.; VILLA VERDE, R. B. R.; ALAMINO, R. C. J.; FERNANDES, F. R. C. Mineração na Região Nordeste do Brasil: quadro atual e perspectivas. In: FERNANDES, F. R. C.; ALAMINO, R. C. J.; ARAUJO, E. R. **Recursos minerais e comunidade: impactos humanos, socioambientais e econômicos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014, p. 117-123.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar (e áreas afins)**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

WALLE, M.; JENNINGS, N. **Segurança e saúde em minas de superfície de pequeno porte**. 1. ed. OIT; Secretaria Internacional do Trabalho. Brasília: Editora Ltda., 2003.



# IMPLICAÇÕES DAS ATIVIDADES DE EXTRAÇÃO DE AREIA NA MORFOLOGIA DO MÉDIO- BAIXO RIBEIRÃO DOS MACACOS, CACHOEIRA DA PRATA - MG

992

*João Victor Pereira Sabino*

*Departamento de Geografia*

*Universidade Federal de Minas Gerais*

*Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG,  
31270-901*

*E-mail: joaovictorpsabino@gmail.com*

*Gabriel Andrade Camilo*

*Departamento de Geografia*

*Universidade Federal de Minas Gerais*

*Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG,  
31270-901*

*E-mail: gabrielcamiloufmg@gmail.com*

*Matheus de Oliveira Reis*

*Departamento de Geografia*

*Universidade Federal de Minas Gerais*

*Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG,  
31270-901*

*E-mail: matheusor29@gmail.com*

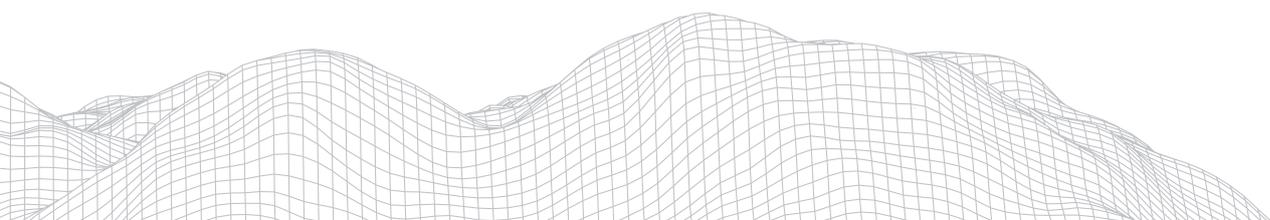
*Paulo Henrique Batista*

*Departamento de Geografia  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG,  
31270-901  
E-mail: paulo.henrique.batista.96@gmail.com  
Antônio Pereira Magalhães Junior  
E-mail: antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com  
Departamento de Geografia  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG,  
31270-901*

### **Resumo**

A areia é um recurso mineral responsável por abastecer o setor da construção civil. Contudo, a sua extração implica em graves alterações nos cursos d'água envolvidos. O fundo do Médio e do Baixo vale do Ribeirão do Macacos, em Cachoeira da Prata/MG e situados na bacia do rio Paraopeba, foram alterados pelas atividades de extração de areia nas últimas décadas. Assim, este trabalho tem como objetivo relatar os impactos da extração de areia na morfologia do Ribeirão do Macacos. Foram utilizadas imagens de satélite comparando o canal nos anos de 2001 e 2019 e o cálculo da sinuosidade para a análise das possíveis alterações morfológicas no curso d'água neste período. Em campo, foi observada a configuração morfológica do canal e o seu estado ambiental associado às atividades de extração de areia. Os resultados mostram a redução da sinuosidade a montante da barragem presente em Cachoeira da Prata e o aumento a jusante e também uma significativa redução na exploração de areia.

**Palavras-chave:** impactos ambientais; hidrogeomorfologia; morfologia fluvial.



## Abstract

Sand is a natural resource very used in the construction industry sector. However, its extraction involves huge environmental changes, affecting directly the watercourses. The bottom valley of the Middle and Lower Ribeirão do Macacos, covering the municipality of Cachoeira da Prata (Minas Gerais State) and located in the Paraopeba River basin (a tributary of the São Francisco River), have been strongly altered by sand extraction activities in the last decades. In this context, this work aims to report the impacts of sand extraction processes on the morphology of the Ribeirão do Macacos. For this purpose, satellite images were used comparing the channel in the years 2001 and 2019 and the sinuosity calculation for the analysis of possible morphological changes in the watercourse in the 18-year period. In the field, the morphological configuration of the channel and its environmental status associated with sand extraction activities were observed. The results show a reduction in sinuosity upstream of the dam in Cachoeira da Prata and an increase downstream, as a drastic reduction in sand exploitation with growth of local vegetation.

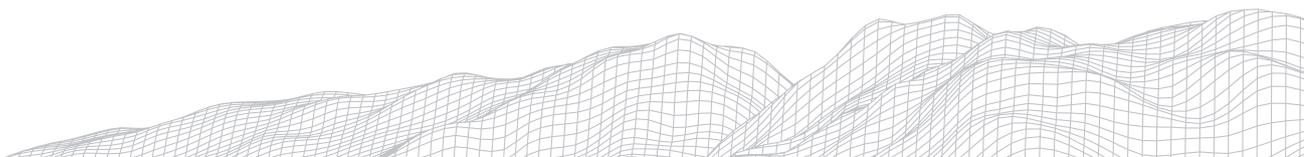
**Keywords:** environmental impacts, hydrogeomorphology; fluvial morphology.

## 1. Introdução

A mineração consiste em um dos principais pilares da economia no Brasil. A retirada de bens minerais possui “uma importância significativa para a sociedade, pois nenhuma civilização pode se desenvolver sem o uso dos bens minerais, principalmente quando se pensa em qualidade de vida” (TOBIAS et al., 2010). A dinâmica dessas atividades constitui a matéria-prima base utilizada pela sociedade em setores essenciais como a construção civil. Ademais, é importante ressaltar que a exploração e o uso de bens minerais se consolidaram como parte essencial da esfera econômica em Minas Gerais ao longo de sua história. Entretanto, é inegável que esta atividade produz impactos ambientais e socioeconômicos nas mais variadas escalas, sendo que a exploração não abrange seus passivos exploratórios somente no local de extração, ou seja, pontualmente, mas sim em toda a área de influência dos empreendimentos (MILANEZ, 2017).

Os referidos impactos podem ser verificados comumente na dinâmica de cursos d'água onde a exploração se faz presente, evidenciada na alteração de variáveis hidrogeomorfológicas dos canais e/ou na alteração de componentes do quadro físico, tais como as matas ciliares. Essa situação tem se sucedido no Baixo e Médio curso do Ribeirão dos Macacos, mais especificamente nos municípios de Fortuna de Minas/MG e Cachoeira da Prata/MG. Nesta área, a extração de areia apresenta reflexos na paisagem e conduz a uma importante discussão entre a viabilidade da execução dessas atividades com a necessidade de avaliar a relação entre a economia e o ambiente natural, no que tange à melhoria e manutenção da qualidade dos recursos hídricos. Para além dessa atividade, o Ribeirão possui em seu Médio curso a presença de uma barragem de contenção hídrica, em Cachoeira da Prata, que atua como nível de base local e controla a dinâmica hidrogeomorfológica à montante do curso hídrico (COELHO, 2008).

A partir do contexto acima, o objetivo deste trabalho é analisar os impactos da extração de areia na morfologia do Médio-Baixo Ribeirão dos Macacos, bem como possíveis alterações na configuração do fundo de vale em termos da planície de inundação. Foi realizado o mapeamento dos focos de extração visando identificar a temporalidade dos impactos causados, e a correlação entre o índice de sinuosidade e as atividades extrativas a fim de se verificar possíveis tendências de alterações.



## 2. Procedimentos Metodológicos

A espacialização dos elementos estudados foi realizada por meio de consulta e captura de imagens de satélite obtidas no software *Google Earth Pro* versão 7.3, enquadrando os trechos selecionados em quatro segmentos do fundo de vale situados a partir da cidade de Fortuna de Minas até a foz do Ribeirão dos Macacos no município de Cachoeira da Prata. Foram elencados dois pontos tanto à jusante e quanto à montante da barragem de contenção, para a análise das consequentes modificações submetidas ao curso d'água ao longo do tempo.

Também foi utilizada a análise macroscópica de imagens de satélites obtidas para a investigação da exploração de areia nos anos de 2001 e 2019, de modo a obter um panorama da dinâmica espaço-temporal da atividade extrativa. Nesse sentido, foram utilizadas as referidas imagens mais antigas disponíveis no histórico do *software*, referentes ao ano de 2001, que registraram com considerável qualidade visual os impactos da extração de areia, enquanto as imagens de 2019 se remetem ao quadro paisagístico mais recente da área investigada. A partir da análise dos focos de concentração da extração pôde-se selecionar quatro segmentos fluviais que ilustram as mudanças ocorridas no canal e nas planícies de inundação adjacentes.

As imagens também foram utilizadas para determinar a variação espacial das alterações na paisagem causadas pela extração de areia, no período 2001-2019, por meio de uma comparação temporal dos impactos da referida atividade. A partir das imagens importadas ao *ArcGIS 10.5* foi possível a vetorização das feições presentes nesta paisagem e o cálculo do índice de sinuosidade dos segmentos estudados, comparando os anos de 2001 e 2019. O índice de sinuosidade é calculado, conforme Christofolletti (1980), por meio do quociente do comprimento total do canal principal pela distância vetorial dos pontos extremos do curso principal de modo a determinar se o canal é mais retilíneo ou meândrico. Assim, Lana, Alves e Castro (2001) afirmam que valores próximos a 1 associam a canais retilíneos, ao passo que valores superiores a 2 se referem a canais tortuosos.

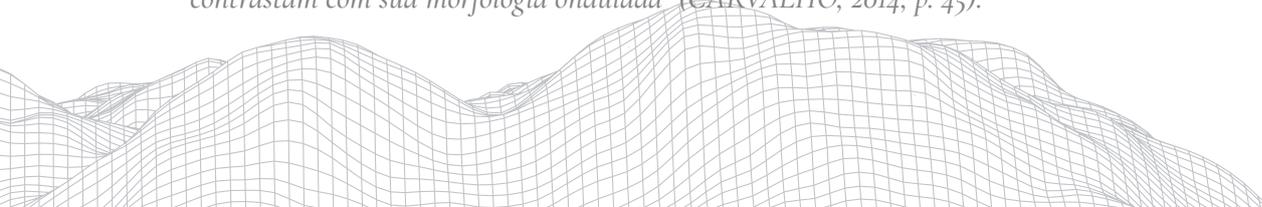
Por fim, as informações de gabinete foram complementadas com um trabalho de campo realizado em 26/10/2019 e 27/10/2019 com o reconhecimento da área e a análise *in loco* dos impactos morfológicos previamente apontados no período analisado.

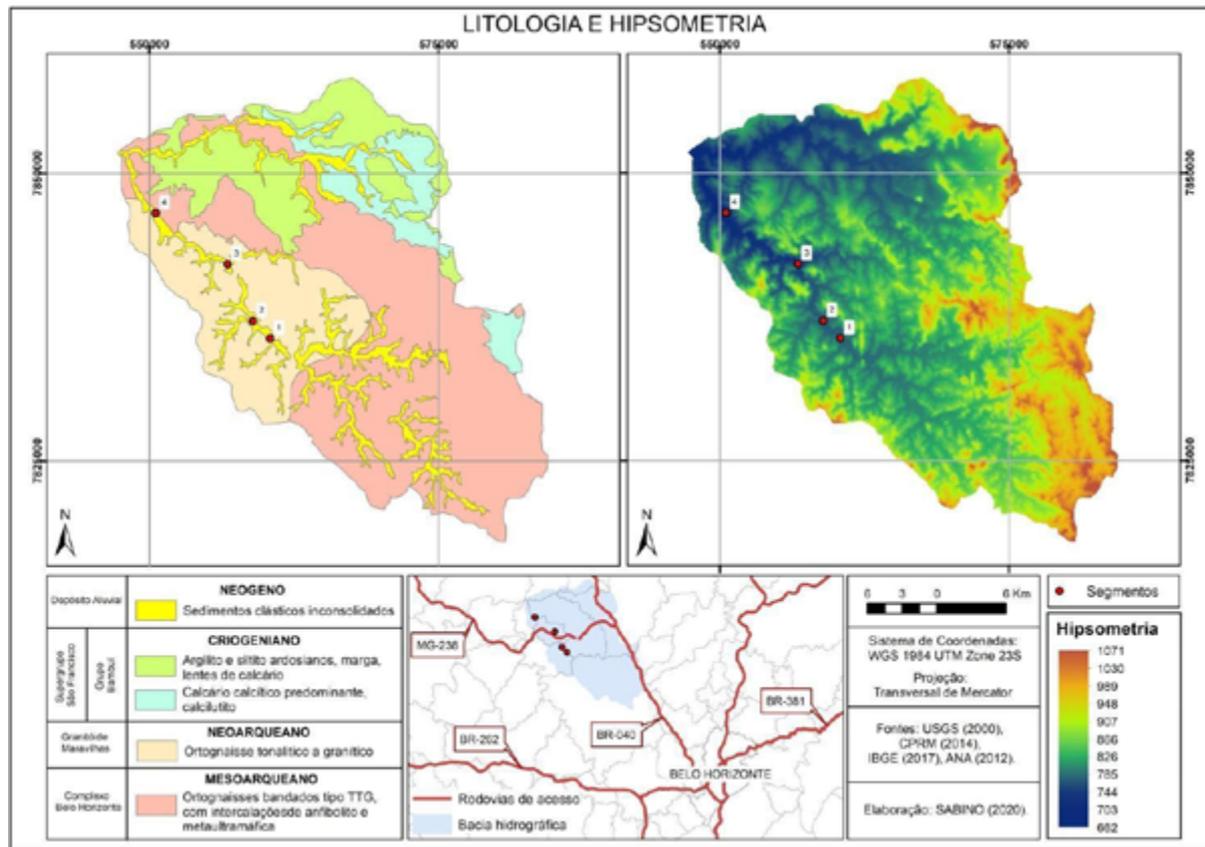
## 3. Área estudada

A área estudada situa-se na bacia do Ribeirão dos Macacos, entre os municípios mineiros de Fortuna de Minas e Cachoeira da Prata. O ribeirão está inserido na bacia do rio Paraopeba, sendo seu afluente da margem direita, na porção meridional do Cráton São Francisco. Conforme Carvalho (2014), a sub-bacia em estudo apresenta substrato geológico marcado pelo maciço granítico Maravilhas-Cachoeira da Prata, delimitado por rochas do embasamento cristalino e pelas litologias do Supergrupo Rio das Velhas e do Grupo Bambuí. Também apresenta depósitos terciários e quaternários classificados entre coluvionares, eluvionares e aluvionares (Figura 1).

Em termos geomorfológicos,

*“[...] o médio-baixo curso do Rio Paraopeba possui duas unidades de relevo. A porção norte, onde afloram as rochas do Grupo Bambuí, possui relevo suavemente ondulado, com colinas baixas. Ao sul, onde ocorrem as rochas do CGGM, o relevo se apresenta fortemente ondulado, com colinas convexas e vales dissecados e preenchidos por aluviões, resultantes do aprofundamento da drenagem. A paisagem ainda é marcada por cristas finas sustentadas por veios de quartzo, cataclasitos e diques básicos, que seccionam o CGGM e contrastam com sua morfologia ondulada” (CARVALHO, 2014, p. 45).*





**FIGURA 1** – Quadro hipsométrico e litológico da bacia do Ribeirão dos Macacos. Autoria: João Vítor Sabino.

No tocante aos depósitos estratigráficos do Ribeirão dos Macacos, Carvalho *et al.* (2020) identifica três níveis deposicionais subdivididos em dois segmentos equivalentes com o percurso realizado em campo do presente trabalho. O autor segmenta o ribeirão em A (à montante de Cachoeira da Prata) e B (à jusante da cidade), sendo que segmento A apresenta os seguintes níveis deposicionais: Nível 1, sendo composto por três fácies com transição abrupta (fácies basal areno-argilosa de estruturas plano-paralelas com 40 cm de espessura; fácies areno-argilosa de estratificação cruzada com 40 cm de espessura e fácies silto-argilosa de estruturas plano-paralelas com 20 cm de espessura); Nível 2, composto de oito fácies de transição abruptas ou graduais; Nível 3, apresentando fácies de seixos mal selecionados (1 a 5 cm) de litologia quartzítica e com espessura de 1,1 m. Já o segmento B apresenta: Nível 1 com duas fácies de transição abrupta (fácies basal argilo-siltosa de 2 cm de espessura e fácies arenosa de 30 cm de espessura); e Nível 2 com oito fácies com transições graduais (CARVALHO *et al.*, 2020).

As características climáticas locais, de acordo com as normais climatológicas (1981- 2010) dos municípios de Florestal e Sete Lagoas, próximos à área estudada, mostram um regime sazonal bem marcado com elevadas taxas de pluviosidade entre outubro e março e estiagem entre abril e setembro. Dessa forma, em Florestal o mês mais chuvoso é dezembro, com pluviosidade média de 319,9 mm, enquanto que em julho, mês menos chuvoso, a pluviosidade média registrada é 7,4 mm. A pluviosidade média anual de Florestal é de 1393,4 mm. Já em Sete Lagoas, o mês mais chuvoso também é dezembro, com pluviosidade média de 321,3 mm, enquanto que o mês de junho, menos chuvoso, possui pluviosidade média de 4,5 mm. Ao todo, a pluviosidade média anual de Sete Lagoas é de 1334,8 mm. Em termos de temperaturas, as maiores são registradas no começo do ano e as menores no meio do ano. Fevereiro é o mês mais quente tanto em Florestal quanto em Sete Lagoas, com médias de 23,0°C e 23,5°C respectivamente.

Já o mês mais frio em Florestal é julho, com média de 15,9°C e em Sete Lagoas, o mês mais frio é junho, com média de 18,0°C. Em se tratando da temperatura média anual, em Florestal a média é de 20,3°C e em Sete Lagoas a média é de 21,5°C.

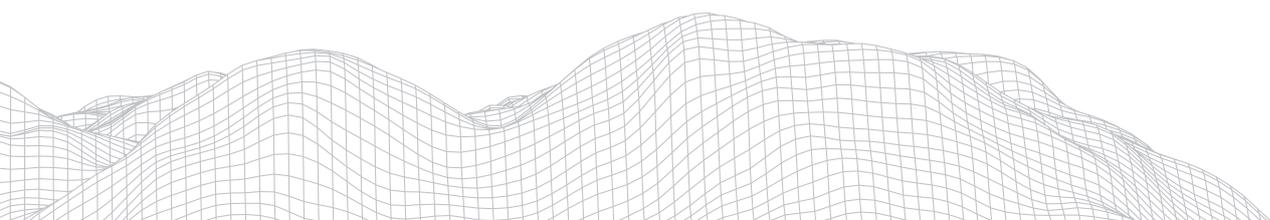
Abordando as características dos solos da região, tendo como base os estudos do Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC (DURÃES, 2010), pode-se dizer que a bacia do Ribeirão dos Macacos apresenta neossolos litólicos nas porções de relevo mais íngremes, formados a partir da pedogênese das formações Sete Lagoas e Carrancas, bem como latossolos e cambissolos. Por fim, cabe destacar ainda que o Ribeirão dos Macacos é um curso de sexta ordem e possui 80,42 km de extensão (CARVALHO, 2014). O ribeirão, a montante da barragem em Cachoeira da Prata, é sinuoso e apresenta o vale aberto com a presença de mata ciliar e meandros abandonados na região de Fortuna de Minas. Também há lagoas marginais que aparentam ser de origem antrópica. Por sua vez, logo a jusante da barragem, o vale fica encaixado. Saindo do perímetro urbano de Cachoeira da Prata, o vale volta a ficar aberto e novamente ocorrem lagoas marginais, provavelmente de origem antrópica. Mais uma vez, há a existência significativa da mata ciliar e o ribeirão mantém sua sinuosidade. Essas características foram observadas no trabalho de campo e também podem ser verificadas nas imagens expostas adiante.

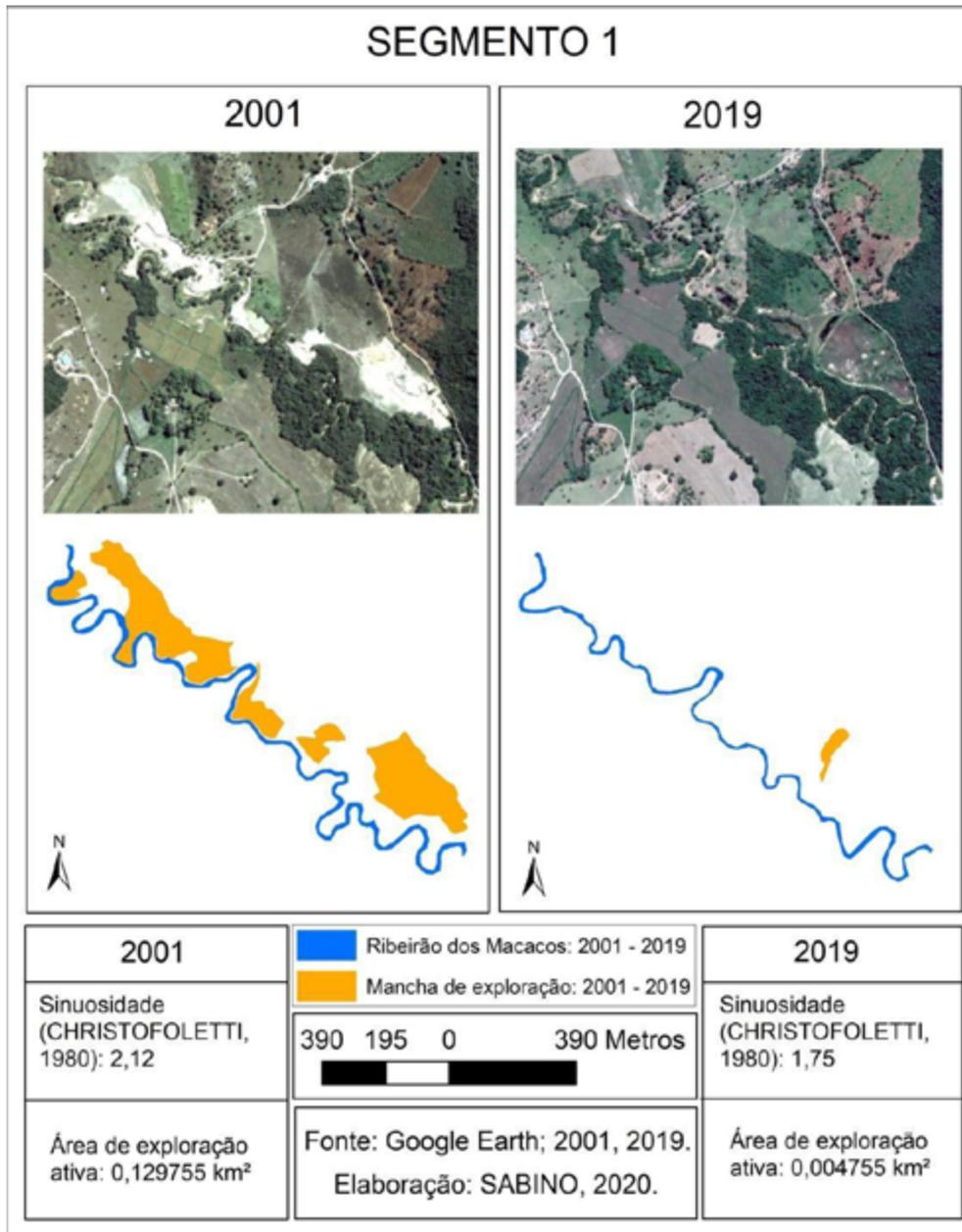
#### 4. Implicações da atividade de extração de areia na morfologia fluvial

Considerando o contexto do vale do Ribeirão dos Macacos, a extração de areia local atende a um elevado atrativo econômico para a manutenção e expansão da mesma, já que abastece majoritariamente as demandas de construção civil da Região Metropolitana de Belo Horizonte (OLIVEIRA, 2012) e localiza-se relativamente próximo a capital mineira.

A extração de areia tem um elevado potencial de modificação das calhas fluviais a partir do desmonte dos pacotes deposicionais. A atividade resulta no aumento da concentração de material particulado gerado pelo intenso revolvimento e desagregação sedimentar, também podendo ocorrer alterações diretas nas calhas originais dos cursos d'água, com o intuito de facilitar o processo de exploração (NOGUEIRA, 2016). As intervenções tendem a alterar a dinâmica fluvial, modificando as propriedades de capacidade e competência de transporte sedimentar e, conseqüentemente, os processos de erosão e sedimentação. No caso do Ribeirão dos Macacos, observa-se que houve uma redução significativa da atividade de extração de areia entre 2001 e 2019. Todavia, durante os 18 anos desse intervalo, houve profundas alterações na morfologia do curso d'água, tais como a retificação de segmentos e o surgimento de meandros abandonados.

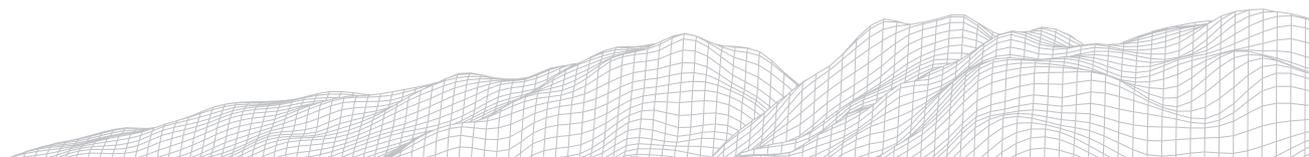
Portanto, os segmentos fluviais estudados foram denominados de segmento 1, segmento 2, segmento 3 e segmento 4, de montante para jusante na bacia hidrográfica. Os segmentos 1 e 2 estão situados à montante da barragem e foram palco de intenso processo de exploração das margens do Ribeirão dos Macacos em 2001. O segmento 1 (Figura 2) possuía forte concentração de manchas de exploração na margem direita em 2001, mas em 2019 a atividade já havia sido totalmente abandonada, havendo 100% de redução da mancha de área explorada. A vegetação voltou a colonizar a área onde outrora fora a área de exploração, dando origem à mata ciliar secundária. Algumas feições construtivas do canal que existiam em 2001 acabaram por se tornar meandros abandonados, comparando com 2019, tendo o curso d'água nestas partes se tornado retilíneo ou diminuído a sinuosidade da barra de pontal; todavia, as feições destrutivas do canal apresentam pequenas alterações. No primeiro ano de análise são verificados que parte das manchas das lavras abarcavam grande parte da planície de inundação da margem direita do ribeirão; já em contrapartida, as atividades de lavra presentes em 2019 na planície de inundação reduziram sua mancha quase que por completo.



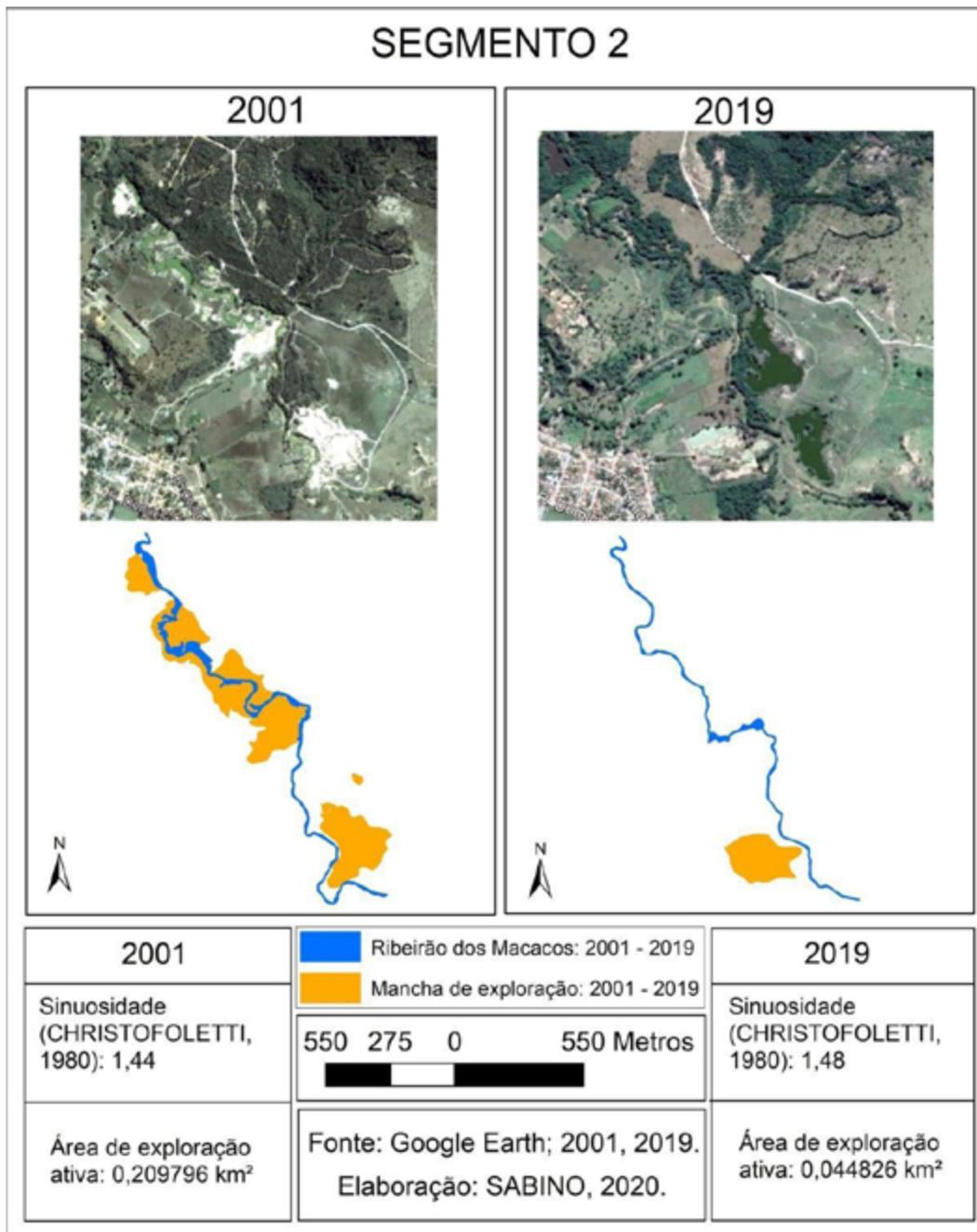


**FIGURA 2** - Segmento 1 do Ribeirão dos Macacos a sudeste da cidade de Fortuna de Minas/MG. Autoria: João Victor Sabino.

Como resultado da atividade exploratória a sinuosidade fluvial no segmento 1, conforme o índice de sinuosidade (CHRISTOFOLETTI, 1980), passou de 2,12 em 2001 para 1,75 em 2019, sofrendo uma diminuição de 21%. Isto demonstra uma redução dos meandros do canal, havendo o desaparecimento dos mesmos que se aproximam de um padrão relativamente retilíneo. A redução da sinuosidade também evidencia a tendência de aumento da velocidade dos fluxos e do transporte de sedimentos de calha nos períodos de cheia. Conforme Shumm (1985), canais com sinuosidade abaixo de 1,3 tendem a transportar maior percentual de carga de fundo. De modo oposto, canais com sinuosidade superior a 2 tendem a transportar maior carga em suspensão em função da menor energia (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). Logo, o segmento 1 aparenta ter sido impactado quanto à dinâmica hidrogeomorfológica, fornecendo maior carga de leito para os segmentos a jusante.



Por sua vez, o segmento 2 revela que, em 2001, havia forte presença de exploração em ambas as margens (Figura 3). O canal se apresenta muito largo em alguns trechos e a sinuosidade do segmento resultou em 1,57. Ademais, a redução da atividade extrativa em 2019 foi de 78,6% da área ocupada e, assim como no segmento 1, houve uma recuperação da vegetação situada na margem direita do curso, portanto a mata ciliar no segmento. Algumas cavas se transformaram em lagoas marginais devido à exfiltração do nível freático e, possivelmente, por comportar a elevação do mesmo nível nos períodos de inundações da planície. A sinuosidade reduziu para 1,40 (diminuição em 12%), resultando em um canal um pouco mais retilíneo. Mais uma vez, essa situação implica em aumento da velocidade dos fluxos, marcadamente nos períodos de cheias, tendendo a ocasionar um aumento de transporte de sedimentos de calha. Uma evidência é verificada em uma barra de canal (coberta por vegetação herbácea) cujo tamanho não reflete as condições de transporte fluvial típicas de um canal meandrante em clima tropical úmido, como é o caso.

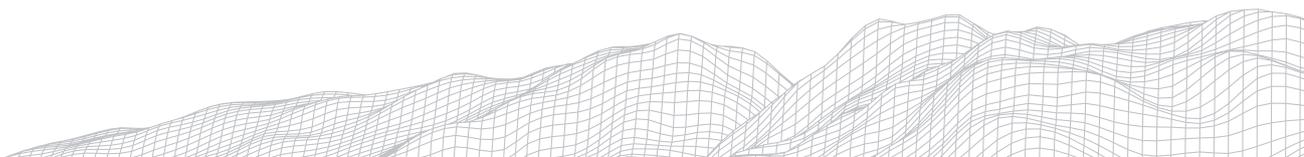


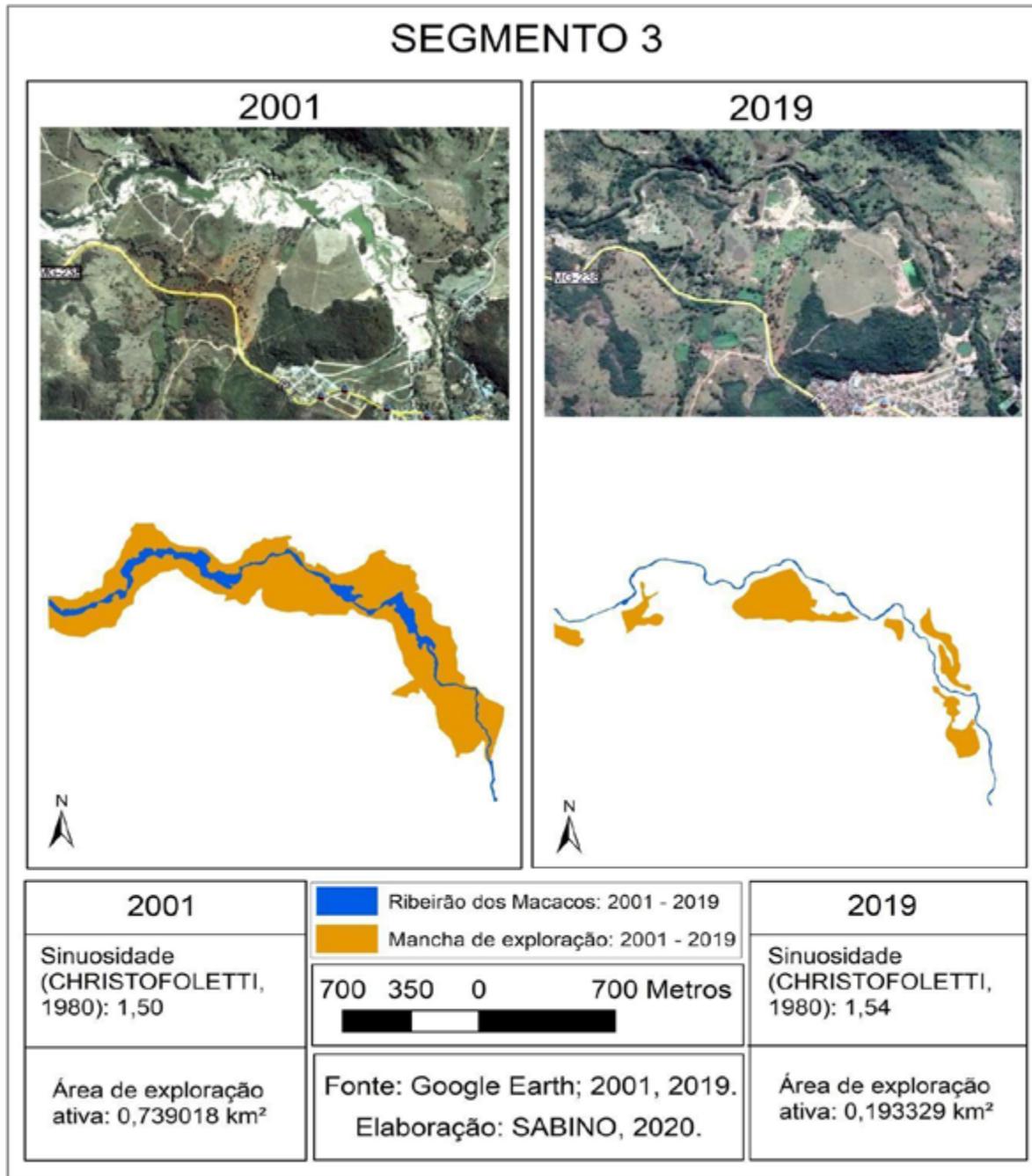
**FIGURA 3** – Segmento 2 do Ribeirão dos Macacos a noroeste da cidade de Cachoeira da Prata/MG.

Autoria: João Victor Sabino.

O contexto citado nos segmentos 1 e 2 impacta significativamente a barragem à jusante. Por sua vez, qualquer barramento em um canal fluvial interfere na sua dinâmica hidrossedimentar. A formação de um nível de base lântico, em nível local, controla a velocidade dos fluxos e tende a reter a carga de fundo na barragem e à montante da mesma, podendo gerar o assoreamento da calha (COELHO, 2008).

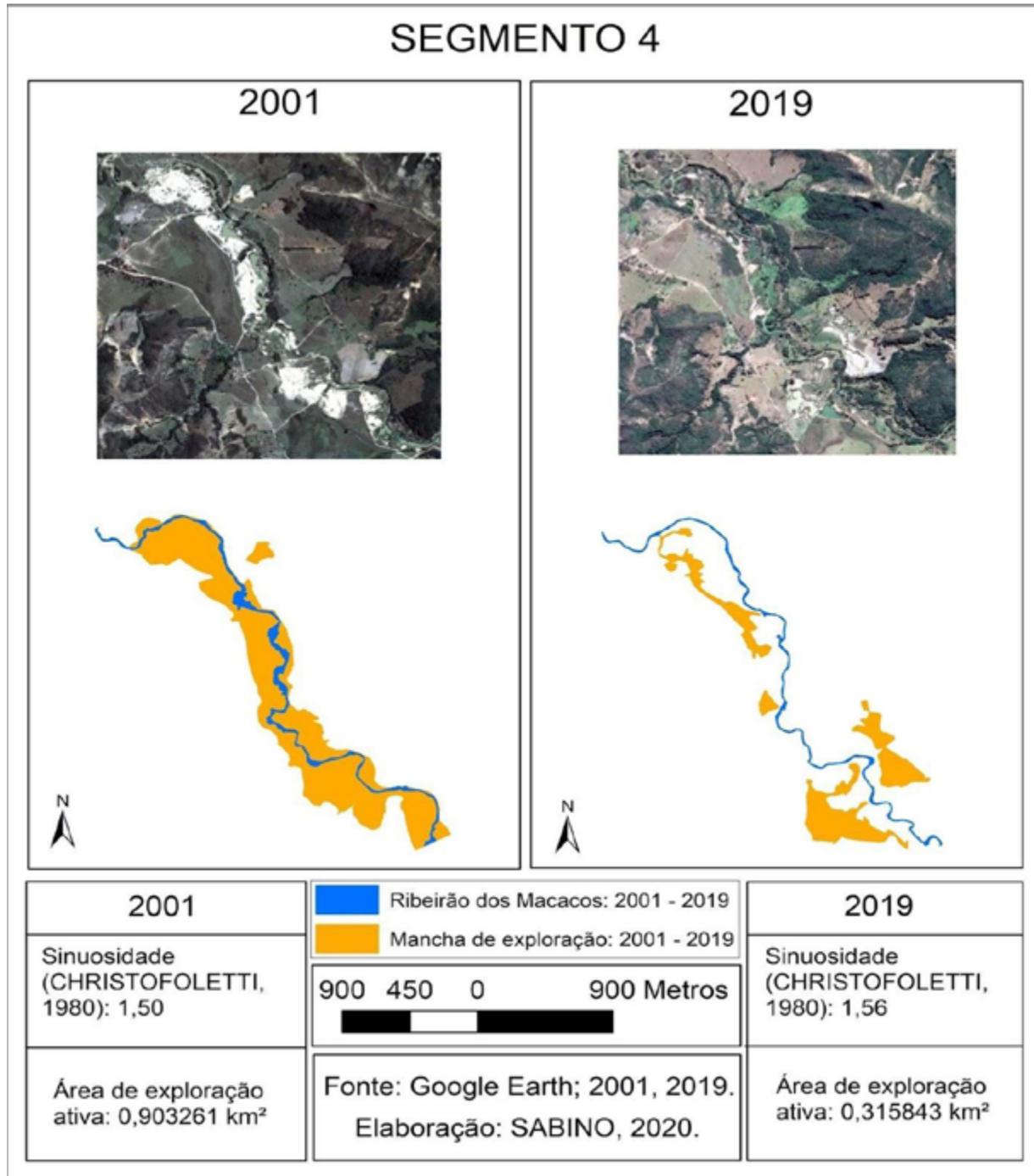
Os segmentos 3 e 4 situam-se a jusante do barramento. Também verificou-se importante redução das manchas de exploração no segmento 3 (78,6% da área ocupada) entre 2001 e 2019, fato que permitiu a recuperação da vegetação no local (Figura 4). Entretanto, ainda há intensa degradação nesse segmento em função da extração de areia. Ao contrário dos segmentos 1 e 2, a sinuosidade calculada no segmento 3 não apresenta alterações consideráveis no período analisado, variando de 1,44 em 2001 para 1,48 em 2019 (2% de aumento). Portanto, apesar da exploração excessiva no passado recente, houve ligeiro aumento da sinuosidade do leito menor. Esse fato revela que, nesse segmento, o ribeirão apresenta certo grau de resiliência que o auxilia retomar, gradualmente, os processos de meandramento. Pode-se inferir que os intensos processos de transporte de sedimentos de calha durante as cheias passam a ser freados e os processos de sedimentação marginal retomam sua importância.





**FIGURA 4** – Segmento 3 do Ribeirão dos Macacos a noroeste da cidade de Cachoeira da Prata/MG. Autoria: João Victor Sabino.

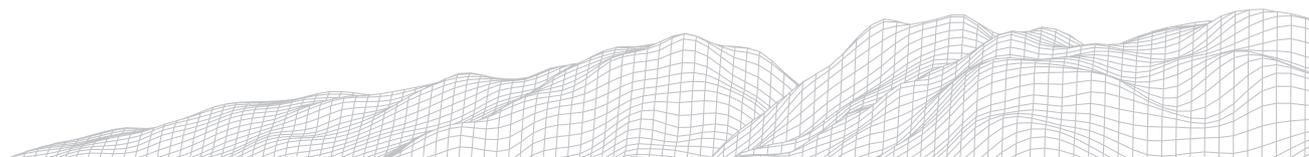
Por fim, no segmento 4 (Figura 5), ocorre uma intensa concentração de manchas de exploração na margem esquerda do curso d'água no ano de 2001. Também verifica-se uma importante redução da atividade entre 2001 e 2019, mas em percentuais areais inferiores aos dos demais segmentos (65%). Em campo foram verificados diversos locais com atividades ativas de extração de areia. Além disso, assim como no segmento 3, a sinuosidade do canal no segmento quatro aumentou de 1,50 em 2001 para 1,56 em 2019, porém em um percentual superior (4%). Logo, podem ser tecidas as mesmas considerações feitas no segmento 3, referentes à gradual recuperação das características hidrossedimentares do padrão meandrante do curso d'água.



**FIGURA 5** - Segmento 4 do Ribeirão dos Macacos a noroeste da cidade de Cachoeira da Prata/MG.  
 Autoria: João Victor Sabino.

### 5. Considerações Finais

Ao analisar os trechos selecionados é perceptível uma redução significativa da atividade de extração de areia ao longo dos segmentos analisados no Ribeirão dos Macacos, entre os anos de 2001 e 2019. Baseando-se nas informações de moradores locais durante o trabalho de campo, esse processo ocorreu em função do aumento da fiscalização. Como resultado, tanto as explorações licenciadas que não se apresentavam conforme o exigido pela legislação ambiental, quanto as explorações clandestinas foram desativadas em função dos graves impactos



ambientais gerados. Tal ocorrência demonstra como as ações do poder público podem impactar em uma atividade econômica, que apesar de ser essencial para os municípios, traz consideráveis passivos ambientais se for realizada indevidamente. Assim, pode ser questionado em até qual nível de aceitação legal-administrativa o benefício econômico pode ser colocado acima da degradação ambiental causada pela instalação e operação de atividades extrativistas - bem como ocorreu na área de estudo.

O Ribeirão dos Macacos sofreu, ao longo dos 18 anos analisados, profundas modificações na morfologia do canal em função da diminuição da extração de areia ao longo dos trechos analisados, com destaque para a redução da sinuosidade, a transformação das feições erosivas e deposicionais e a recuperação natural da mata ciliar. Contudo, particularmente nos segmentos 3 e 4, o canal apresenta certa capacidade de auto-recuperação no que se reflete ao pequeno aumento da sinuosidade entre os anos analisados, destacando-se aqui o surgimento de novos meandros nas antigas áreas exploradas, ocupadas em parte pela vegetação ciliar. Essa condição tem relação direta com o barramento na cidade de Cachoeira da Prata que interfere na dinâmica hidrossedimentar, pois acumula os sedimentos de fundo e, com a redução da extração de areia à montante, a sua maior parte se acumula na base da barragem de contenção hídrica, sendo observável pelo aumento do assoreamento em seu entorno.

#### **Agradecimentos:**

Ao CNPq pelas bolsas de pesquisa e ao grupo RIVUS - Geomorfologia e Recursos Hídricos.

#### **Referências:**

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework**. Victoria: Blackwell Publishing, 2005.

CARVALHO, A.; MAGALHÃES JR., A. P.; OLIVEIRA, L. A. F. **Eventos Quaternários de entulhamento e configuração de fundos de vale na bacia do Rio Paraopeba - Cráton do São Francisco, Sudeste do Brasil**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 21, n° 4, p. 847-869. São Paulo, 2020. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/1580>>

CARVALHO, A. **Processos morfogenéticos e condicionantes associados aos eventos de entulhamento dos fundos de vales de afluentes do médio-baixo Rio Paraopeba/MG**. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Belo Horizonte, 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COELHO, A. L. N. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 26, n. 9, p.16-32, jun. 2008.

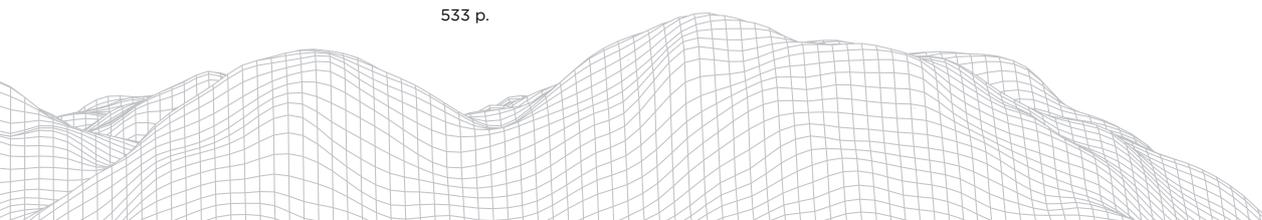
DURÃES, M. F. **Caracterização e avaliação do estresse hidrológico da bacia do Rio Paraopeba, por meio de simulação chuva-vazão de cenários atuais e prospectivos de ocupação e uso do solo utilizando um modelo hidrológico distribuído**. Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2010.

EARTH OBSERVING SYSTEM - LANDVIEWER. Disponível em: <https://eos.com/iv/>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.

IBGE CIDADES. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 de junho de 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil, 1981-2010**. Brasília, 2018.

KONDOLF, G. M.; PIÉGAY, H. **Tools in Fluvial Geomorphology**. 2. ed. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2016. 533 p.



LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. **Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil.** Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001. Disponível em:<[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672001000200008](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672001000200008)>. Acesso em: 16 de novembro de 2020.

MAPAS GOOGLE EARTH. Disponível em:<https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 24 de junho de 2019.

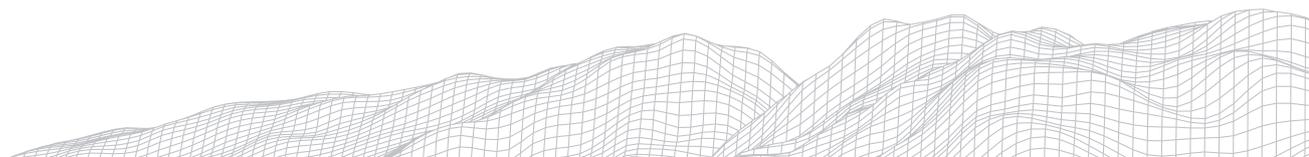
MILANEZ, B. Mineração, ambiente e sociedade: Impactos complexos e simplificação da legislação. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental.** Brasília, v. 16, p.93-101, jan./jun. 2017.

NOGUEIRA, G. R. F. **A extração de areia em cursos d'água e seus impactos: proposição de uma matriz de interação.** Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia da UFJF, 2016.

OLIVEIRA, M.S.; SILVEIRA, J.S.; MORATO, J.B.; AVELLAR, G.; VALADÃO, R.C. **Impactos Ambientais Decorrentes da Extração de Areia, Cachoeira da Prata - MG.** 9º Simpósio Nacional de Geomorfologia 21 a 24 de outubro de 2012, Rio de Janeiro.

SCHUMM, S. A. Explanation and Extrapolation. In: **Geomorphology: seven reasons for geologic uncertainty.** Transactions Japanese Geomorphological Union, p.1-18, 1985.

TOBIAS, A. C. *et al.* Avaliação dos impactos causados pela extração de areia no leito do rio Piracanjuba - Município de Silvânia, GO. **Enciclopédia Biosfera:** Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 6, n. 11, p.1-8, 2010.



# LOCALIZAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO EM ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA EM JUIZ DE FORA, MG

1005

---

*Geraldo César Rocha*

*Universidade Federal de Juiz de Fora*

*Rua Lourenço Kelmer s/n. Juiz de Fora, MG. 36036-900*

*E-mail: geraldo.rocha@ufjf.edu.br*

*Edinaldo Muller Junior*

*Universidade Federal de Juiz de Fora*

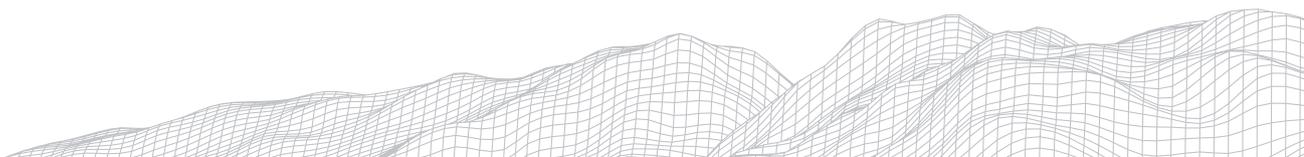
*Rua Lourenço Kelmer s/n. Juiz de Fora, MG. 36036-900*

*E-mail: edinaldomullerjunior@gmail.com*

### Resumo

A presente pesquisa tem como propósito realizar um levantamento acerca das instituições de ensino de Juiz de Fora, em Minas Gerais, considerando todos os níveis de ensino, visando identificar e localizar instituições que estejam associadas a níveis de risco. Para tal, fez-se necessário o levantamento de informações em bancos de dados virtuais e a utilização de mapa de risco temático previamente disponível, sendo que as informações obtidas foram plotadas em software para que houvesse disposição visual das condições de risco associadas a cada instituição. Posteriormente foi realizada uma análise quantitativa, da qual as informações foram transcritas para tabelas. Resultados preocupantes foram observados, como a constatação de que impressionantes 97% das instituições de ensino se situam em áreas significativas de risco, a saber, níveis altíssimo, alto e médio. Propõem-se ações de aumento de segurança para estudantes, professores e funcionários, com base em recomendações de órgãos internacionais e nacionais.

**Palavras-chave:** Risco a Movimentos de Massa; Instituições de Ensino em Áreas de Risco; Risco a Instituições de Ensino em Juiz de Fora.

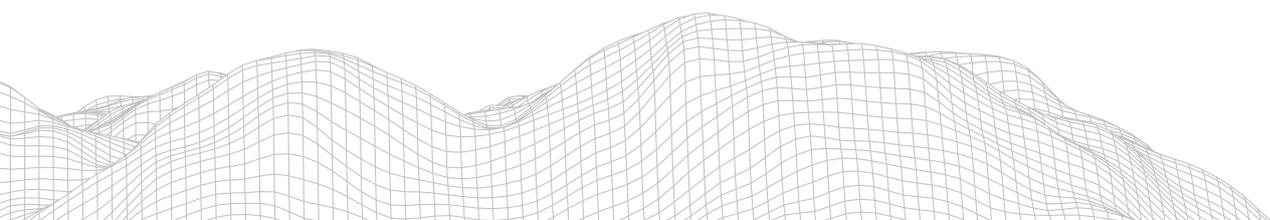


## 1. Introdução

A segurança ambiental de estudantes, professores e funcionários de instituições de ensino apresenta-se como importante aspecto de política pública na educação. É imperioso lembrar que a segurança é o inverso do risco, sendo desejável que se atue para aumentar a segurança e diminuir os riscos, sendo impossível zerá-los (ROCHA, 2005).

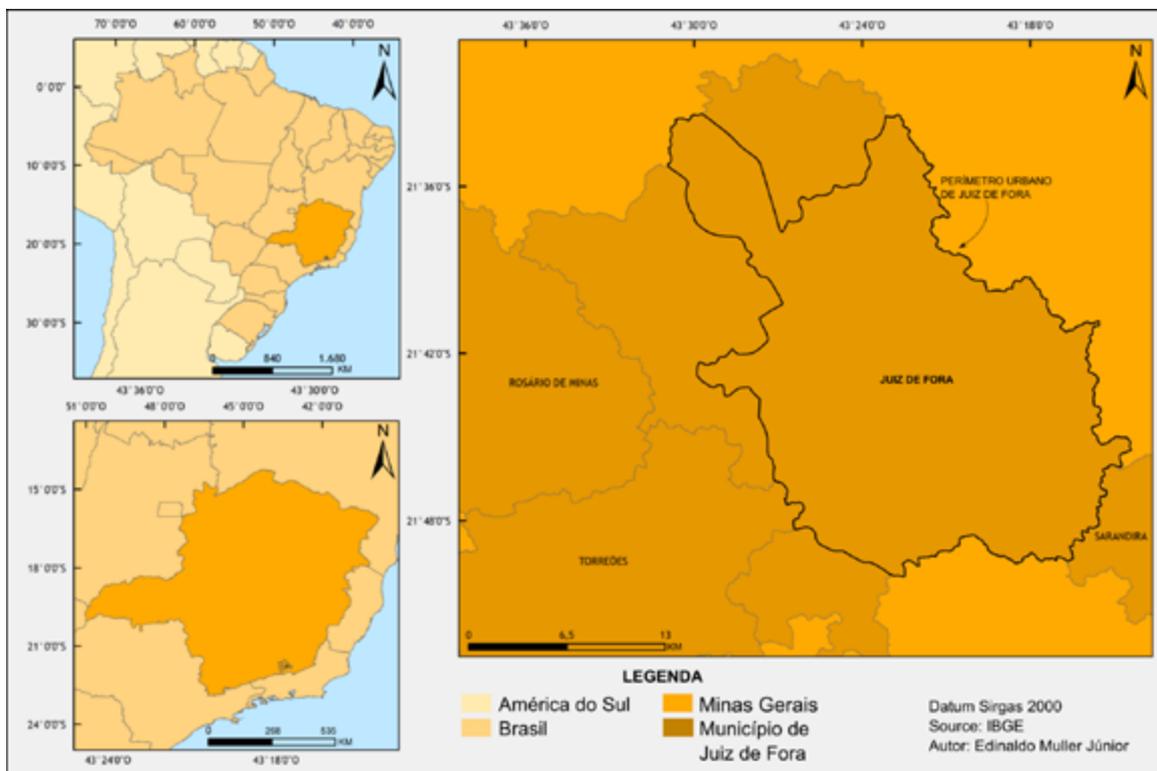
Em nosso país essa segurança ainda é vista relacionada aos aspectos da violência urbana, como a vulnerabilidade social a balas perdidas devida a tiroteios constantes entre policiais e traficantes, disputas violentas de territórios entre facções do crime organizado, ou mesmo a invasão por estranhos à escola (O GLOBO, 2017). Nesse caso pode-se dizer que a ameaça vem de fora para dentro das escolas, originada de um agente ou fator externo. Aqui é indispensável também se lembrar dos perigos que podem existir dentro da própria escola como fator interno, como possibilidades de incêndio e explosões (SILVA, 2019), desabamento das edificações (MARTINS, 2007), e acidentes em escadas e rampas (SEGPR, 2014), entre outros; nesse aspecto destacam-se as ações de segurança no trabalho, mas restritas aos professores e funcionários (SILVA, 2012). Alguns autores chegam ao extremo de indicar que uma “escola segura” está ligada principalmente a fatores relativos à saúde, promovendo-a como uma panaceia que resolve todos os males da insegurança escolar (LIBERAL et al., 2005). Por outro lado, é sabido que crianças e adolescentes, estudantes do ensino fundamental e médio, são mais vulneráveis a eventos ambientais indesejáveis, sendo as vítimas que atingem percentuais acima de 50% ao redor do mundo, as quais geralmente apresentam nível insatisfatório de conscientização sobre o problema (UNICEF, 2012; LATEH e GOVINDASAMY, 2012). Marchezini et al (2018) destacam ainda a vulnerabilidade estrutural das escolas e sua baixa resiliência, além da falta de treinamento das comunidades escolares para esses eventos, assim como da escassez de estudos científicos nessa área de conhecimento. Acrescente-se a esse cenário a necessidade urgente de inserir as noções de risco, vulnerabilidade e desastres nos currículos da educação formal (PAZZI et al, 2016), como também propõe Mendonça (2017), em experiência realizada em escola de Niterói, RJ.

Mas ao se falar em segurança ambiental de uma instituição de ensino em um sentido mais abrangente, deve-se fazer uma abordagem na qual se inserem os vários tipos de risco a que essa instituição está sujeita, sejam eles naturais (movimentos de massa, inundações, terremotos), tecnológicos (atropelamentos, vazamentos de produtos tóxicos, colisões de veículos) e sociais (assaltos, guerras, tráfico de drogas). Nesse aspecto pode-se destacar a pesquisa de Andrade (2016), onde o autor enfatiza a problemática da vulnerabilidade ambiental de escolas frente a riscos de deslizamentos em Juiz de Fora, sem, entretanto, situar cartograficamente essas instituições nas áreas sensíveis a esses processos naturais. É quase redundante se mencionar a importância ambiental degenerativa dos movimentos gravitacionais em área urbana, os quais ameaçam os equipamentos das cidades e sua infraestrutura (PALU JÚNIOR e LONGO, 2010; AHRENDT, 2005). Para isso é importante já se conhecer a distribuição espacial desses riscos na área urbana, obtida através de mapeamento de risco, e plotar a localização das escolas nesses mapas, desde que eles já estejam disponíveis. Essa abordagem tem sido feita em diferentes países, a qual tem sido útil para a prevenção de desastres e como ferramenta para o planejamento urbano (PAIK e TIWARI, 2019). Esse é o objetivo desse trabalho, o qual se ateve à localização das instituições de ensino aos níveis de risco a movimentos de massa existentes no núcleo urbano.



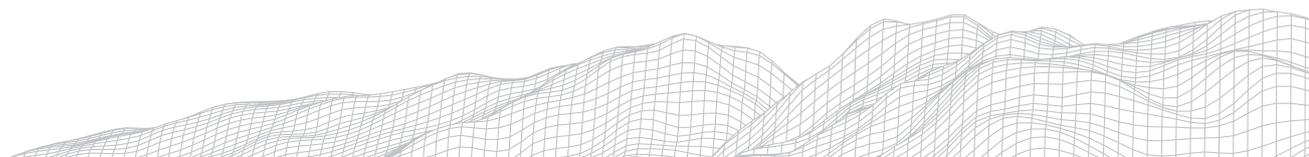
## 2. Material e Métodos

A cidade de Juiz de Fora se localiza em Minas Gerais (figura 1), com uma população de 568.000 habitantes (IBGE, 2019). O clima é temperado úmido, com invernos secos e verões quentes e chuvosos (KÖPPEN, 1970); assim, a concentração das chuvas no verão age como gatilho disparador de movimentos gravitacionais no substrato frágil (CEMADEN, 2021; LUCAS et al, 2020). A geologia é representada por rochas metamórficas fraturadas e falhadas, genericamente classificadas como gnaisses; essa característica empresta expressiva fragilidade às estruturas geológicas da área urbana, na qual os movimentos de blocos são constantes e ameaçadores (ANDRADE, 2015). A geomorfologia mostra relevo acidentado como consequência da arquitetura geológica, destacando-se áreas mais suscetíveis a deslocamentos gravitacionais como nos arredores do Morro do Cristo, no centro da cidade (EDUARDO, 2018). Os solos são principalmente latossolos, cambissolos e neossolos, sendo os dois últimos mais suscetíveis a processos erosivos e escorregamentos, por serem solos rasos e com tendência a acúmulo de água em seus horizontes superficiais (ROCHA, 2005). Essas características físicas denotam um ambiente de alta vulnerabilidade aos movimentos de massa na cidade.

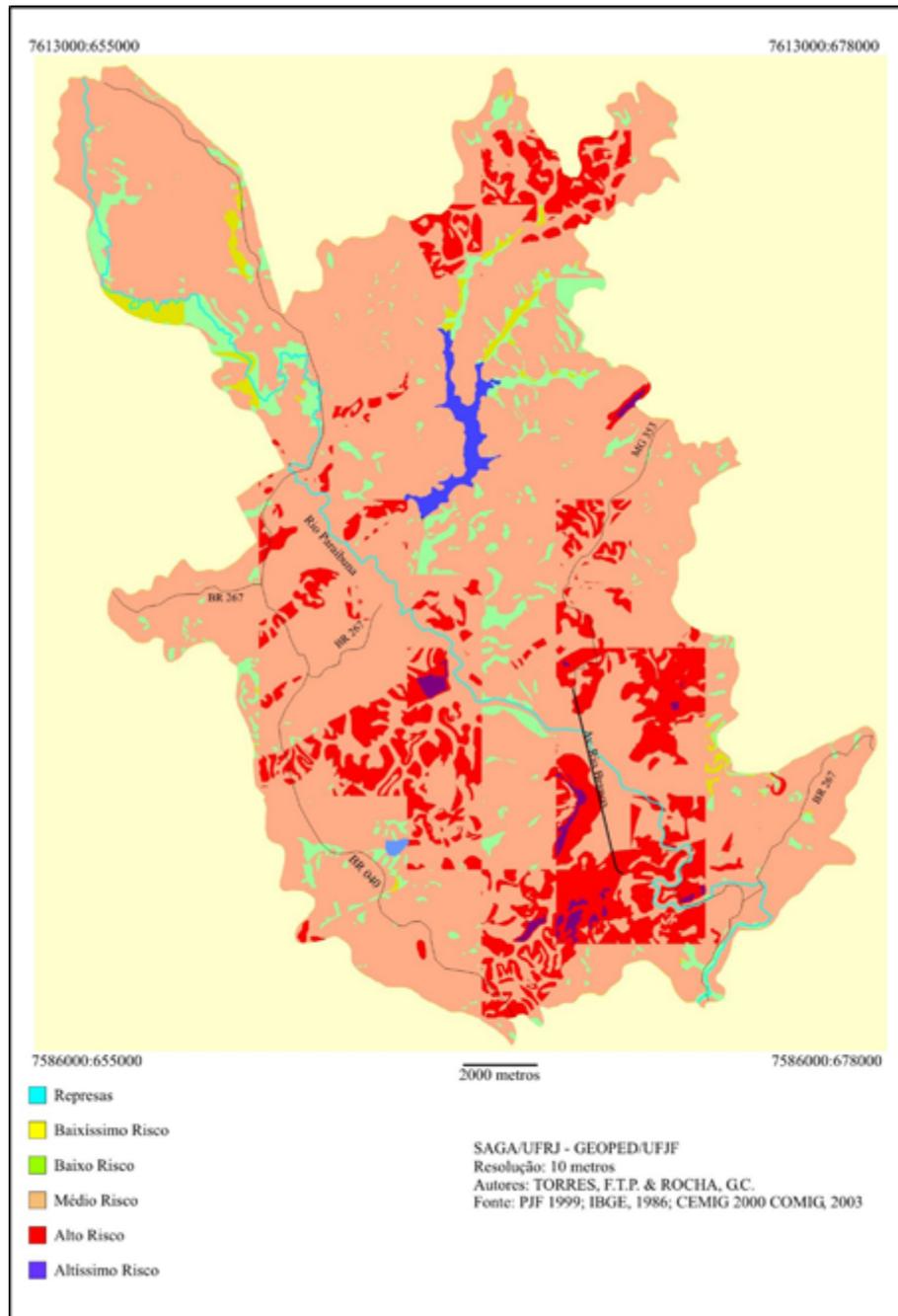


**FIGURA 1:** Localização da área urbana de Juiz de Fora em relação ao município, a Minas Gerais e ao Brasil.  
Fonte: Arquivo dos autores

A metodologia, sinteticamente descrita, foi dividida em três fases: revisão bibliográfica e cartográfica; plotagem dos dados em mapa de risco previamente disponível, acompanhado de checagem em campo; e finalmente elaboração do texto. Na primeira fase torna-se importante destacar a informação de que o estado de Minas Gerais apresenta o maior número de escolas (513 estabelecimentos) situadas em áreas de alto risco geológico no Brasil, dado, entretanto, considerado como subestimado por Marchezini et al (2018) devido à escassez de mapas sobre esse tipo de risco no país. Nessa fase também foram revistas as informações do Mapa de Risco a Movimentos de Massa da Área Urbana (ROCHA, 2005, figura 2).



Esse mapa foi elaborado usando o Sistema de Informação Geográfica SAGA (XAVIER-DA-SILVA, 2001), tendo sido levado em conta os seguintes planos de informação ambiental: litologia, estruturas geológicas, declividade, hidrografia, solos de alteração, cobertura vegetal, uso da terra, e padrão de edificações. Esses *shapes* foram cruzados dois a dois pelo sistema, com notas e pesos conforme o padrão do risco considerado, até se chegar ao mapa final com os cinco níveis de risco a movimentos de massa, a saber: altíssimo, alto, médio, baixo e baixíssimo. Para a segunda fase metodológica, as informações foram obtidas de bases de dados da prefeitura municipal (PMJF, 2020), Google Earth (2020) e Ministério da Educação (MEC, 2021).



**FIGURA 2:** Mapa de risco a movimentos de massa na área urbana de Juiz de Fora, MG.  
Fonte: Rocha (2005).

As informações das bases de dados foram extraídas e aplicadas no programa Google Earth Pro (2020), formando um polígono de delimitação da área estudada, a saber, área urbana de Juiz de Fora. Usando uma ferramenta de pesquisa com a expressão “instituição de ensino”, foi possível extrair as instituições em foco, e fazer uma lista usando o programa Excel (2020). Posteriormente, as coordenadas foram convertidas para UTM, para adequar os pontos dentro do programa Arcmap (2020). O mapa de risco a movimentos de massa foi georreferenciado para a delimitação da avenida, rio e outras referências, e para plotar as instituições. Todos os documentos foram inseridos em Arcmap para disposição visual, quando foi feita a contagem numérica das instituições nos seus respectivos níveis de risco, assim como foi feita a checagem de campo para se verificar a desativação ou inauguração de escolas. Aqui deve-se destacar que o método usado é similar aos utilizados nas Filipinas (NOVILLA, 2018; TAWAS e MILLAN, 2021). Esses métodos não levam em conta características como o nível de resistência das edificações, resiliência ou consciência/treinamento da comunidade escolar, fatores entretanto inexistentes nas escolas brasileiras de maneira geral, mas considerados em outras metodologias quantitativas, como por exemplo a Classificação de Segurança para Geoameaças (PAZZI et al, 2016).

Finalmente, com a localização (plotagem) das instituições de ensino nas áreas delimitadas pelos níveis de risco do mapa, e considerando os maiores e mais preocupantes níveis (altíssimo, alto e médio risco), foi sugerida a aplicação de normas e ações de segurança, como a as Normas de Prevenção de Desastres nos Municípios (CNM, 2016), assim como as propostas das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (UNDRR, 2019).

### 3. Resultados e Discussão

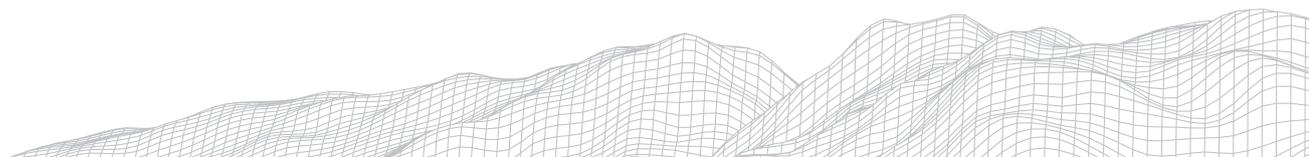
A figura 3 mostra a disposição das instituições de ensino no mapa de risco a movimentos de massa na área urbana de Juiz de Fora. Inicialmente se observa a alta concentração das instituições na área central da cidade, ao longo da Avenida Rio Branco e arredores. As faculdades e universidades se destacam nessa localização central (bolas azuis), sendo que as escolas de ensino básico e as creches, apesar de seguirem a mesma tendência, também são encontradas dispersas nos locais mais afastados do centro urbano. Para melhor visualização e contagem foi elaborada a figura 4, um recorte da área urbana ao longo da Avenida Rio Branco, onde as instituições se justapõem. A tabela abaixo mostra as instituições de ensino organizadas de acordo com os níveis de risco; além da contagem, a tabela exibe o cálculo das percentagens correspondentes aos níveis de ensino.

**TABELA 1**

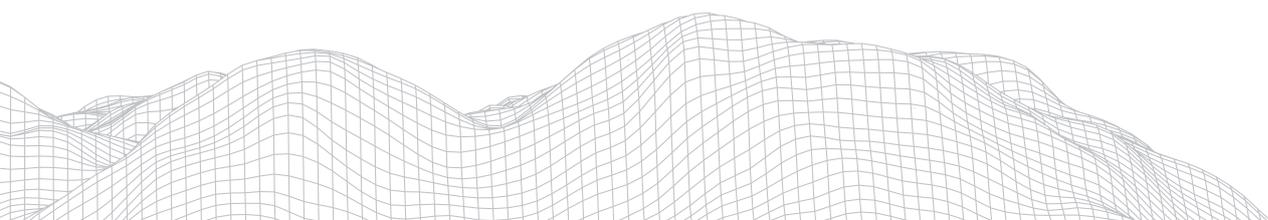
Contagem das instituições de ensino e seus percentuais nos níveis de risco

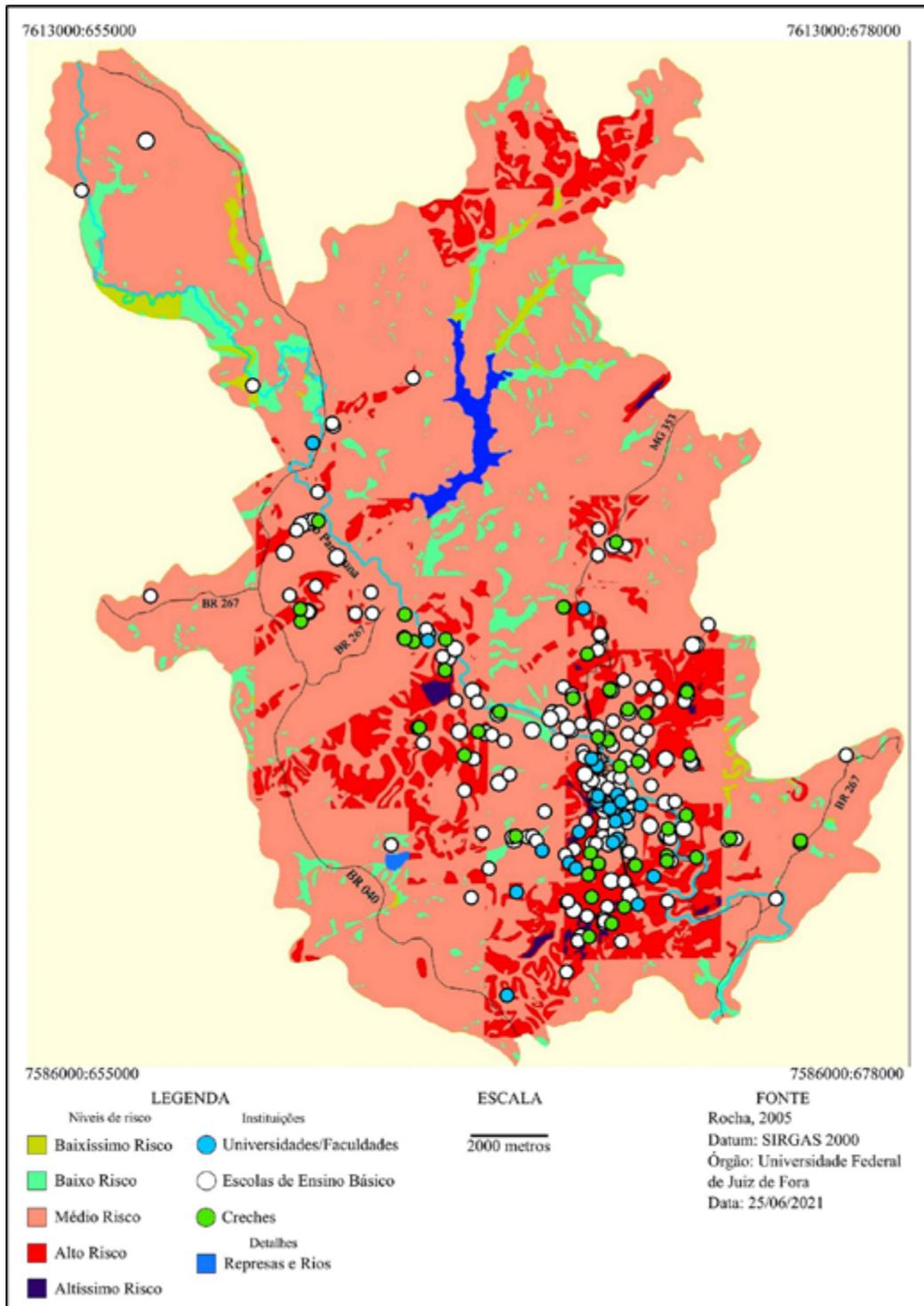
Risco	ALTÍSSIMO		ALTO		MÉDIO		BAIXO		BAIXÍSSIMO		TOTAL 1
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
Inst											-
Univ/ Fac	2	7	10	36	16	57	0	0	0	0	28
Ens. Bas	6	3	55	31	110	62	6	3	1	1	178
Creche	3	7	19	43	22	50	0	0	0	0	44
Total 2	11	-	84	-	148	-	6	-	1	-	<b>250</b>

**Fonte:** Arquivo dos autores.



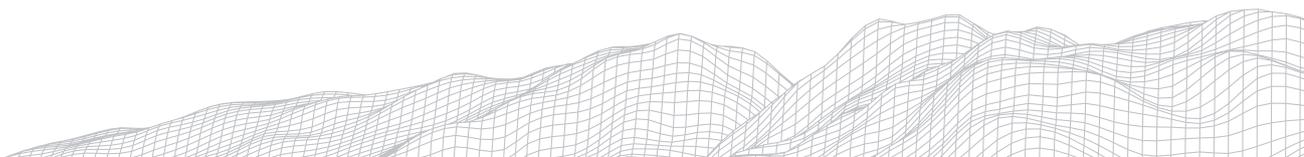
250 instituições de ensino foram catalogadas na área urbana de Juiz de Fora, como mostra a tabela. É interessante se observar a distribuição percentual de cada tipo de instituição nos vários níveis de risco a movimentos de massa, enfatizando que os níveis mais preocupantes são o altíssimo, o alto e também o médio nível. Assim, enfocando as universidades e faculdades plotadas, todas elas se situam nesses níveis mais elevados, inexistindo instituição do ensino superior em locais onde a possibilidade de ocorrência desse processo seja baixa. As escolas de ensino básico se configuram como muito preocupantes, estando 38% delas em áreas de alto e altíssimo risco; também importantes de atenção são as que se situam em áreas de médio risco, impressionantes 62% delas. Já as creches, instituições mais vulneráveis por dependerem diretamente de professores e funcionários, já que as crianças em tenra idade não têm mecanismos de auto proteção, exibem exatos 50% em locais de alto e altíssimo risco, e 50% em médio risco.

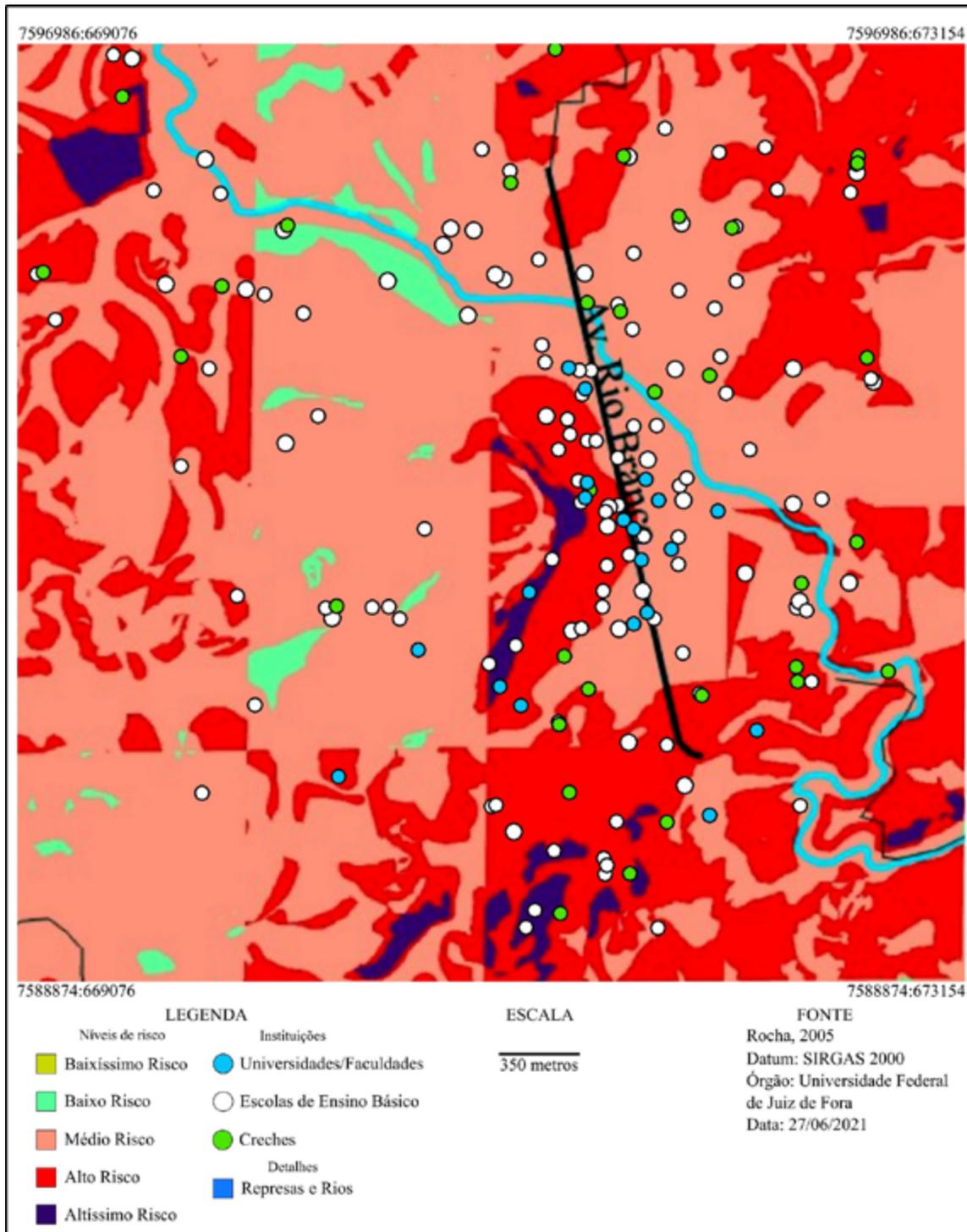




**FIGURA 3:** Instituições de ensino nos níveis de risco a movimentos de massa em toda a área urbana.  
Fonte: Arquivo dos autores

Observando os valores brutos das instituições de ensino (total 2 da tabela), nota-se que 95 estão em áreas de alto e altíssimo risco, o que corresponde a 38% de todas as instituições. Em médio risco tem-se 148 instituições, correspondendo a preocupantes 59% do total. Somando-se esses percentuais, chega-se a impactantes 97% de instituições de ensino sobre áreas de risco importante (altíssimo, alto e médio). A título de comparação, uma pesquisa similar realizada em





**FIGURA 4:** Instituições de ensino nos níveis de risco a movimentos de massa em recorte ampliado do centro.  
Fonte: Arquivo dos autores.

Agusan del Sur, nas Filipinas, mostrou que de um total de 551 escolas mapeadas, somente 30 delas (5,44%) estão em áreas sujeitas a escorregamentos, sendo que, entre essas, 14 se localizam nos níveis mais elevados de risco (TAWAS e MILLAN, 2021). Por outro lado, em Samar, também nas Filipinas, os movimentos de massa disparados por chuvas (como é o caso da presente pesquisa), colocam em alto risco 6 escolas; em médio risco 4 escolas; e em baixo risco 16 escolas,

de um total de 26 estabelecimentos de ensino (NOVILLA, 2018). Assim, teríamos 38% das escolas em situação preocupante (alto e médio riscos). Estudos quantitativos mais sofisticados, como a citada Classificação de Segurança para Geoameaças (PAZZI et al, 2016), aplicados em 10 escolas da Itália, apontou que, especificamente para movimentos de massa, 3 delas se encontravam em situação de alto risco, 1 em médio risco, e 6 em níveis mais baixos de risco, evidenciando que um percentual significativo das escolas (40%) está em situação preocupante. Levando em conta nossa realidade, onde as escolas não são construídas para resistir a eventos como movimentos de massa, nossos estudantes não têm disciplinas no currículo sobre riscos e desastres, além de não terem nenhum tipo de treinamento no caso de ocorrência desses eventos, podemos afirmar que os resultados obtidos nessa pesquisa são fidedignos das preocupantes condições existentes.

Diante desse quadro alarmante, torna-se indispensável que se proponham políticas públicas e ações para aumento de segurança de estudantes, professores e funcionários dessas instituições.

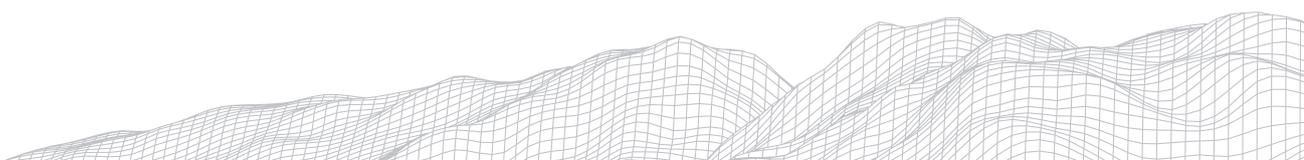
#### 4. Considerações Finais

A inexistência de uma cultura de segurança, a ausência de proteção física e a falta de treinamento específico, além da temática não ser vista nos currículos dos vários níveis de ensino, apontam para a iminência de desastres de conotação ligada a movimentos gravitacionais. Sugere-se a criação de Grupos Municipais de Atenção a Desastres, nas instituições situadas em áreas de maior risco, formados por professores, funcionários e quando possível, também por alunos, mobilizáveis a qualquer tempo, com apoio da Defesa Civil Municipal. Com base nas propostas das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (UNDRR, 2019), assim como nas Normas de Prevenção de Desastres nos Municípios (CNM, 2016), se propõe também:

Inserir noções de Risco e Desastre Ambiental nos currículos do Ensino Básico e de cursos correlatos da graduação de Faculdades e Universidades, associadas a treinamentos periódicos de evacuação e procedimentos de proteção frente aos eventos. Nas creches este treinamento ficaria a cargo de funcionários e professores. Já existem, em nível internacional, planos de ensino, jogos e atividades onde os próprios alunos participam ativamente na elaboração de mapas de risco de suas comunidades.

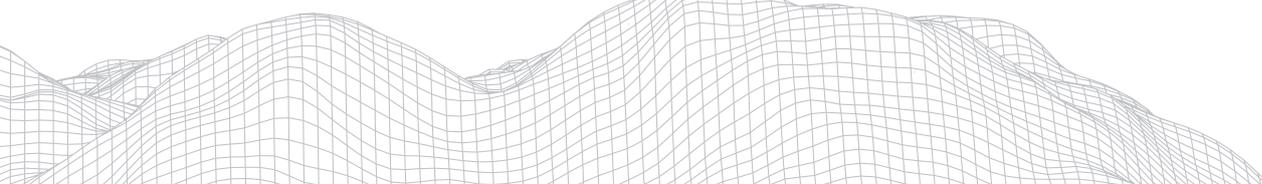
Envolver as autoridades públicas, enfatizando a obrigatoriedade das mesmas se responsabilizarem pela segurança e qualidade de vida de todos os cidadãos, especificamente estudantes, professores e funcionários das instituições de ensino da cidade, incentivando a criação de políticas públicas relacionadas ao tema.

Desenvolver maior interação e papel de destaque de universidades e institutos de pesquisa do município, objetivando melhorar a promoção e aplicação do conhecimento científico relacionado às causas e vulnerabilidades frente aos desastres e aos efeitos de riscos e desastres naturais que ocorrem nas comunidades.



## Referências

- AHRENDT, A. **Movimentos de massa gravitacionais- proposta de um sistema de previsão: aplicação na área urbana de Campos do Jordão - SP.** 2005. 390p. Tese (Doutorado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo - USP, São Carlos. 2005.
- ANDRADE, F. **Movimento de blocos rochosos: um estudo acerca do risco e sua percepção no Morro do Cristo em Juiz de Fora, MG.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Juiz de Fora. 2015.
- ANDRADE, L.B. **Riscos ambientais e contextos escolares: desvelando limites e potencialidades do programa de educação ambiental do estado de Minas Gerais.** 2016. 97 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Juiz de Fora. 2016.
- ARCMAP. **ARCGIS/ESRI.** Copyright 2020. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-enterprise/overview>. Acesso em: junho 2021.
- CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais). **Movimento de Massa.** Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/deslizamentos/>. Acesso em: setembro de 2021.
- CNM (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS). **Defesa Civil e Prevenção de Desastres: como seu Município pode estar preparado.** Brasília: CNM, 2016. Disponível em: [https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/Defesa\\_Civil\\_e\\_Prevencao\\_de\\_Desastres.pdf](https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/Defesa_Civil_e_Prevencao_de_Desastres.pdf). Acesso em: maio de 2021.
- EDUARDO, C.C. **Cartografia geomorfológica comparada: aplicações no município de Juiz de Fora (MG) como subsídio ao planejamento.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Juiz de Fora. 2018.
- EXCEL. Microsoft Inc. Copyright 2020. Disponível em: <https://office.live.com/start/Excel.aspx?ui=pt-BR>. Acesso em: maio 2021.
- GOOGLE EARTH PRO. Google Inc. Copyright 2020. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: maio 2021.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Cidades.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/2019>. Acesso em junho 2021.
- KÖPPEN, W. **Roteiro para classificação climática.** [S.l: s.n.]. Mimeog. 6p.
- LATEH, H.; GOVINDASAMY, V. Secondary school students and their awareness on landslide hazard in Penang Island, Malaysia. **International Journal of Scientific & Technology Research**, vol. 1, n. 4. 2012.
- LIBERAL, E.F. *et al.* Escola segura. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, vol. 81, n. 5. 2005.
- LUCAS, R.A.P.A. *et al.* **Monitoramento de chuvas e deslizamentos em escolas públicas localizadas em áreas de risco geológico: a experiência na Escola Estadual Maria Helena Duarte Caetano, Bairro Cota 200 em Cubatão-SP.** Anais do VII Congresso Nacional de Educação (Conedu). Maceió. 2020.
- MARCHEZINI, V. *et al.* Vulnerabilidade escolar frente a desastres no Brasil. **Territorium**, Portugal, vol. 25(II). 2018.
- MARTINS, M. **Escolas sob risco de desabar interditadas em PE.** Disponível em: <https://www.blogdomagno.com.br>. 2007. Acesso em: junho 2021.
- MEC (Ministério da Educação). **Cursos e instituições.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/pec-g/cursos-e-instituicoes>. Consulta em: junho 2021.
- MENDONÇA, M. Disaster education for landslide risk reduction: an experience in a public school in Rio de Janeiro state, Brazil. **Natural hazards**, vol. 89, n.1. 2017.
- NOVILLA, R.B. Geophysical risks and exposure of public school buildings in Samar. **Journal of Academic Research**, vol.



3, n. 2. 2018.

O GLOBO. **Escolas buscam formas de educar em meio a cotidiano de violência.** Disponível em: <https://oglobo.com/sociedade/educacao/escolas-buscam-formas-de-educar-em-meio-cotidiano-de-violencia-16579542/2017>. Acesso em: dezembro 2020.

PAIK, S.; TIWARI, P. Mapping schools in areas prone to natural hazards in India: understanding context to plan for long-term benefit. **An interdisciplinary approach for disaster resilience and sustainability.** Springer, Singapore. 2020.

PALU JÚNIOR, A.; LONGO, O.C. **Análise dos movimentos de massa em área urbana: o caso do bairro Dom Giocondo.** VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ. Agosto de 2010.

PAZZI, V. *et al.* Assessing the safety of schools affected by geo-hydrologic hazards: the geohazard safety classification (GSC). **International Journal of disaster risk reduction**, vol. 15, n. 80. 2016.

PMJF (Prefeitura Municipal de Juiz de Fora). **Secretaria de Educação.** Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/se/index.php>. 2020. Acesso em: maio 2021.

ROCHA, G.C. **Riscos Ambientais: análise e mapeamento em Minas Gerais.** Juiz de Fora. Editora da UFJF. 2005.

SEGPR (Secretaria de Educação do Governo do Paraná). **Acidentes no ambiente escolar:** uma discussão necessária. In: Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE. vol.1, Curitiba, 2014.

SILVA, C. **Escolas de Santa Cruz seguem sem PPCI e sob risco constante.** Disponível em: [http://www.gaz.com.br/conteudos/regional/2019/03/28/142624-escolas\\_de\\_santa\\_cruz\\_seguem-sem-ppci-e-sob-risco-constante.html](http://www.gaz.com.br/conteudos/regional/2019/03/28/142624-escolas_de_santa_cruz_seguem-sem-ppci-e-sob-risco-constante.html). Acesso em: maio 2021.

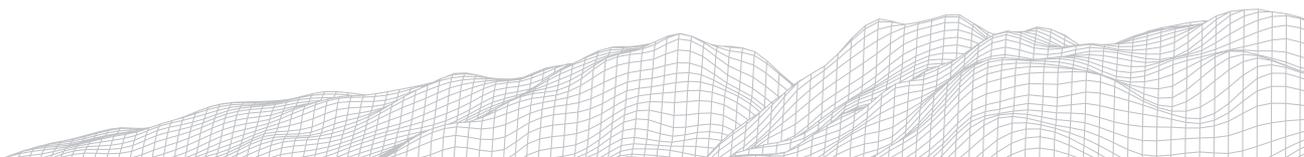
SILVA, J.P. **Por que SST nas escolas?** Disponível em: <http://antigo.fundacentro.gov.br/dia-10-de-outubro/por-que-sst-nas-escolas/2012>. Acesso em: junho 2021.

TAWAS, S.K.A.; MILLAN, M.S.R. Susceptibility and proximity of schools to potential landslides in Agusan del Sur: a spatial analysis. **Revista Geintec**, vol.11, n.3. 2021.

UNDRR (Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres). Disponível em: <https://eird.org/esp/acerca-eird/marco-accion-esp.htm/2019>. Acesso em: junho 2021.

UNICEF (United Nations Children's Fund - 2012). **Unicef and Disaster Risk Reduction.** Disponível em: [http://www.unicef.org/malaysia/UNICEF\\_and\\_Disaster\\_Risk\\_Reduction.pdf](http://www.unicef.org/malaysia/UNICEF_and_Disaster_Risk_Reduction.pdf). Acesso em: junho 2021.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental.** Rio de Janeiro. Edição do autor. 2001.



# MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE POTENCIA NATURAL DO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ POTIGUAR

1017

---

*Luana Carla Mariz da Silva*

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte-Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES)*

*Rua Joaquim Gregório, SN, Penedo, Caicó-RN, CEP:59.300.000*

*E-mail: luanamariz21@hotmail.com*

*Jaedson Zeferino de Araújo*

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES)*

*Rua Joaquim Gregório, SN, Penedo, Caicó-RN, CEP:59.300.000*

*E-mail: jaedsonzeferino@gmail.com*

*Saulo Roberto de Oliveira Vital*

*Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza - Campus I.*

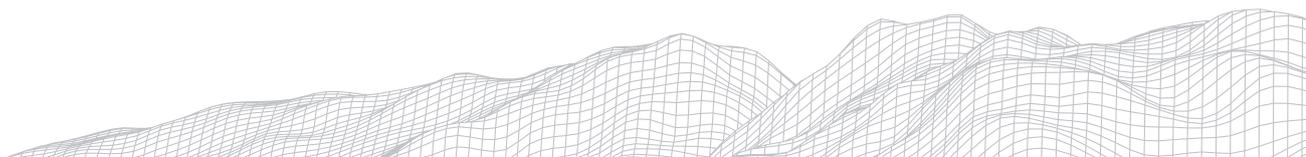
*Castelo Branco, João Pessoa-PB – Brasil, CEP:58051900*

*E-mail: saulo.vital@academico.ufpb.br*

### Resumo

O presente artigo tem como objetivo realizar o mapeamento da fragilidade ambiental potencial natural sob a delimitação dos municípios de Acari, Caicó, Carnaúba dos Dantas, Currais Novos, Equador, Jardim do Seridó e Parelhas. Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos a partir da álgebra de mapas em ambiente SIG, utilizando o Modelo de Fragilidade Ambiental proposta por Spörl e Ross (2004). O diagnóstico de fragilidade é obtido através de variações integradas das classes de declividade, solos, cobertura vegetal e pluviosidade, dispostas em categorias hierárquicas de fragilidade, utilizando-se dos vários graus de instabilidade que variam de baixo à muito alto, na qual, cada componente recebeu a classificação de peso que vai de 1 a 5, fundamentais para determinar o grau de fragilidade ambiental na área do núcleo de desertificação do Seridó.

**Palavras-chave:** Fragilidade Ambiental; Núcleo de Desertificação; Seridó potiguar.



## 1. Introdução

Nas décadas que correspondem a transição dos séculos XX e XXI, observa-se gradativamente na história da humanidade, uma intensificação nos processos antrópicos sob o meio físico-natural. Tais atividades, passam a ser desenvolvidas através de processos indiscriminados de exploração, uso e ocupação dos recursos naturais pelos homens, resultando em modificações no espaço geográfico, gerando impactos negativos à natureza e conseqüentemente ao homem que faz uso dela.

A fragilidade dos ambientes naturais, estabelece-se com maior intensidade segundo ROSS (2011, p. 63), com o crescimento do uso das técnicas, as mudanças nos padrões socioculturais e a “explosão” com o excedente populacional nas cidades, interferem cada vez mais no ambiente natural em busca de recursos para continuarem reproduzindo seus padrões de consumo. Influenciando um desequilíbrio nas relações sociais, culturais, econômicas e ambientais.

Este trabalho visa analisar e descrever as etapas dos estudos de fragilidade ambiental e o seu desenvolvimento no recorte espacial do Núcleo de Desertificação do Seridó Potiguar no estado do Rio Grande do Norte, fazendo uso da metodologia elaborada por Spori & Ross (2004) do Modelo de Fragilidade Potencial Natural, utilizando os dados de classes para se encontrar seus graus de fragilidade. As classes que serão trabalhadas para se obter o produto de fragilidade ambiental, são as classes de declividade, solos, cobertura vegetal e pluviosidade.

Para este recorte espacial, passou a ser aplicada a sobreposição de quatro camadas para efeito de comparação, e uma posterior análise do grau de fragilidade que se almejou encontrar para a área de estudo.

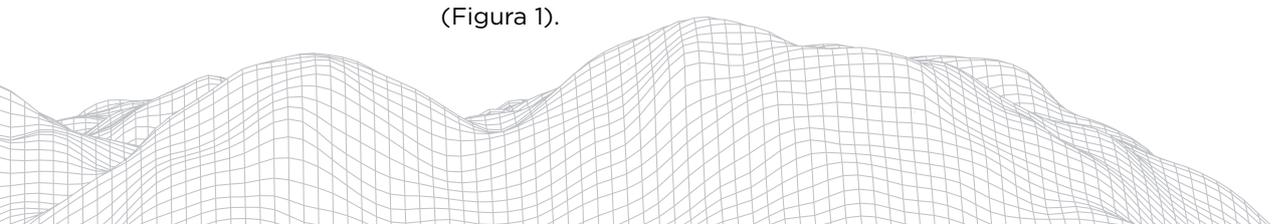
A aplicabilidade dessa metodologia será realizada em um recorte espacial que encontra-se inserido na região do semiárido. O semiárido brasileiro (SUDENE, 2017), é constituído de um clima que carrega características de subúmido à semiárido, fortemente marcado pela escassez e estresse hídrico, descontinuidade temporal e espacial de chuvas, além das elevadas taxas de evaporação dos corpos hídricos.

As condições de semiaridez, para o estado do Rio Grande do Norte são prevalentes em quase todo o território, deste modo, esta situação coloca o estado sob o alerta de eventos naturais extremos, além da interferência antrópica, como atenuante desses eventos. Diante deste quadro, a importância de analisar os impactos ambientais e o incremento das atividades antrópicas nessa região, são se suma importância para a compreensão e delimitação das áreas de fragilidades ambientais que se fazem presentes.

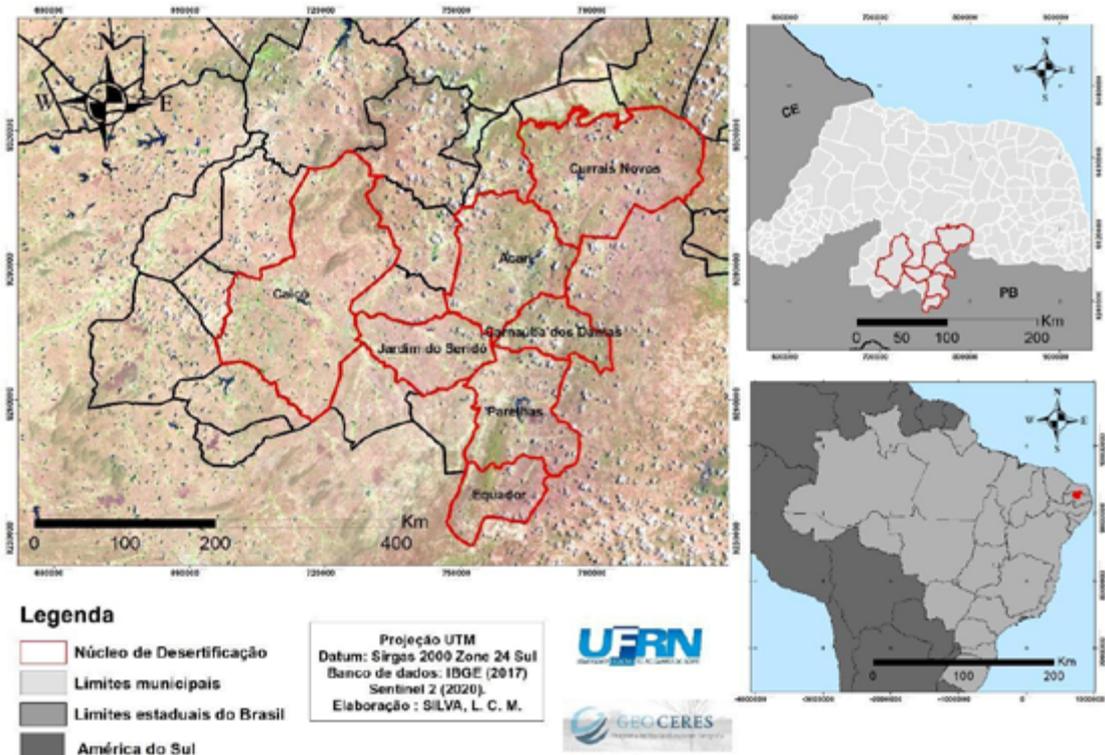
Desta forma, o objetivo deste trabalho é fazer uso do modelo de Fragilidade Ambiental de Ross, área do Núcleo de Desertificação do Seridó potiguar, e posteriormente, com o produto de mapas cartográficos, realizar a etapa de análise conclusiva dos resultados. A importância em diagnosticar as fragilidades ambientais nessa região, contribui para a definição de ações eficientes e diretrizes claras como ferramenta para um melhor planejamento e gestão do território.

## 2. Área de Estudo

A área de estudo fica localizada no núcleo de desertificação do Seridó Potiguar no estado do Rio Grande do Norte, composto por sete municípios, Acari, Caicó, Carnaúba dos Dantas, Currais Novos, Equador, Jardim do Seridó e Parelhas (Figura 1).



Estudos realizados por Vasconcelos Sobrinho (1982) identificaram os núcleos de desertificação, como áreas pilotos, consideradas com um alto nível de degradação da terra, que precisam ser estudadas e tomadas as devidas providências para impedir seu avanço e recuperá-las (BRASIL, 2005).

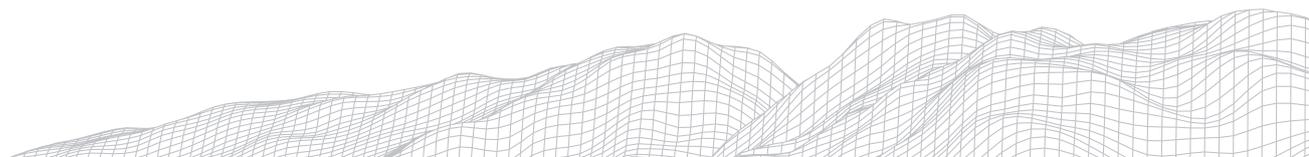


**FIGURA 1:** Mapa de localização do Núcleo de Desertificação do Seridó Potiguar.  
**FONTE:** SILVA, 2021.

Geologicamente a área de estudo faz parte da província da Borborema, inserido no domínio Rio Piranhas, compostos por rochas metaplutônicas e metavulcanossedimentares de idade paleoproterozóico-riacina que faz parte do Complexo Caicó. Ainda dentro deste domínio se tem a cobertura de rochas suprascrustais do Neoproterozóico das Faixa Seridó do Grupo Seridó que integra a formação Serra dos Quintos, Jucurutu, equador e Seridó de origem metamórfica (gnaisses, mármore, quartzitos, xistos e etc.) (ANGELIM; MEDEIROS; NESI, 2006).

Quanto a caracterização geomorfológica da área, segundo Maia, Amaral e Gurgel (2013, p.27) em sua maior parte são compostas pela Depressão Sertaneja, que de acordo com os mesmos são “forma de extensas superfícies aplainadas, interrompidas por relevo isolados”, compostas por rochas mais resistentes do que seu entorno rebaixado, sua topografia varia de plana a suavemente ondulada. Tem-se também nesta área os Maciços Estruturais, compostas por extensas elevações, sobretudo na direção NE-SW, distinguindo-se da depressão sertaneja com superfícies de maior elevação e com variações altimétricas.

Os solos, conforme o mapa da Embrapa (2020) a área é composta por duas classes, Neossolos Litólicos e Luvisolos Crômicos. Os Luvisolos são solos rasos e com características distintas de um horizonte para o outro, são compostos de argila de alta atividade o que conseqüentemente aumenta o ponto de murcha permanente e diminui a disponibilidade de água para as plantas (CUNHA, et al,



2010). Já os Neossolos Litólico, são muito rasos, com quantidade de cascalho elevada, baixa porosidade total, baixa capacidade de campo e baixo armazenamento de água, essas características fazem com que os solos não consigam reter água, influenciando diretamente nos aspectos da vegetação, apresentam composição argilosa, porém bem menos do que os Luvisolos (SANTOS, 2017).

O clima é classificado como semiárido, do tipo Tropical de Zona Equatorial (NIMER, 1977), com período de 7 a 8 meses seco. No quesito precipitação é muito instável, onde anos na média, anos abaixo da média e anos acima da média, com características de chuvas intensas e concentradas. A alta variabilidade das chuvas são um padrão recorrente nesse cenário.

A vegetação é composta por uma Caatinga hiperxerófila classificada pelo IBGE (2012) como Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa. A Caatinga do Seridó apresenta em sua maioria vegetação herbácea com arbustos espaçados, tendo como característica a presença de cobertura de capim panasco (Kuhlmann,1977).

### 3. Metodologia

Para elaboração da presente pesquisa, utilizou-se de artigos científicos acerca do tema, além de uma base de dados ambientais para elaboração dos produtos no Sistema de Informação Geográfica (SIG) onde foi utilizado o software QGIS 3.16 e dados geoambientais tais como, declividade, índice de vegetação, solos e a média de precipitação para produção do Mapa de Fragilidade Ambiental.

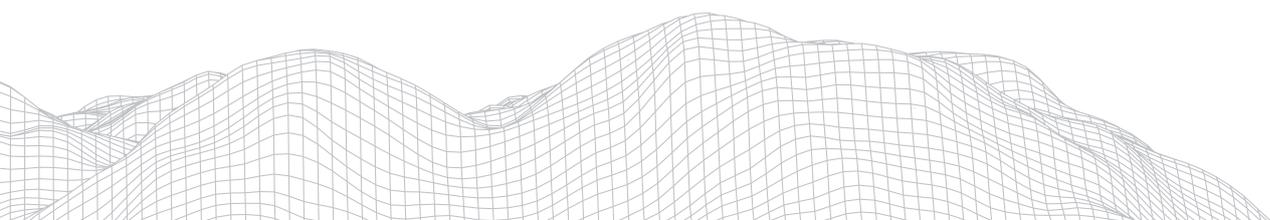
Esses critérios foram adotados segundo a metodologia de Ross (1994) com adaptações de Spörl e Ross (2004) do Modelo de Fragilidade Potencial Natural com o apoio nas classes de declividade.

O mapa de declividade foi gerado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM do projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com imagens de resolução espacial de 30 metros. A partir dessas imagens foram geradas curvas de nível de 20 metros e em seguida criado o TIN pelos métodos triangular onde foi formado um arquivo raster que foi utilizada para gerar a declividade em porcentagem. As classes de declividade foram classificadas segundo Ross (1994) com adaptações de acordo com a área de estudo.

Desse modo as classes ficaram da seguinte maneira: 0 - 6% plano; 6 - 13% suave ondulado; 13 - 25% ondulado; 25 - 45% escarpado; >45% forte escarpado. e logo após reclassificadas com os pesos de 1 a 5 para o grau de fragilidade de acordo com metodologia de Spörl e Ross (2004).

Para preparação do mapa de solos foi utilizado dados no formato vetorial (*shapefile*) de solos do Brasil da Embrapa (2020), onde foi feito o recorte da área de estudo com o dado vetorial dos limites dos municípios do núcleo de desertificação do Estado do Rio grande do Norte disponibilizados pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Já para elaboração do índice de vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) proposto por Rouse et al (1973), foi utilizado imagens do Satélite Landsat-8 (OLI) de outubro de 2020 do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). As imagens selecionadas correspondem a órbita 215 nos pontos 64 e 65 e foram trabalhadas com as bandas B4 e B5 que tem resolução espacial de 30 metros. Em seguida foi realizado a projeção da área para SIRGAS 2000 UTM 24 Sul, posterior foi feita a conversão de radiância para reflectância planetária no topo da atmosfera com os dados disponíveis no arquivo MLT do Landsat-8 das bandas 4 e 5 e aplicado na equação disponível no site da USGS:



$$\rho\lambda' = ((M_p \times Q_{cal}) + A_p) / \theta_{SE}$$

$\rho\lambda'$  = Reflectância do topo da atmosfera;

$M_p$  = Parâmetro do metadado REFLECTANCE\_MULT\_BAND x, onde x é o número da banda;

$A_p$  = Parâmetro do metadado REFLECTANCE\_ADD\_BAND x, onde x é o número da banda;

$Q_{cal}$  = É o valor do número digital de cada DN, ou seja, a própria banda;

$\theta_{SE}$ : Ângulo de elevação do sol.

Após a preparação dos dados foi realizado o cálculo do NDVI, que é um índice de vegetação que representa a condição da vegetação se estão saudáveis, estressada ou morta, utilizado para analisar imagens Sensoriamento Remoto. Representa o contraste espectral entre a resposta das plantas verdes nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, para se obter esse resultado é calculado na ferramenta calculadora raster com a seguinte equação:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

NDVI=Índice de vegetação por diferença normalizada;

NIR= Imagem do infravermelho próximo;

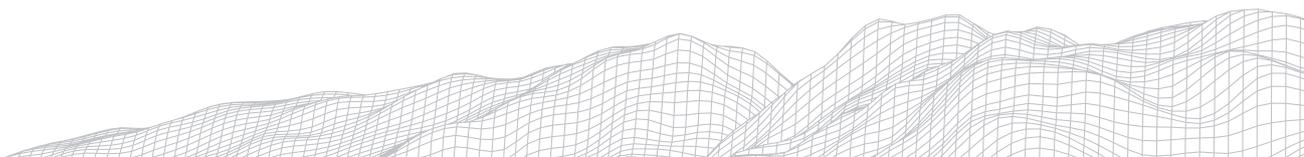
R= Imagem do vermelho.

Para a precipitação, foi realizado a partir de dados da Emparn da média histórica dos anos de 1963 e 2006, gerados através da interpolação, obteve a distribuição das médias. Todas as variáveis geradas foram transformadas no formato vetor (shapefile) para o formato raster (TIF) e posteriormente submetidas ao processo de reclassificação com a ferramenta r. recode, onde foram atribuídos pesos de 1 a 5 de acordo com as classes de cada variável. Por último para obter a fragilidade potencial natural foi realizado o método de sobreposição ponderada (álgebra de mapas).

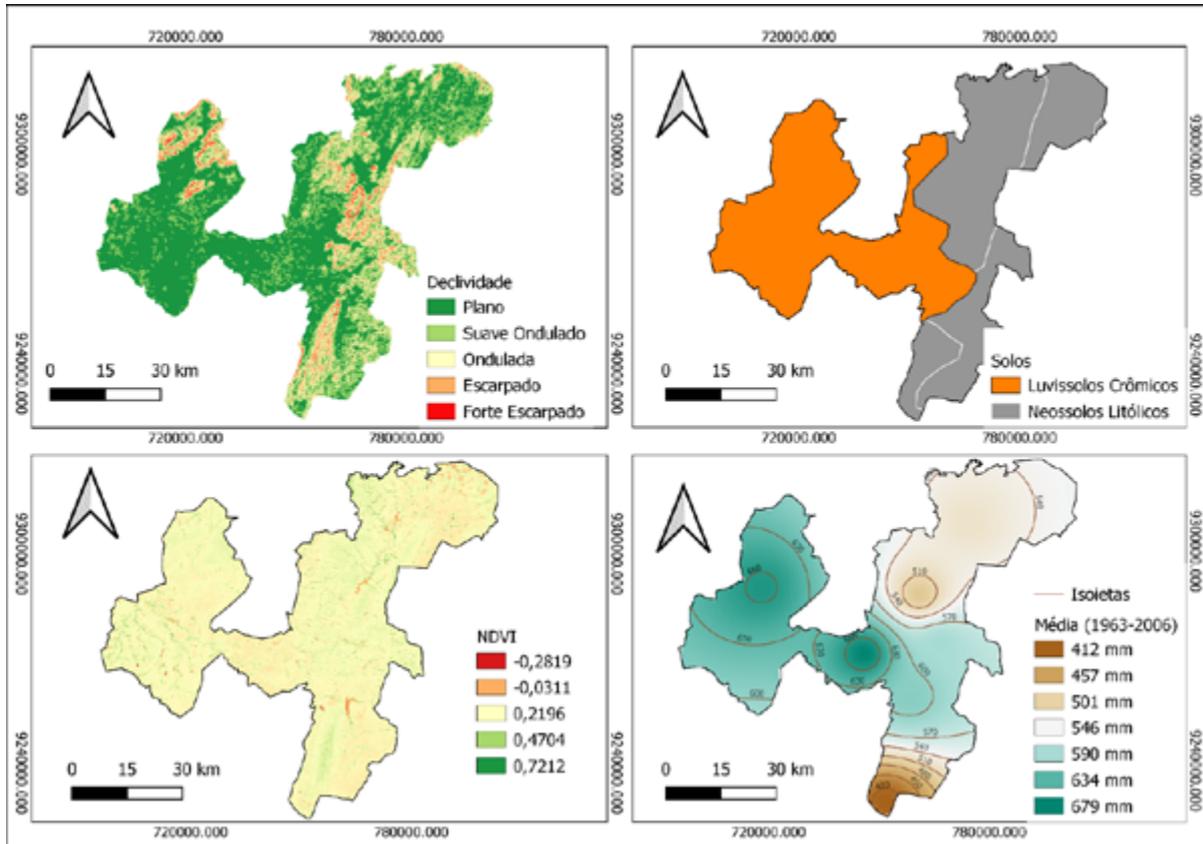
#### 4. Resultados e Discussões

O produto gerado da fragilidade potencial natural do núcleo de desertificação do Seridó potiguar esta pautada nas características dos aspectos físicos-naturais, resultado da relação entre declividade da área, tipos de solos, aspecto da vegetação e precipitação. A análise do critério declividade mostrou que o terreno apresentou 52% de área plana, 26% suave ondulado, 18% ondulado, 3% escarpado e 1% forte escarpado. De acordo com o mapa de interpolação gerado para a classificação da fragilidade, as médias anuais variam, com menor precipitação em Equador 412 mm, e maior precipitação em Jardim do Seridó com 679 mm, essa média foi gerada dos anos de 1963 a 2006. Quanto aos solos o Luvisolos Crômicos representa 49% da área e os Neossolos 51% (Figura 2).

Já o NDVI possibilita identificar vegetação de outros tipos de cobertura da terra, dessa maneira valores negativos representam corpos d'água, estrutura artificiais, nuvens, rochas e quanto ao solo exposto os valores correspondem a 0,1 a 0,2, bem como 0,2 e 0,5 associados também a vegetação esparsa. Quanto a vegetação mais densa e saudável equivale a valores acima de 0,5 (Rosendo, 2005). Diante disso a área mostrou-se com uma porcentagem de 52,75% dos valores entre 0,2196 a 0,4704 o que corresponde a vegetação com densidade



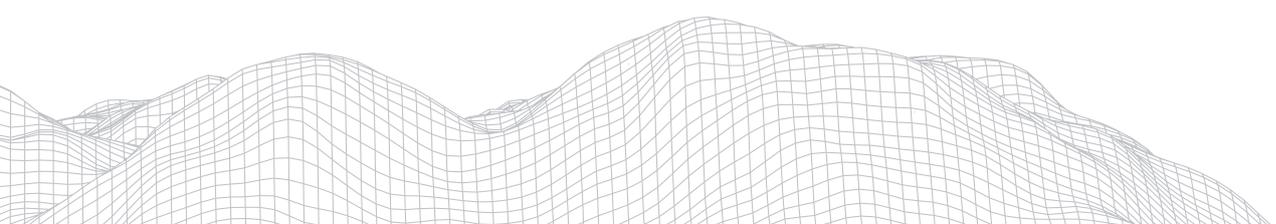
média e 46,09% dos valores 0,2196 e valores abaixo equivalem a áreas de solo exposto, rios e estradas, apenas 0,67%, menos de um por cento do NDVI 0,7 o restante corresponde a valores negativos (Figura 2). Esses valores só retratam a característica da vegetação da Caatinga, bem como o período das imagens que refletem ao período seco onde a vegetação fica com aspecto morto.



**FIGURA 2:** Mapas das variáveis Declividade, Solos, NDVI e Interpolação.  
**FONTE:** SRTM/TOPODATA; EMBRAPA: LANDSAT8; EMPARN. Elaboração dos autores.

Após a produção dos mapas de cada uma das características, foram atribuídas peso e classificadas de acordo com seu grau de fragilidade, muito baixa (peso 1), baixa (peso 2), Média (peso 3), alta (peso 4) e muito alta (peso 5), como mostra na Tabela 1.

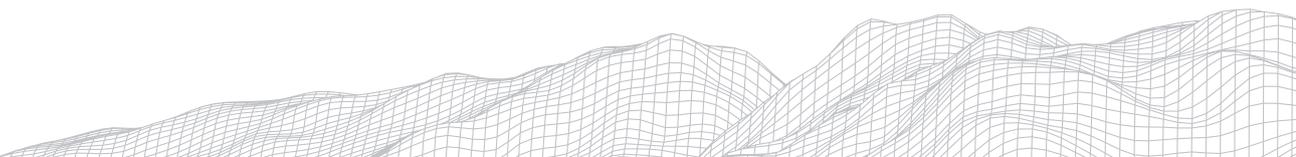
**TABELA 1**  
 Peso e fragilidade das classes físicos-naturais.

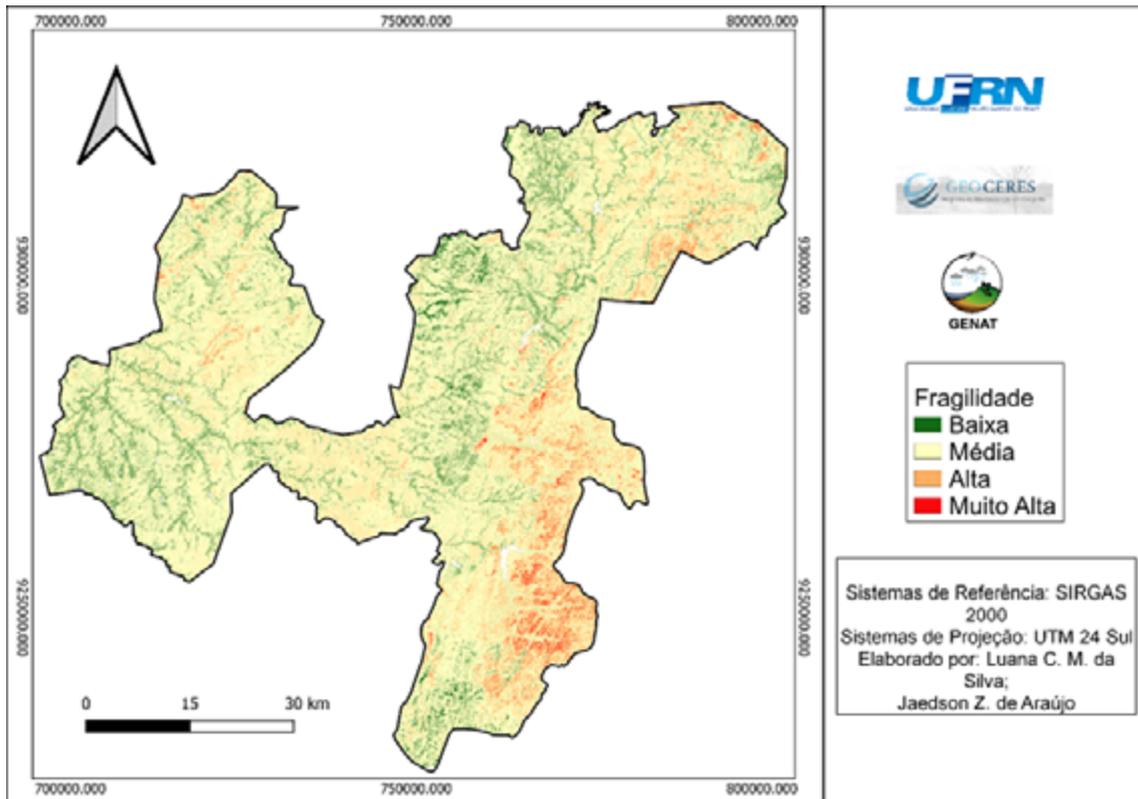


Classe de Declividade	Peso	Fragilidade
0 - 6%	1	Muito Baixa
6 - 13%	2	Baixa
13 - 25%	3	Média
25 - 45%	4	Alta
>45%	5	Muito Alta
<b>Classes de Solo</b>	<b>Peso</b>	<b>Fragilidade</b>
Luvisolos Crômicos	4	Alta
Orticos		
Neossolos Litólicos	5	Muito Alta
Eutróficos		
<b>Classe de Vegetação</b>	<b>Peso</b>	<b>Fragilidade</b>
-0,23	5	Muito Alta
-0,03	4	Alta
0,22	3	Média
0,47	2	Baixa
0,72	1	Muito Baixa
<b>Classes de Precipitação</b>	<b>Peso</b>	<b>Fragilidade</b>
<b>Média Anual</b>		
412	3	Média
536	4	Alta
586	4	Alta
627	5	Muito Alta
679	5	Muito Alta

**FONTE:** Ross (1994) com adaptações.

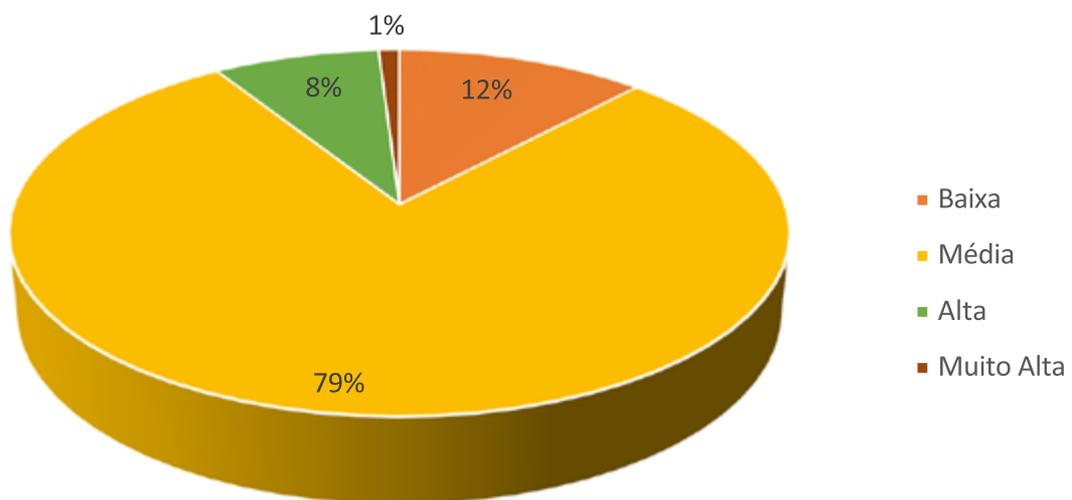
A área apresentou quatro classes de fragilidade: 1) Baixa; 2) Média; 3) Alta e 4) Muito Alta (Figura 3), que foram quantificados em porcentagem (%), de acordo com a figura 4.





**FIGURA 3:** Mapa de Fragilidade Natural do Núcleo de Desertificação.

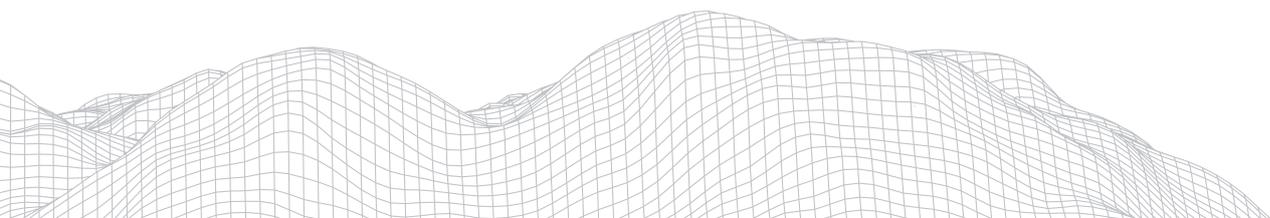
**FONTE:** Elaboração dos autores.



**FIGURA 4:** Porcentagem das Classes de Fragilidade.

**FONTE:** Elaboração dos autores.

A classe Baixa de fragilidade ocupa 12% do território e encontra-se nas áreas de declividade de 0 a 13%, presentes tanto nas classes de Luvissolos como de Neossolos e associadas a baixa precipitação da região, o que indica que os processos erosivos nesses ambientes são mais lentos.



Já a classe Média de fragilidade representa a maior porcentagem da área com 79% e estão relacionadas com as classes de declividade de 0 a 8% em sua grande maioria bem como também se encontra em pontos de declividade de 8 a 13% e de 13 a 25%, presentes também nesses ambientes Neossolos e Luvisolos, visto que são as únicas classes de solos presente nos municípios mapeados. Esta relação indica processos mais intensos, por influência da maior declividade como indica os resultados.

A fragilidade Alta apresenta 8% da área, e estão em locais com declividade acima de 25% como mostra no mapeamento. A erosão nesses ambientes pode acontecer naturalmente em decorrência da maior declividade, o mesmo se aplica a classe de 1% de Alta fragilidade, menor grau de fragilidade da área mapeada, também se encontra localizada em pontos com declividade alta, em relação às classes mapeadas anteriormente. Este mapeamento não identificou a classe muito baixa.

As classes altas e muito alta ficam localizadas em sua grande maioria na porção leste e norte onde se tem as maiores declividades devido a presença dos maciços estruturais do Planalto da Borborema. Enquanto que a baixa fragilidade representa 12%, mas não significa dizer que estão ausentes do processo de degradação, uma vez que o mapeamento mostra as condições naturais do terreno do seu equilíbrio dinâmico natural, não levando em consideração as ações sociais.

A fragilidade média representa a maior classe da área 79%, é uma área bastante expressiva que merece atenção, quanto se trata do planejamento ambiental, visto que é uma área que está em transição de áreas de baixa fragilidade para alta fragilidade.

## 5. Considerações Finais

O mapeamento da Fragilidade Ambiental Potencial Natural, mostrou-se eficaz quanto aos critérios geoambientais adotados e os resultados obtidos. Da perspectiva da dinâmica natural, constatou que o Núcleo Seridó Potiguar, apresenta uma tendência a degradação ambiental, com a elevada taxa de média fragilidade, isso reflete as características naturais do ambiente, já que se trata de um núcleo de desertificação que são mais vulneráveis aos processos depredatórios e que podem ser potencializadas se comparadas com ações sociais exercidas nessas áreas.

## Referências

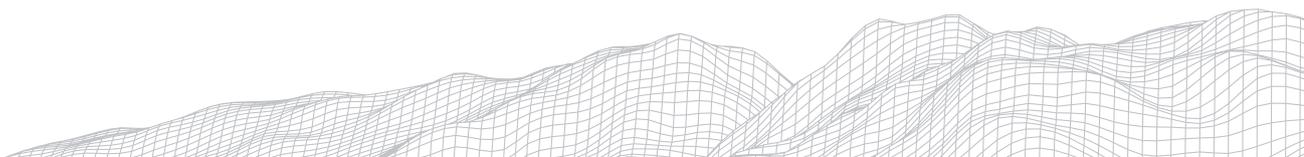
ANGELIM, L. A. A.; MEDEIROS, V. C.; NESI, J. R. **Programa Geologia do Brasil - PGB. Projeto Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte.** Escala 1:500.000. Recife: CPRM/FAPERN, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca - PAN/BRASIL.** Brasília: MMA, 2005.

CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; MELO, R. F. de; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, M. S. L. da; ALVAREZ, I. A. Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Mapa de solos do Brasil. Vector Data. Geoinfo, 2020. Disponível em: < [http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil\\_solos\\_5m\\_20201104](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104)>. Acesso em 8 de jun de 2020.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** (Série Manuais Técnicos em Geociências n. 1), Rio de Janeiro, 2012. 271 p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblio->



teca-catalogo?view=detalhes&id=263011>. Acesso em: 15 jun. 2021.

KUHLMANN, E. Vegetação. In: IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Geografia do Brasil: Região Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

MAIA, R. P.; AMARAL, R. F.; GURGEL, S. P. P. Geomorfologia do Rio Grande do Norte. In: ALBANO, G. P.; FERREIRA, L.; ALVES, A. M. (Org.). **Capítulos de Geografia do Rio Grande do Norte**. Natal: Fundação José Augusto, 2013.

NÍMER, E. Clima. In: IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Geografia do Brasil: Região Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

Rosendo, J. dos S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, 8, 63-74. 2011.

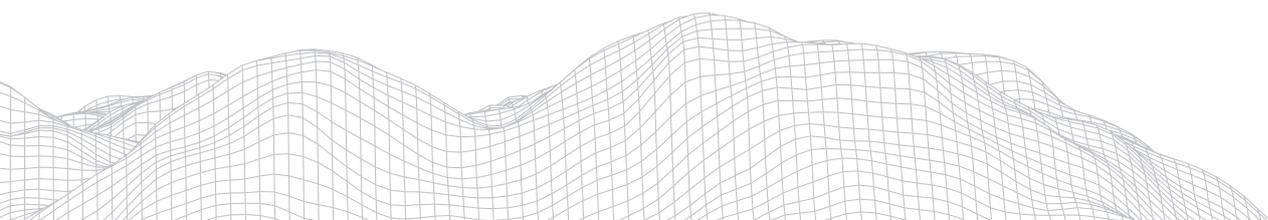
ROUSE J. W; HAAS R. H; SCHELL J. A; DEERING D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Third ERTS Symposium**, NASA SP-351 I, p. 309-317, 1973.

SANTOS, M. C. **Solos do Semiárido do Brasil**. 2 ed. Recife- PE:EDUFRPE, 2017.

SPORL, C; ROSS, J. L.S. Análise comparativa de fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. GEOUSP, **Espaço e Tempo**, São Paulo, N° 15, p. 39-39. 2004.

SUDENE. **Resolução Sudene 107 de 27 de julho de 2017**. Disponível em <http://sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Resolucao-107-2017.pdf>. Acesso em 20 de jun. de 2021.

VASCONCELOS SOBRINHO, João. **Processos de desertificação no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção**. Recife: Sudene, 1982.



# MAPEAMENTO DE GEOINDICADORES E PARÂMETROS DE QUALIDADE AMBIENTAL NA ORLA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

1028

*Tayná Batista Gomes*

*Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense*

*Rua José do Patrocínio, 71, Centro, Campos dos Goytacazes, RJ.*

*CEP: 28010-385*

*E-mail: taynagomes@id.uff.br*

*Carla de Almeida Pontes Buchaul*

*CIDAC - Centro de Informações e Dados de Campos*

*Av. José Alves de Azevedo, 278 - Parque Rosário, Campos dos*

*Goytacazes - RJ, CEP: 28025-497*

*E-mail: carla.pontes@gmail.com*

*Eduardo Manuel Rosa Bulhões*

*Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense*

*Rua José do Patrocínio, 71, Centro, Campos dos Goytacazes, RJ.*

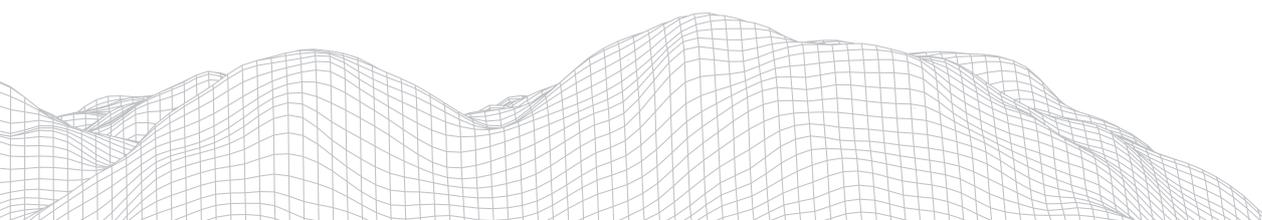
*CEP: 28010-385*

*E-mail: eduardobulhoes@id.uff.br*

### **Resumo**

As dinâmicas das zonas costeiras apresentam aspectos peculiares e por isso os órgãos responsáveis preveem o uso e a ocupação dessas áreas amparadas na Política Nacional do Meio Ambiente, em vigor desde 1981. O município de Campos dos Goytacazes se destaca no estado do Rio de Janeiro por buscar medidas através do Projeto Orla para gerenciar e ordenar os 28km de sua orla marítima, que inclui a localidade de Farol de São Thomé. Diante disso, o presente trabalho tem o objetivo de produzir um diagnóstico socioambiental do estado de conservação atual da orla por meio de geoindicadores e parâmetros de qualidade ambiental. Para isso, coletaram-se dados primários em dez estações ao longo da linha de costa, com suporte de dados secundários do instituto estadual do ambiente (INEA) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA). Além disso, é proposto um protocolo de avaliação baseado na metodologia de diagnóstico da Orla Marítima adaptado e pelos parâmetros de qualidade ambiental propostos pelo MMA, visando estabelecer uma ferramenta periódica de análise da linha de costa. Os resultados apontam para um litoral com baixa vulnerabilidade, no entanto, trechos urbanizados e com ocorrência de processos erosivos, merecem atenção frente aos riscos à deterioração da qualidade ambiental.

**Palavras-chave:** Geoindicadores; Norte Fluminense; Planejamento costeiro.



## 1. Introdução

As zonas costeiras apresentam, de maneira geral, distintos aspectos físicos, morfológicos e paisagísticos que se constituem fatores atrativos para o uso e ocupação dessas áreas. Assim, as pressões antrópicas afetam o ordenamento e o desenvolvimento equilibrado dessas atividades em tais ambientes (SOUZA, 2009).

Diante das preocupações com a fragilidade dos ambientes costeiros e prejuízos econômicos severos que podem ser causados pela dinâmica litorânea e/ou interferência humana, surge à necessidade de que o poder público respalde o planejamento e ordenamento do uso das áreas costeiras como prevê o artigo 225º da Constituição Federal Brasileira.

É nesse sentido que se contextualiza a Lei Federal 6.938/81 que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e ainda, constituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e o Cadastro de Defesa Ambiental dentre outros instrumentos de planejamento, avaliação e controle ambiental. Um dos principais objetivos da PNMA é o estabelecimento de critérios e padrões da qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais.

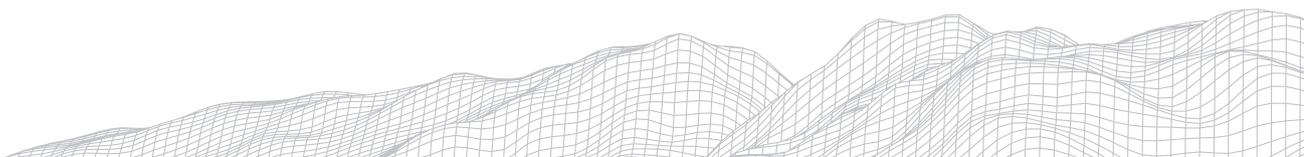
O Projeto Orla se enquadra em uma iniciativa do governo federal, supervisionado pelo Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO), que introduz uma ação sistemática de planejamento da ação local visando repassar atribuições da gestão deste espaço, atualmente alocadas no governo federal, para a esfera do município, incorporando normas ambientais na política de regulamentação dos usos dos terrenos e acréscidos de marinha, buscando aumentar a dinâmica de mobilização social neste processo. Trata-se, portanto, de uma estratégia de descentralização de políticas públicas, enfocando um espaço de alta peculiaridade natural e jurídica: a Orla Marítima (MMA, 2006).

No estado do Rio de Janeiro, o município de Campos dos Goytacazes se destaca pelo esforço em criar medidas eficazes para o ordenamento territorial da orla de Farol de São Thomé. O plano de gestão integrada da orla, homologado em 2015, e pioneiro no Estado, foi formulado a fim de orientar o uso e o ordenamento adequado da orla, com os objetivos de reduzir os impactos causados pela ocupação desordenada e estabelecer o uso compatível às políticas ambientais para promover o desenvolvimento sustentável do litoral.

O presente trabalho visa, de modo geral, produzir um diagnóstico socioambiental na orla do município de Campos dos Goytacazes, no que tange o meio físico e socioeconômico, para subsidiar novas ações referentes ao projeto de gestão integrada da orla marítima baseado no levantamento de dados primários e secundários direcionados para a gestão costeira. Além disso, objetiva aplicar um protocolo de geoindicadores e parâmetros de qualidade ambiental que seja executado em toda orla do município, consolidar o banco de dados geográficos para a análise ambiental na área de estudo e, ajustados às particularidades da orla que esteja disponível para a gestão pública e a população do município.

## 2. Área de Estudo

Segundo Muehe (2003), a zona costeira do Município de Campos dos Goytacazes está inserida no macro compartimento da Bacia de Campos, no Litoral Oriental brasileiro e tem como feição característica a planície costeira do rio Paraíba do Sul.



A formação em Delta desenvolvida na desembocadura do Paraíba do Sul é dominado por ondas e apresenta sequências evolutivas de diferentes idades geológicas, sendo a da atual desembocadura de idade mais recentes enquanto feições mais antigas são encontradas do Cabo de São Tomé em direção ao Sul. (DIAS, 1981; DOMINGUEZ et al. 1981).

O trecho do Cabo de São Tomé em direção ao sul, apresenta barreiras arenosas posicionadas mais próximas ao oceano sob processo de transposição de ondas promovendo erosão costeira e o deslocamento desta feição em direção ao continente. Entretanto, ao norte do Cabo de São Tomé, essas barreiras arenosas apresentam o movimento contrário caracterizando-se como regressivas, influenciadas pela sedimentação do rio Paraíba do Sul.

Desse modo, o Cabo de São Tomé estabelece uma posição limite de características morfodinâmicas diferentes, que influencia, sobretudo nas condições de transportes litorâneo de sedimentos, marcando a inflexão desta parte do litoral Norte Fluminense (CASSAR E NEVES, 1993; MACHADO, 2009).

A linha de costa do município está subdividida entre os distritos Santo Amaro de Campos e Mussurepe, respectivamente nas localidades de Farol de São Tomé e Xexé. Estende-se ao longo de aproximados 28 quilômetros entre o limite sul, na borda norte do Canal das Flechas (com o município de Quissamã) e o limite norte (com o município de São João da Barra) na localidade de Barra do Açú.

Levantamentos recentes mostram que a largura média da praia é de 145,22m com um padrão tendendo a mais largo nas extremidades do sistema praial e mais estreito na porção central. Sob o ponto de vista morfodinâmico, a orla costeira de Campos dos Goytacazes é um ambiente exposto às ondas oceânicas, composto por areias siliciclásticas de granulometria média e grossas e perfis de praia que variam entre o refletivo (ao sul) e ao dissipativo ao norte (RIBEIRO; GOMES; BULHOES, 2016). Tal mudança nas características morfodinâmicas ao longo desta linha de costa se faz em função da mudança na orientação da linha de costa e consequentemente no padrão de incidência das ondas.

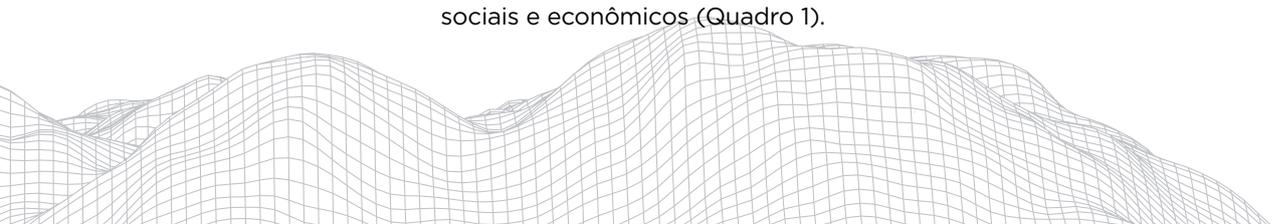
### 3. Metodologia

A estratégia metodológica para o mapeamento de geoindicadores e parâmetros de qualidade ambiental na orla do município de Campos dos Goytacazes partiu da aquisição e compilação de dados primários e secundários, sua organização e composição em banco de dados geográficos.

A coleta de dados primários se deu com levantamentos em campo nas 10 estações de coleta pré-definidas ao longo dos 28 km da orla do município. Nesta etapa foram utilizados equipamentos de posicionamento global, topografia, além de procedimentos padronizados para aquisição de dados observacionais.

Os dados foram coletados em campo através do preenchimento de fichas de avaliação construídas e adequadas à metodologia de Geoindicadores adaptada para o diagnóstico de orla marítima proposta por Corrêa (2013) que utiliza treze geoindicadores visando analisar a estabilidade da faixa de praia através de informações que incluem: grau de exposição; granulometria; estado da vegetação; ocorrência de dunas frontais; largura da faixa de praia; ocorrência de minerais pesados; presença de escarpas e presença de obras de engenharia costeira.

Adicionalmente, a ficha ainda inclui os Parâmetros de Qualidade Ambiental, propostos pelo manual de gestão do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), que se subdividem em dezenove itens relativos aos grupos de parâmetros ambientais, sociais e econômicos (Quadro 1).



### QUADRO 1

Parâmetros de Qualidade Ambiental para o Diagnóstico da Orla Marítima em Campos dos Goytacazes, RJ.

<b>Ambiental</b>	Cobertura da vegetação nativa	Integridades dos Ecossistemas	Presença e grau de proteção das unidades de conservação	Degradação ambiental
	Valores Cênicos	Fragilidade dos Ecossistemas	Balneabilidade	Lixo
	Construções Irregulares	Compatibilidade para uso agrícola	Comprometimento do potencial pesqueiro	
<b>Social</b>	Presença de comunidades tradicionais	Infraestrutura de lazer e turismo	Cobertura urbana	Formas de Acesso
<b>Econômico</b>	Pressão Imobiliária	Uso de recursos pesqueiros	Uso para tráfego aquaviário e/ou portuário	Uso para tráfego aquaviário e/ou portuário

**Fonte:** Adaptado de MMA (2006).

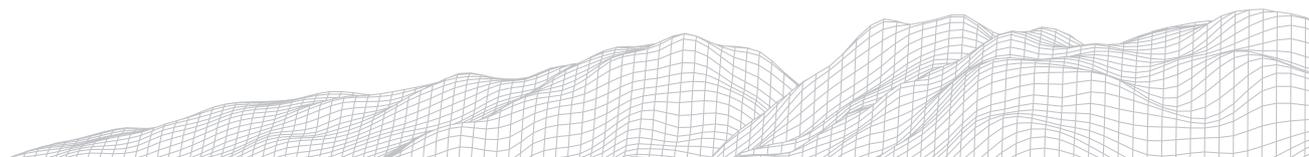
Para classificação e posterior mensuração dos geoindicadores selecionados, foram estabelecidos níveis de vulnerabilidade que variam de baixo, médio e alto. Cada um destes níveis receberam pesos para que a avaliação pudesse ser feita de forma quantitativa, sendo peso 1 para vulnerabilidade baixa, peso 2 para média e peso 3 para alta.

Por fim, esses dados foram tabulados em planilhas no programa Excel 2010, e posteriormente serviram para elaboração de mapas. Estes, foram produzidos com os resultados analisados, utilizando o programas ArcGIS versão 10.7 para detalhar as características dos parâmetros e geoindicadores do litoral do município de Campos dos Goytacazes, destacando os trechos onde requer maior ação preventiva do poder público.

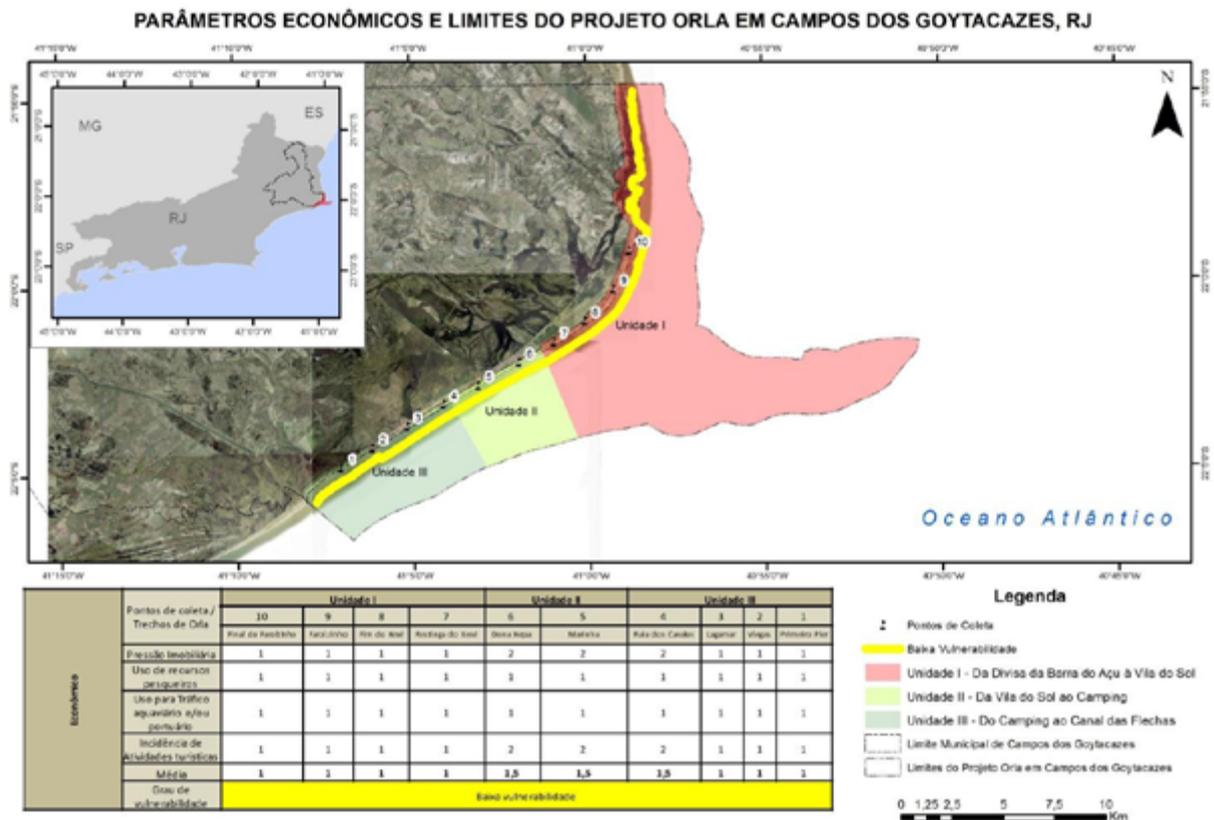
#### 4. Resultados e discussões

Os resultados do diagnóstico foram organizados inicialmente em quatro mapas contendo as informações espaciais e as informações tabeladas por grupo de parâmetros de qualidade ambiental e geoindicadores. A orla, delimitada por três unidades e dez trechos correspondentes às estações de coleta podem ser vistas de forma integrada. No geral há variação entre a Unidade II e as demais uma vez que é nessa que se concentra a maior densidade de habitantes e atividades econômicas.

Sobre os parâmetros econômicos (Figura 1), a baixa vulnerabilidade apresentada nas unidades I, II e III se justifica por conter, em sua maioria, elementos



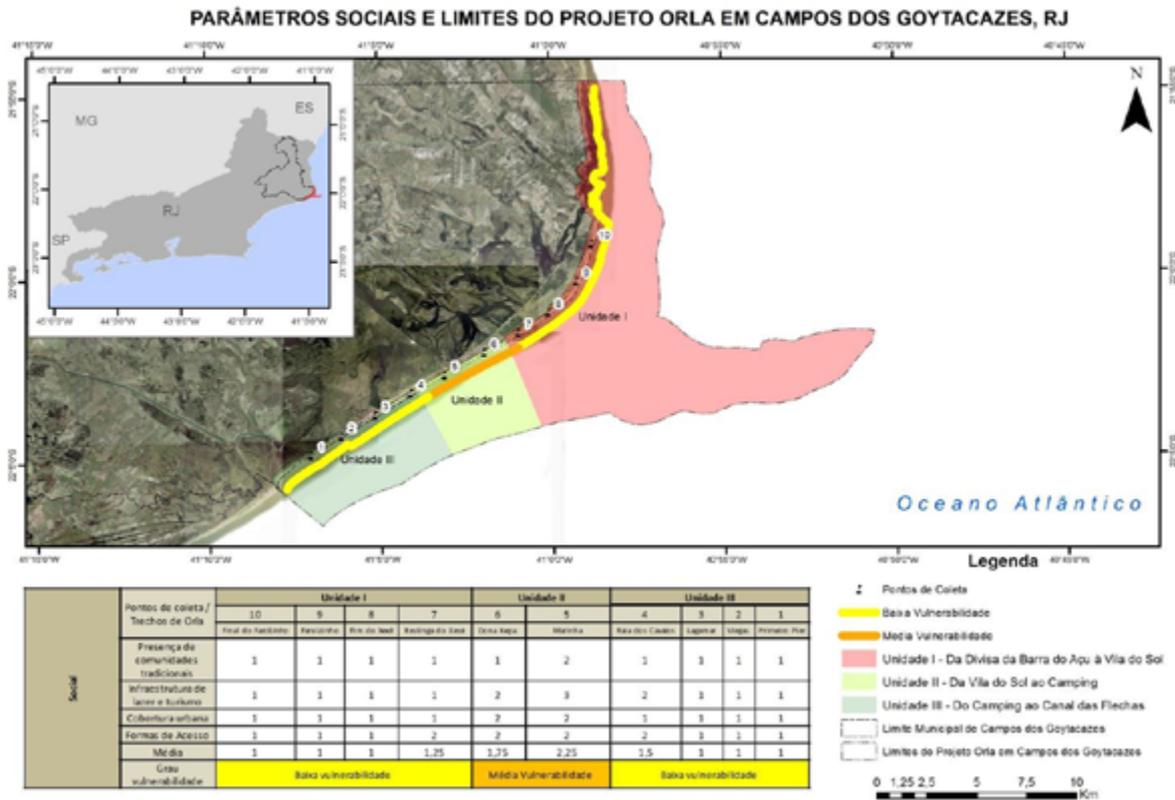
de análise apresentando peso 1. Contudo, destacam-se na unidade II, elementos como pressão imobiliária e incidência de atividades turísticas apresentando média vulnerabilidade. Sobre a pressão imobiliária trata-se de um trecho de orla em plena expansão, com características mistas, entre povoamento tradicional e segunda residência, além da presença de unidades hoteleiras que suportam atividades de turismo de veraneio e da indústria *offshore*. A maior incidência de atividades turísticas materializa-se pela concentração e maior oferta de serviços de estadia, gastronomia, lazer e entretenimento, além dos atrativos naturais. É, portanto, a unidade mais urbanizada e desenvolvida desse litoral.



**FIGURA 1:** Avaliação da distribuição de vulnerabilidades ao longo da orla de Campos dos Goytacazes, resultantes do levantamento de parâmetros econômicos.

Para os parâmetros sociais sintetizados na Figura 2, a unidade II novamente se destaca das demais apresentando média vulnerabilidade, devido, sobretudo às suas características na infraestrutura de lazer e turismo. Representa o trecho mais estruturado nesse sentido em toda orla de Farol de São Thomé e é o foco da análise. Nesta unidade, o trecho mais ao sul referente ao ponto 5 é diagnosticado com média suscetibilidade ambiental caracterizando uma área com comunidades tradicionais distribuídas em núcleos, com menos de 50% da vegetação nativa preservada. É a área com maior diversificação da infraestrutura de lazer e turismo, concentrando restaurantes, quiosques, sorveterias, serviços para recreação e entretenimento, caixas eletrônicas, farmácias, estruturas/postos de atendimentos de órgãos da administração pública, atividades comerciais voltadas ao artesanato, rede hoteleira, calçadão etc. Ainda que seja uma área comercial, predominam construções residenciais, de padrão imobiliário majoritariamente horizontal. Já no trecho de orla referente ao ponto 6, mais ao norte, a presença de comunidades tradicionais é inexistente, o ambiente é bem urbanizado, sendo alta a suscetibilidade ambiental. Neste trecho a infraestrutura é de médio porte, sem calçadão,

com presença de estabelecimentos comerciais, porém em menor concentração em relação ao ponto 5. Observa-se a presença de bares, restaurantes e mercadinhos. É ainda uma área mais residencial que comercial e com padrão imobiliário ainda menos verticalizado. Sobre as formas de acesso essa unidade II apresenta uma pequena malha viária com vias principais asfaltadas e secundárias com pavimentação permeável com acesso à orla por vias transversais.

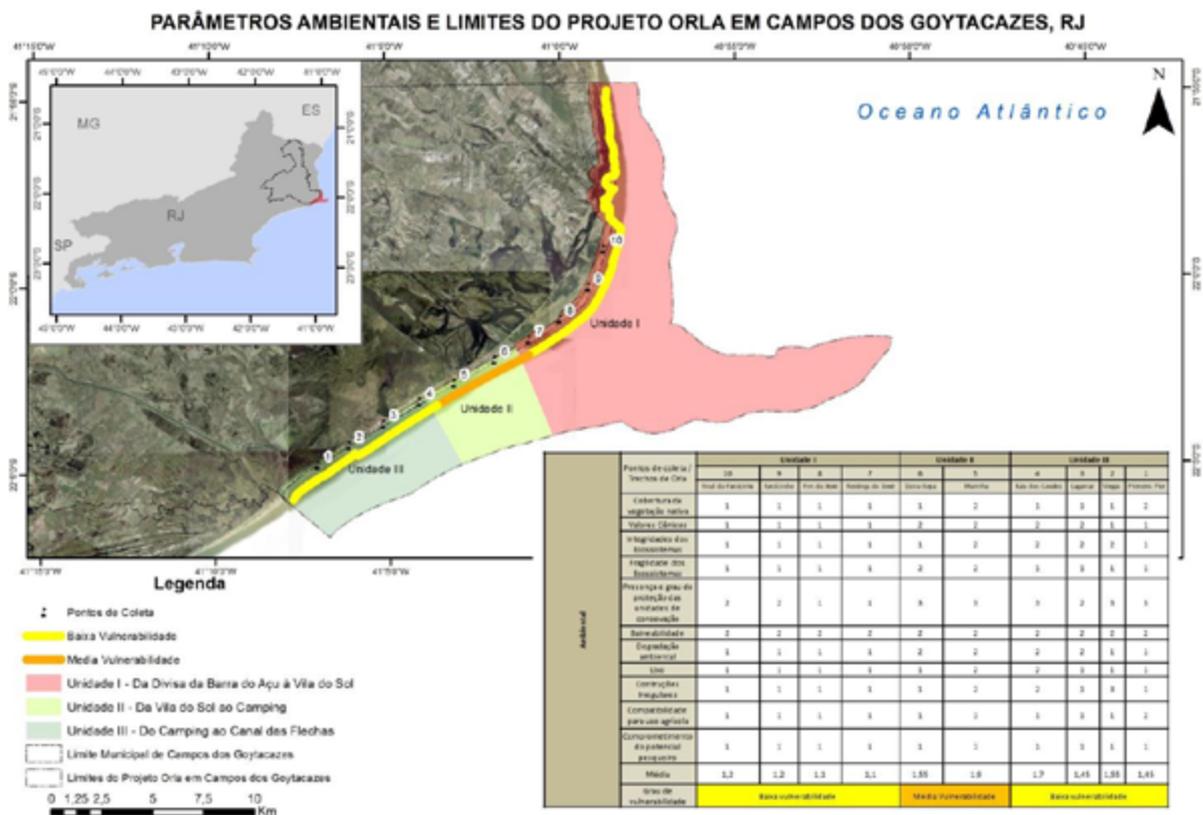


**FIGURA 2:** Avaliação da distribuição de vulnerabilidades ao longo da orla de Campos dos Goytacazes, resultantes do levantamento de parâmetros sociais.

Quanto aos parâmetros ambientais, os quais reúnem o maior número de variáveis analisadas (Figura 3), há certa diversidade. As unidades I e III apresentam baixa vulnerabilidade, já a unidade II, média.

O parâmetro de cobertura da vegetação nativa considera o percentual de área que apresenta um ou vários tipos de cobertura vegetal nativa em relação aos demais usos e ocupações existentes na orla. O estado atual de fragilidade da cobertura vegetal nativa na unidade I foi classificada como predominantemente baixa, pois a cobertura vegetal nativa é íntegra em mais de 70% da paisagem da área. Ressalta-se que nessa unidade há o Parque Estadual da Lagoa do Açu (PELAG), unidade de conservação de proteção integral, o qual abriga o Banhado da Boa Vista, uma lagoa, importantes áreas de restinga e uma extensa faixa de praia, local de desova de tartarugas marinhas, pouso e nidificação de aves migratórias e alguma variedade de espécies ameaçadas de extinção. Esta unidade insere-se em uma área prioritária de proteção pelo Programa de Biodiversidade do Ministério do Meio Ambiente e apresenta alto grau de naturalidade e significância da paisagem natural em pelo menos 70% da área. Quanto à integridade dos ecossistemas, os ativos ambientais caracterizam-se como originais e em pleno equilíbrio ambiental e merece atenção por ser uma área de vegetação de restinga e ainda não urbanizada. Apresenta ambientes degradados em menos de 10% da área da orla na qual não são observadas ocupações irregulares.

Na unidade II, no trecho referente ao ponto 5 a fragilidade dos ecossistemas é classificada como média, pois a vegetação apresenta-se íntegra em pelo menos 30% da área e parcial ou significativamente alterada em até 70%. Já o ponto 6 apresenta baixa fragilidade estando a cobertura vegetal predominantemente íntegra em pelo menos 70% do trecho de orla. No geral, a paisagem é composta por elementos naturais e urbanos em proporções semelhantes, com diversidade de elementos e planos visuais e aspectos peculiares ou raros isolados, como patrimônio histórico, cultural e ecossistemas que abrigam fauna e flora de forte apelo sociocultural, caracterizando média susceptibilidade ambiental. Apresenta ambientes degradados em áreas equivalentes à faixa de 10 a 30% da orla delimitada (média susceptibilidade), podendo apresentar feições erodidas em áreas equivalentes à faixa entre 20 a 40% da orla. O trecho referente ao ponto 5 nesta unidade, onde há maior adensamento populacional e concentração comercial, também é o que apresenta maior quantidade de resíduos (lixo) em mais de 10% e até 25% da orla. Apresenta ainda estruturas em desacordo com a legislação vigente, como quiosques e peixaria em áreas impróprias para este tipo de uso, o que caracterizou este trecho como de média fragilidade.



**FIGURA 3:** Avaliação da distribuição de vulnerabilidades ao longo da orla de Campos dos Goytacazes, resultantes do levantamento de parâmetros ambientais.

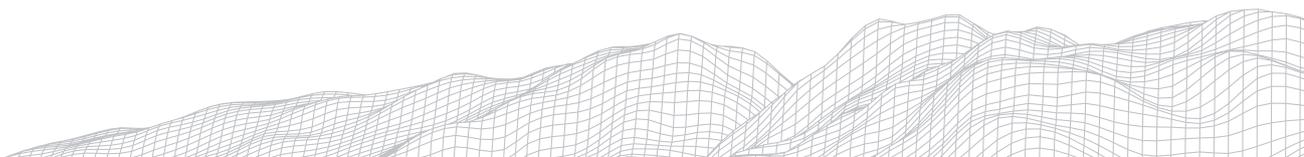
Na Unidade III, a fragilidade da cobertura vegetal nativa (restinga) é média, íntegra em mais de 30% da paisagem da orla. Os pontos 1 e 2, mais ao sul, apresentam um alto grau de naturalidade e significância da paisagem natural em pelo menos 70% da área (baixa fragilidade) enquanto que os pontos 3 e 4, mais ao norte, foram classificados como de média fragilidade, já que apresentam paisagens compostas por elementos naturais e urbanos em proporções semelhantes. A extremidade sul da orla, ponto 1, apresenta ativos ambientais originais em pleno equilíbrio ambiental enquanto que os trechos entre o 2 e 4 foram classificados como de média fragilidade pois são trechos da orla

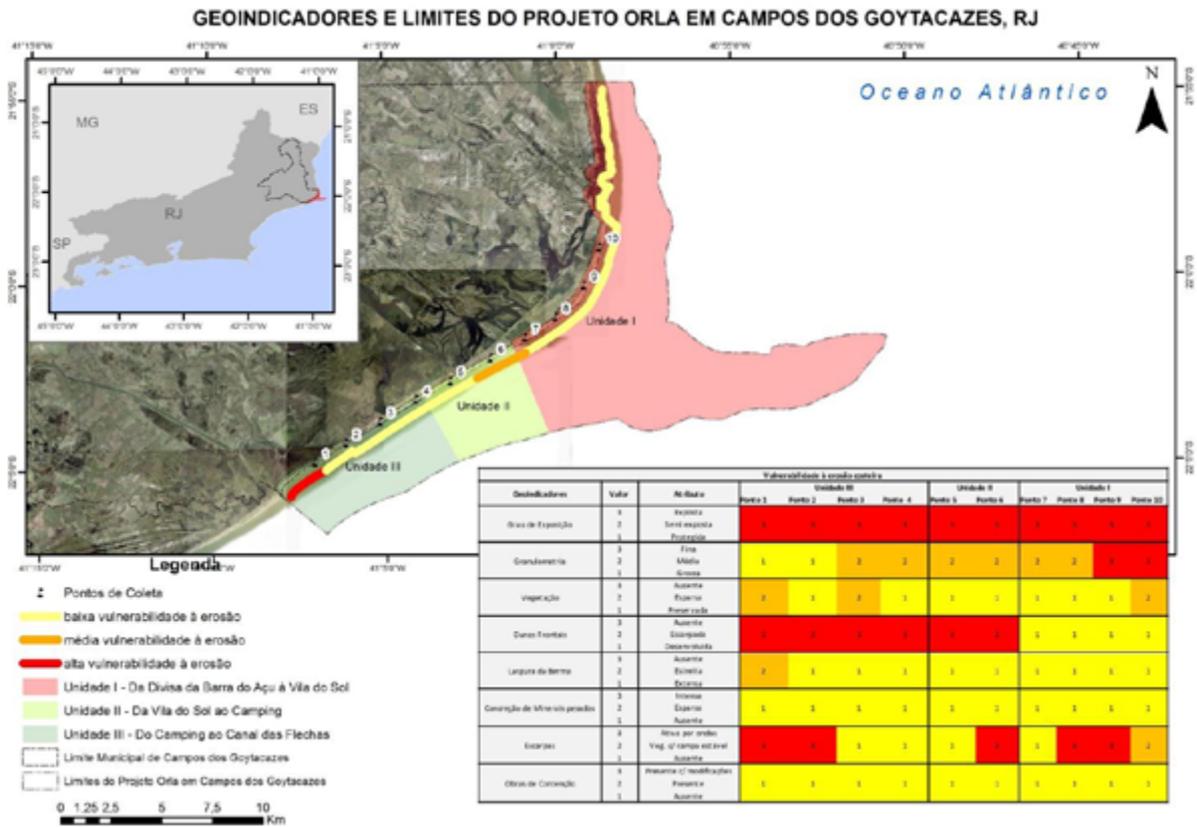
onde ecossistemas originais encontram-se parcialmente modificados. No geral os trechos da unidade III apresentam ambientes poucos frágeis, sem ocupação ou ocupados por núcleos residenciais de padrão majoritariamente horizontal. É uma área de alta susceptibilidade nos pontos 1, 2 e 4, e de média susceptibilidade no ponto 3, considerando-se que, nesse ponto, a APA LAGAMAR implementada em 1993, ainda carece de um plano de manejo e zoneamento de usos e atividades, incluindo fiscalização, já que seu entorno vem sofrendo pressão, sobretudo imobiliária. Destaca-se que as residências irregulares ao redor da lagoa despejam resíduos *in natura* na área (PMCG, 2015). Os pontos 1 e 2, se caracterizam por um trecho que contém um dos últimos remanescentes do ecossistema de manguezal na região, o Mangue do Carapeba. Esta é uma área de preservação permanente, porém ainda não há, por parte do poder público, o interesse em instituir uma UC, o que gera maior susceptibilidade ou fragilidade para esse ecossistema. O ponto 4 é uma área com elevada susceptibilidade por se tratar da frente de expansão urbana para áreas menos ocupadas.

Observou-se, ainda nessa unidade, que os pontos 1 e 2 apresentam ambientes degradados em menos de 10% da área, já os trechos entre os pontos 3 e 4 foram classificados como de média susceptibilidade, ambientes degradados em mais de 10% a 30% da orla. Observa-se a ocorrência de lixo apenas no ponto 4 em mais de 10% e até 25% da área da orla, visto que neste trecho a densidade de moradias é superior. Observa-se a presença de ocupações irregulares nos pontos 2 e 4. Ressalta-se que, no ponto 2, a ocorrência das construções ilegais ultrapassa 30% do total de edificações na área, o que segundo os parâmetros do Ministério do Meio Ambiente é considerado como uma área de alta fragilidade. Quanto à compatibilidade e proporção de áreas para uso agrícola, nos pontos 2, 3 e 4, a orla apresenta possibilidade de até 10% da área serem destinadas à atividades agropecuárias. Somente o ponto 1 apresenta possibilidade de mais de 10% a 40% da área serem destinados a essas atividades.

Quanto às condições de balneabilidade, toda a orla do Farol de Thomé apresenta predominância de águas que permitem atividades como natação, surfe e banho, enquadrando-se como de média susceptibilidade, dentro dos parâmetros do MMA. Toda a orla apresenta também alta produtividade e boa qualidade do pescado. A atividade é bem explorada na região e fonte de sustento de diversas famílias de marisqueiras e pescadores locais.

Sobre os geoindicadores de estabilidade da linha de costa frente à erosão costeira, a Figura 4 apresenta as informações levantadas ponto a ponto referente à informações quanto ao grau de exposição da linha de costa, aspectos granulométricos, presença ou ausência de dunas frontais e de vegetação nativa, avaliação sobre a largura da berma e presença de concreção de minerais pesados, escarpas de erosão e obras de defesa do litoral.





**FIGURA 4:** Avaliação da distribuição de vulnerabilidades ao longo da orla de Campos dos Goytacazes, resultantes do levantamento de parâmetros ambientais.

Toda a orla é exposta às ondas de tempestade e isso gera, à princípio, alta vulnerabilidade. Há um padrão de decaimento do diâmetro médio granulométrico em direção ao norte (unidade I) e consequentemente o desenvolvimento de dunas frontais também é superior nesta unidade. A vegetação nativa é, no geral, preservada e isso aponta para maior estabilidade e menor suscetibilidade frente à erosão costeira. Da mesma forma, as dunas frontais são entendidas como uma linha de defesa natural frente à ação destrutiva das ondas. As escarpas são ativadas por ondas usualmente nas extremidades desta linha de costa o que aponta indícios de erosão dos materiais da praia, apesar do elevado estoque, confirmando os resultados de RIBEIRO et al. 2016. Não há obras de defesa do litoral o que indica a possibilidade da praia se ajustar naturalmente aos impactos de ondas de tempestade. Avalia-se que o alto grau de naturalidade e baixa ocupação na maior parte da orla do Farol de São Thomé reduz os riscos de impactos negativos frente à episódios de erosão costeira.

### 5. Considerações finais

A utilização de geodivisores e parâmetros específicos visam alcançar diversos objetivos e adaptam-se às realidades diferenciadas dos locais contribuindo para a gestão do uso e ordenamento do espaço costeiro. A metodologia proposta no presente trabalho considerou várias etapas, como a caracterização física e da morfodinâmica, uso e cobertura do solo e a vulnerabilidade à erosão costeira a partir de parâmetros econômicos, sociais e ambientais, além do uso de geodivisores para indicar a fragilidade do litoral a processos erosivos.

O processo de avaliação dos parâmetros e geodivisores na faixa litorânea

de Farol de São Thomé ainda está em andamento, desse modo o conjunto de informações coletadas tem sido organizada através de rotinas de geoprocessamento formando um banco de dados geográficos de forma a subsidiar a análise, a elaboração de mapas e a futura publicação de um Atlas digital contextualizado na dimensão espacial a ocorrência dos indicadores e parâmetros de qualidade ambiental da orla marítima do município.

Desdobramentos subsequentes farão uma confirmação a partir da coleta e análise de dados secundários como: características da população, informações sobre abastecimento e saneamento, dados climáticos, oceanográficos, geomorfológicos e geológicos visam compor o diagnóstico da orla marítima: as fontes são IBGE, MMA, CIDAC, INEA, Marinha do Brasil e dados já publicados em relatórios de pesquisa e artigos científicos considerando a expertise da equipe para tal.

A avaliação das unidades tem por finalidade a análise por meio de índices quantitativos e qualitativos que em muitos estudos têm se mostrado uma importante ferramenta, podendo contribuir para a gestão e tomada de decisões na região, possibilitando o desenvolvimento local. O mais importante é que tal ferramenta possa ser diagnóstica suficiente e sólida para ser replicada de forma que as transformações nos parâmetros de qualidade ambiental sejam capturadas e sirvam como uma estratégia útil.

### **Agradecimentos**

Agradecimentos ao Centro de informação e dados de Campos - CIDAC, ao Laboratório de Geografia Física - LAGEF (UFF) e ao atual comitê gestor do projeto orla do município de Campos dos Goytacazes pelo esforço em formar a parceria entre pesquisa acadêmica e poder público municipal.

### **Referências**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGC II). Brasília, DF, dez. 1997.

BRASIL. Nº, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acessado em 24 de setembro de 2018, v. 14, 2001.

BRASIL. BRASIL, DECRETO nº 5.377 de 23 de fevereiro de 2005. Aprova a Política Nacional para os Recursos do Mar - PNRM. Diário Oficial da União, Brasília, 24 de fevereiro de 2005, Seção 1, p.1. Disponível em: [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acessado em 24 de setembro de 2018.

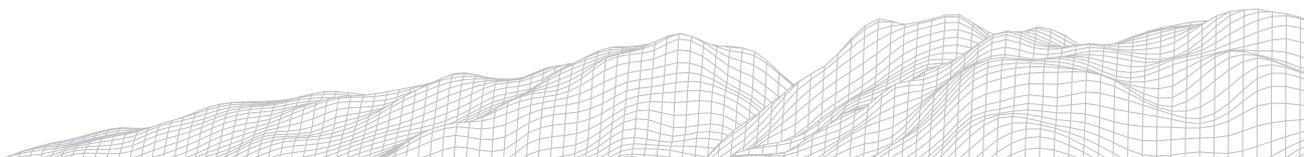
BRASIL. Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei no 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. Disponível em <https://www.planalto.gov.br>.

BULHOES, E. M. R.; KLOTZ, S. K. V.; SILVA A. M. da.; TAVARES, T.C.; SANGUEDO, J. B.; & CIDADE, C. A. S. Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima. A Experiência do Município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. Sociedade & Natureza, 28(2). 2016.

CASSAR, J.C. & NEVES, C. F. Aplicação das rosas de transporte litorâneo à costa Norte Fluminense. Revista Brasileira de Engenharia, Caderno Recursos Hídricos da ABRH 11:81-06. 1993.

CONAMA. Resoluções CONAMA,1984-86. Ministério da Habitação, Urbanismo e Meio Ambiente, 89 p., Brasília, 1988.

CORRÊA, Wanderson Barreto. Metodologia de diagnóstico paisagístico de orla marítima: contribuição ao gerenciamento costeiro do município de Cabo Frio, RJ / Wanderson Barreto Corrêa. - Niterói : [s.n.], 234 f. 2013.



DIAS, G. T. M. O complexo deltaico do rio Paraíba do sul. In: Simpósio do Quaternário no Brasil, 4, Rio de Janeiro, Publicação Especial nº 2:58-74, 1981.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas regiões deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). Revista Brasileira de Geociências, 11:227-237, 1981.

FROHLICH, M. F. Diagnóstico do gerenciamento costeiro no estado do rio de janeiro: subsídios para a proposição de um substitutivo ao projeto de lei nº 216/2011.

MACHADO, K. M. Dinâmica Sedimentar da Planície do Paraíba do Sul. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geologia e Geofísica Marinha. Universidade Federal Fluminense. Niterói. 61 p. 2009.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. PROJETO ORLA: Fundamentos para Gestão Integrada. Brasília, 74p. 2006.

MUEHE, D. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, José Teixeira (Org.). Geomorfologia do Brasil. 3ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 274-349, 2003.

OLIVEIRA, M. R. L. de; NICOLodi, J. L. A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla: Uma análise sob a ótica do poder público. Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 12, n. 1, p. 89-98, 2012.

PGI - Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima de Campos dos Goytacazes. Plano de Intervenção na Orla do Município de Campos dos Goytacazes. 89 p. Disponibilidade Restrita. 2015.

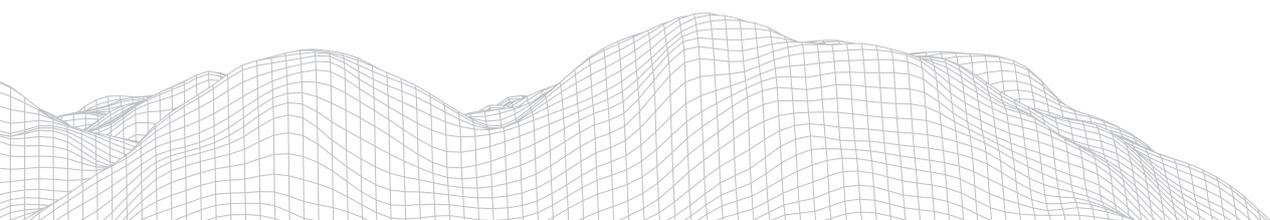
PROJETO ORLA: MANUAL DE GESTÃO / Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. - Brasília: MMA, p. 88 : il. color. ; cm. 2006.

RIBEIRO, M. G., GOMES, T. B., & BULHÕES, E. M. Respostas Morfodinâmicas e Fisiográficas da Zona Costeira ao Norte da Bacia de Campos frente à Eventos de Tempestade. *Revista Tamoios*, 12(2). 2016.

SOUZA, C. R. G. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. Revista da Gestão Costeira Integrada. pp. 17-37. 2009.

ROCHA, T. B. da; FERNANDEZ, G. B.; NASCIMENTO, L.C. Avaliação dos critérios morfodinâmicos para a fase de diagnóstico do projeto orla: um estudo de caso em praias arenosas com desembocaduras fluviais. Sociedade & Natureza, v. 25, n. 2, 2013.

VOIVODIC, Ricardo Augusto de Almeida. Gestão Ambiental e Gerenciamento Costeiro Integrado no Brasil: uma análise do Projeto Orla em Cabo Frio - RJ Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO/PPGG, 2007.



# MAPEAMENTO DE RISCO A INUNDAÇÃO NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DO CRATO-CE

1040

*Mirelle Oliveira Silva*

*Universidade Federal da Paraíba*

*Cidade Universitária - João Pessoa - PB - Brasil. CEP: 58051-900*

*E-mail: mirelloliveirasilva18@gmail.com*

*Joyce Ferreira Gomes*

*Universidade Federal do Pernambuco*

*Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE.*

*CEP: 50670-901*

*E-mail: joyce.jfg@ufpe.br*

*Juliana Maria Oliveira Silva*

*Universidade Regional do Cariri*

*Rua Coronel Antônio Luiz 1161, Pimenta, Crato - CE-. CEP:*

*63105-000*

*E-mail: juliana.oliveira@urca.br*

*Vinicius Ferreira Luna*

*Universidade Federal do Pernambuco*

*Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE.*

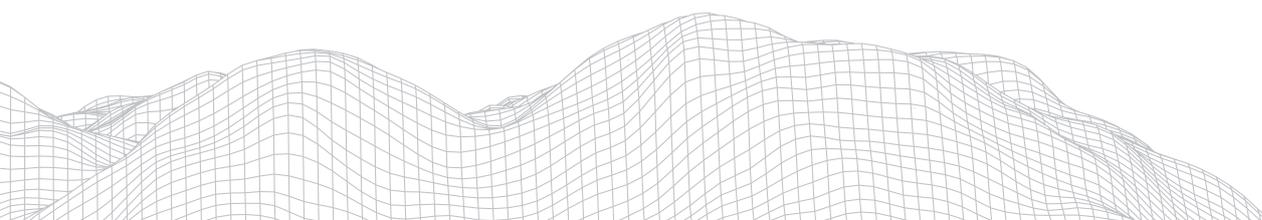
*CEP: 50670-901*

*E-mail: vinicius.fluna@ufpe.br*

### **Resumo**

O mapeamento de risco à inundação é de extrema importância no planejamento territorial, especialmente sob a perspectiva de subsidiar a prevenção de desastres naturais frente à expansão urbana. O objetivo dessa pesquisa é mapear áreas sujeitas à inundação na cidade de Crato, Ceará, a partir da integração de variáveis adotadas e do geoprocessamento. Dentre os procedimentos metodológicos realizados adotou-se o método AHP (Processo Analítico Hierárquico) para a confecção do mapa de risco à inundação com a utilização de dados de altitude, declividade, tipos de solo e uso e ocupação. Os resultados indicam que, a cidade apresentou 5 classes de risco à inundação: baixíssimo risco, baixo risco, moderado risco, alto-moderado e alto risco. Esta última classe requer uma atenção maior do Poder Público, pois são áreas com concentração urbana e que grandes eventos de chuva podem ocasionar desastres socioambientais, com perdas materiais e humanas.

**Palavras-chave:** Inundação. Área Urbana. Geotecnologias.



## 1. Introdução

O processo de industrialização promoveu um intenso deslocamento da população do campo para a cidade, especialmente durante as décadas de 40 e 50. Esse processo gerou um crescimento urbano desordenado, que culminou de modo expressivo nos países em desenvolvimento diversos problemas, como o mau uso e ocupação do solo, habitações em áreas irregulares, desmatamento, entre outros. Cabe destacar que estes problemas passaram a afetar as cidades em virtude da falta de um planejamento urbano adequado, tendo em vista que não houve uma preparação na estrutura destes espaços para comportar uma mudança tão grande (MIGUEL; FÉLIX, 2016).

Dentre os temas manifestados de forma recorrente, seja por meio de notícias veiculadas nas grandes mídias, como em jornais impressos, seja através de estudos científicos, destacam-se os riscos associados ao contexto da inundação, problema que afeta parte das cidades brasileiras de modo geral. Como destaca Almeida (2011), as cidades apresentam-se como espaços favoráveis para o surgimento de riscos, considerando os mais variados tipos, indicando, desse modo, que os cidadãos urbanos são os mais vulneráveis a estas condições.

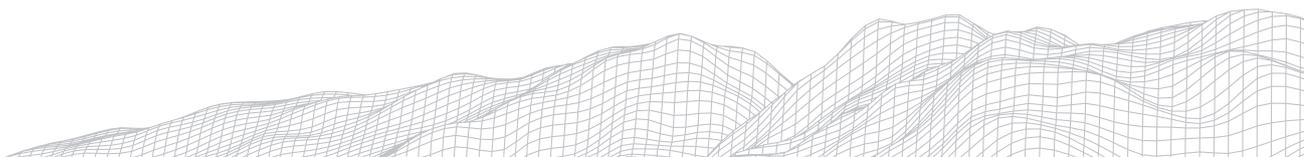
O risco, nesse sentido, é definido por Veyret (2007, p. 11) como “a percepção do perigo, da catástrofe possível. Ele existe apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas”. A autora ainda destaca que não há risco sem uma população que o perceba e possa sofrer os seus efeitos.

De acordo com Mendonça (2011), a noção de risco introduz uma nova perspectiva na abordagem e gestão dos territórios, sendo uma das principais dimensões dos riscos, e de interesse das sociedades, é a sua expressão espacial, ou seja, os riscos são espacial e temporalmente datados, se destacando como um dos temas de maior interesse da geografia atual.

Nesse contexto, o mapeamento de áreas suscetíveis a inundação emerge como ferramenta de extrema importância para o planejamento territorial, especialmente sob a perspectiva de auxiliar na prevenção de desastres naturais frente à expansão urbana, e do mesmo modo contribuir com a gestão das áreas ocupadas. O mapeamento, dessa forma, funciona como instrumento preventivo e até mesmo colabora com a promoção de soluções para os devidos problemas referentes aos pontos demarcados (CAMPOS *et al.*, 2015; MIGUEL; FÉLIX, 2016).

O município do Crato, situado no sul do estado do Ceará sofre com recorrentes eventos de inundações no período chuvoso, reflexo do planejamento urbano ineficaz, associado aos usos inadequados do solo. Além disso, as diferenças significativas nos níveis de declividade e altitude influenciam sobremaneira a ocorrência desses eventos. Assim, estudos relativos aos riscos de inundação manifestam-se como essenciais para o entendimento da dinâmica exposta pelos eventos, além de apontar soluções plausíveis que possam atenuar os efeitos destes episódios.

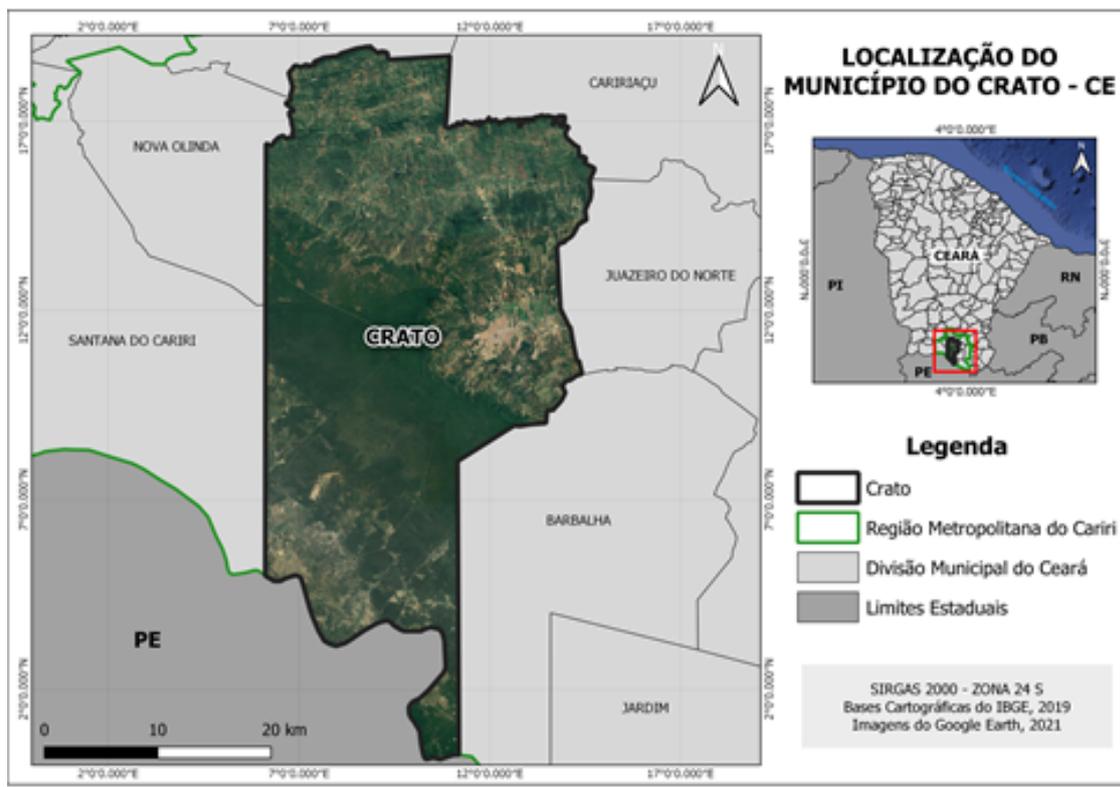
Desse modo, cabe destacar as diferenças conceituais existentes entre as definições de enchente, inundação e alagamento. De acordo com Amaral e Moni (2020), o termo enchente remete ao fenômeno em que as águas chegam até o ponto mais alto do rio, mas não transbordam. Distintamente, a inundação trata-se do transbordamento da água do rio, ocupando áreas ao lado do rio, que são chamadas de planícies fluviais ou várzeas. O alagamento por sua vez corresponde ao entupimento de bueiros ou áreas mais baixas que causam acumulação das águas da chuva, muito em virtude do mau planejamento urbano.



Frente ao exposto, este trabalho possui o objetivo de mapear áreas sujeitas a inundação na cidade de Crato, Ceará. À vista disso, busca-se contribuir com a identificação dos espaços que apresentam riscos potenciais para o desdobramento deste evento, e do mesmo modo subsidiar futuros planejamentos urbanos, considerando o plano diretor da cidade.

### 1.1. Área de Estudo

O município do Crato localiza-se na porção sul do estado do Ceará, especificamente na região do Cariri cearense (Figura 1). Este município, de acordo com os dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), possui aproximadamente 133.031 habitantes.



**FIGURA 1:** Localização da área de estudo

Organização: Os autores

No que se refere às características ambientais, nota-se que o município apresenta uma extensa complexidade paisagística, tendo em vista as condições estruturais e esculturais que a área apresenta, além de exibir uma composição fitofisionômica particular, acompanhada de condições climáticas que permitem essa particularidade vegetacional, como também pedológica.

Nesse contexto, considerando as características estruturais, o município do Crato, encontra-se inserido na bacia sedimentar do Araripe, sendo a mais extensa bacia interior do nordeste brasileiro (ASSINE, 2007). As condições esculturais da área são formadas especialmente pela chapada do Araripe, tendo em vista os ambientes de sopé, encosta, bem como a área correspondente ao platô. Entretanto, a porção norte e nordeste do Crato são constituídas pela depressão periférica do cariri, áreas mais rebaixadas do município.

Em virtude da configuração apresentada pelo relevo decorrente da estruturação da chapada do Araripe, o clima da região apresenta-se de modo mais brando, sendo classificado como tropical quente semiárido brando e tropical quente subúmido, com temperaturas que variam entre 24° a 26°, apresentando uma precipitação média anual de 1090,9 mm. (CEARÁ/IPECE, 2016). A drenagem na zona urbana é constituída por pequenas bacias (Batateiras, Salamanca, Vargem, Carás) como a do rio Granjeiro, a qual faz parte da sub-bacia do rio Salgado, importante rio da região do Cariri (SILVA, 2015).

A vegetação apresenta fitofisionomias distintas, de acordo com as características dos ambientes onde se encontram. A porção que cobre as áreas da encosta e platô da chapada é revestida, de modo geral, pela mata úmida. Todavia, no município são encontrados ainda composições florísticas correspondentes a caatinga, cerrado, carrasco e mata seca (CEARÁ/IPECE, 2016).

## 2. Metodologia

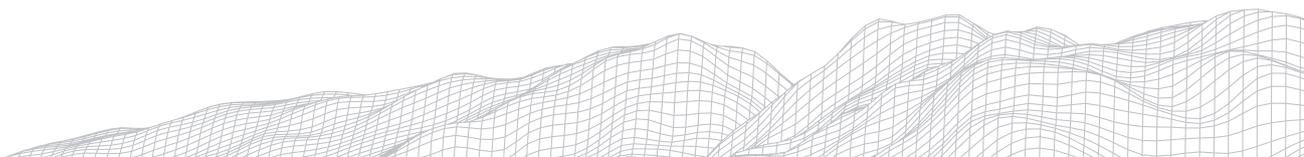
A metodologia para o mapeamento do risco à inundação foi dividida em três etapas, onde envolveu a revisão bibliográfica sobre a temática, confecção de mapas e levantamentos de campo.

O método adotado para o mapa de risco à inundação foi o Processo Analítico Hierárquico (AHP) criado por Saaty (1977) e aplicado por diversos autores na literatura (MIRANDA et al, 2019, ARAÚJO - JÚNIOR et al, 2020, Magalhães ET al, 2011; SANTOS et al, 2010), e utilizam-se de 04 fatores (altitude, declividade, tipo de solo e uso da terra) que influenciam na dinâmica das águas e que podem favorecer as enchentes e inundações, independente da precipitação incidente (SANTOS et al, 2010).

Para cada mapa temático que correspondeu a cada um dos fatores recebeu uma nota, que varia de 0 a 10, e relaciona-se à susceptibilidade que apresenta a inundação (Santos et al, 2010). Quanto menos suscetível, as notas se aproximam de 0, quanto mais susceptível a inundação a nota de aproxima de 10. Posteriormente, elabora-se uma matriz de comparação, a partir de uma escala linearmente hierárquica de importância entre os fatores altitude, declividade, uso da terra e tipo de solo (MAGALHÃES et al, 2009). As notas estabelecidas (figura 2) foram de acordo com a literatura e com adaptações para a área de estudo.

A produção dos mapas temáticos relacionados aos fatores foram criados a partir da junção mapas já existentes para o Ceará e através de imagens de satélite. Os mapas de altitude e declividade, utilizou-se o raster do projeto TOPODATA disponível no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (Valeriano, 2005; Valeriano, 2009). O mapa de uso e ocupação foi realizado através da classificação supervisionada com a imagem do Landsat 8, agosto de 2020 e dos *shapes* da Funceme (2012) de Levantamento de Solos de Média intensidade para a mesor-região sul do Ceará.

O mapa final de risco foi elaborado no software Qgis 2.18 a partir do plugin 'AHP' disponibilizado, onde insere-se os valores de importância entre os temas, e depois o mapa final é criado.



**TABELA 1**  
Classificação de notas

FATORES	CLASSES	NOTAS
DECLIVIDADE	0 - 3% (relevo plano)	8
	3 - 8% (relevo suave ondulado)	6
	8-20% (relevo ondulado)	3
	20-45% (relevo forte ondulado)	1
	45% (relevo fortíssimo ondulado)	1
ALTITUDE	382 - 448	8
	448 - 505	6
	505 - 572	3
	572 - 655	2
	655 - 970	1
SOLOS	Neossolo Flúvico	9
	Argissolos Vermelho-Amarelo	4
	Latossolo	1
	Neossolo Litólico	8
	Área urbana	7
USO E OCUPAÇÃO	Mata Úmida	1
	Vegetação Subcaducifólia	4
	Mata Ciliar	3
	Solo Exposto	7
	Área urbana	8
	Loteamentos	6

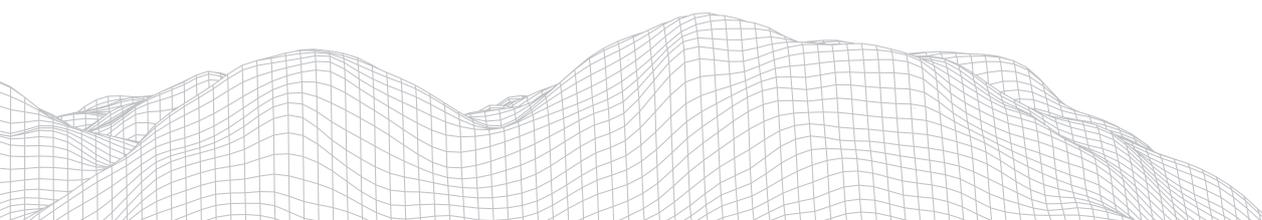
**Organização:** Os autores

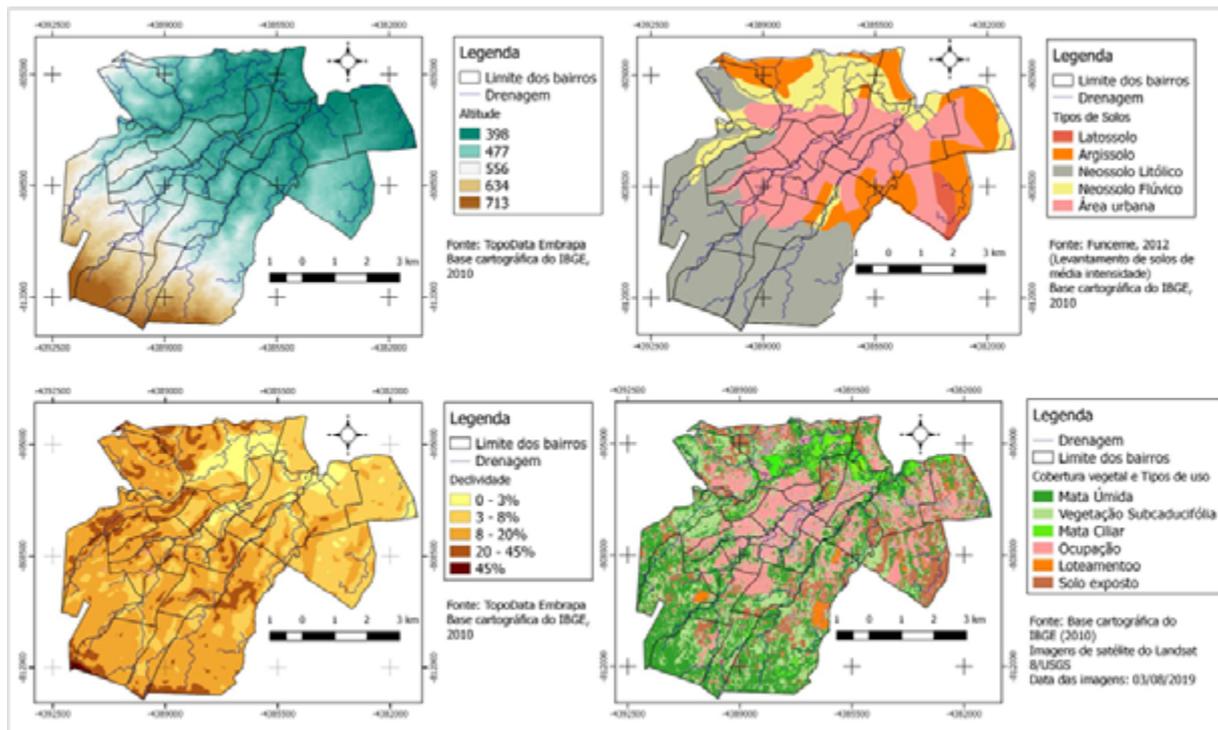
### 3. Resultados e discussões

Os aspectos considerados para a obtenção do mapeamento de risco a inundação (figura 3) foram classificados a partir de notas altas e baixas, em consonância com a gravidade do risco. Dessa forma, considerou-se os seguintes fatores: Altitude, Declividade, Tipos de solo, Cobertura vegetal e tipos de usos (figura 2).

De modo específico, tratando-se da altimetria, nota-se a partir do quadro expresso na figura 1, que as áreas mais elevadas receberam menor nota em detrimento de áreas mais baixas, tendo em vista que ambientes com maior altitude são menos propícios a inundações, diferente de que expõe baixa altitude, uma vez que nestes locais a água se acumula com mais facilidade (MIGUEL; FÉLIX, 2016).

Da mesma maneira, esta análise aplica-se para os valores obtidos com a declividade. As áreas mais declivosas receberam as menores notas. Por outro lado, as áreas de relevo mais plano receberam notas baixas, indicando ambientes com mais facilidade para armazenar água, e conseqüentemente mais susceptível à inundação.





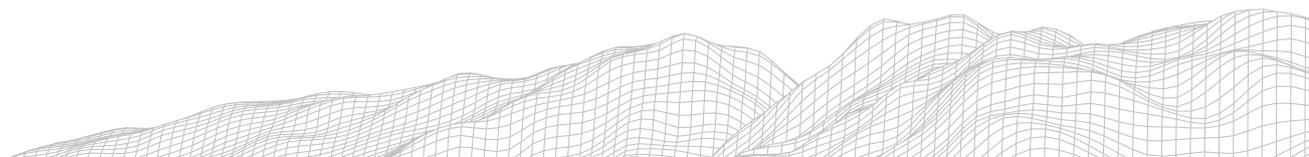
**FIGURA 2:** Fatores utilizados para elaboração do mapa de risco à inundação: Altitude, declividade, tipos de solo, cobertura vegetal e tipos de usos  
Organiza o: Os autores

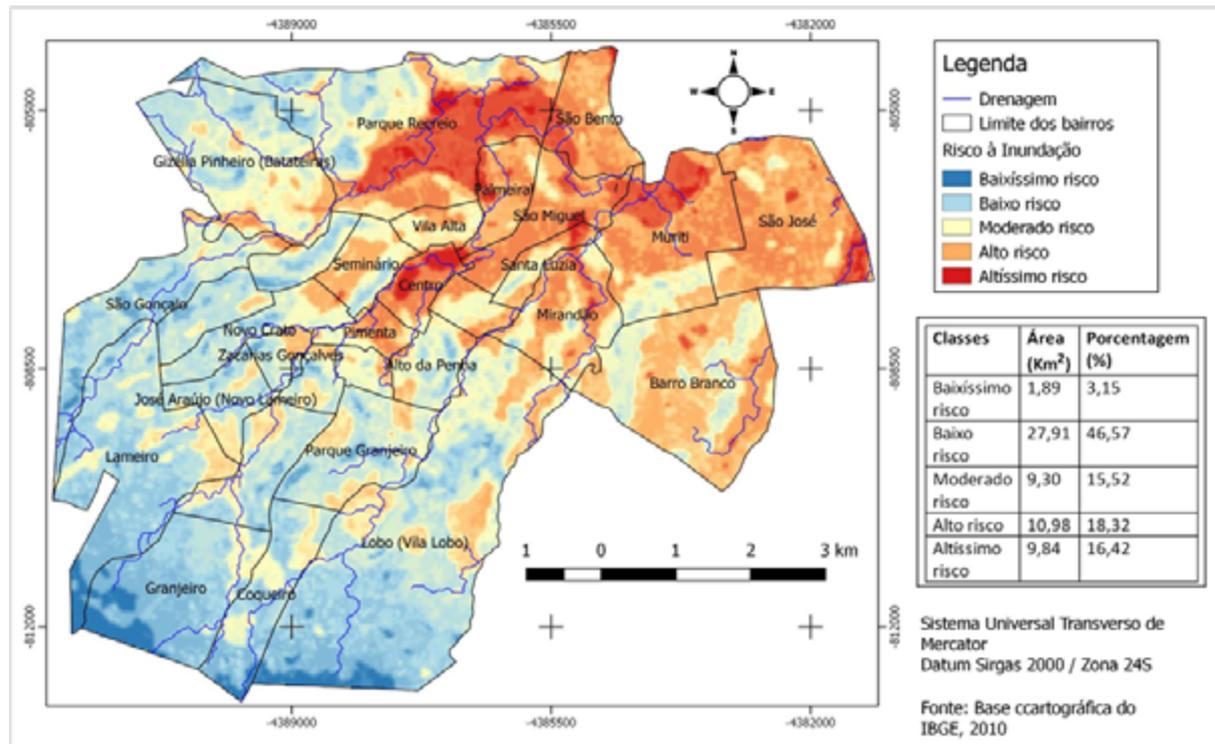
Ao observar o mapa de solos (figura 2) e os valores pontuados no quadro (figura 1), percebe-se que os solos com baixa capacidade de percola o da água, como os neossolos litólicos, bem como a classe de solos com sua forma o e desenvolvimento associados a áreas de várzea, como os neossolos flúvicos receberam as notas mais altas. Já solos como os argissolos e latossolos, por constituírem solos permoporosos, possuem alta capacidade de absor o, dessa forma receberam notas mais baixas, uma vez que acumulam menos  gua.

As áreas mais vegetadas, como ambientes que abrigam a mata úmida receberam a menor nota, uma vez que nesses espaços o solo   protegido e a cobertura vegetal auxilia na drenagem da água do solo (MIGUEL, FÉLIX, 2016). Ademais, a área que se situa a mata úmida consiste em um local mais elevado, o que dificulta ainda mais o acúmulo de  gua.

Distintamente, ambientes de solo exposto, de loteamentos e a área urbana foram pontuados com valores mais altos, tendo em vista que são espaços não vegetados e impermeabilizados, como a área urbana. Além disso, grande parte desses ambientes encontram-se nos locais mais baixos, onde a declividade não   muito acentuada. Assim, tornam-se ambientes sujeitos a inunda o.

A partir da aplica o da metodologia e tratamento dos dados no QGIS pode-se obter o mapa de risco   inunda o (Figura 3). Nessa primeira perspectiva, mediante a combina o dos aspectos acima descritos, considerando as notas atribuídas a cada um, gerou-se o mapa a partir da  lgebra de mapas.





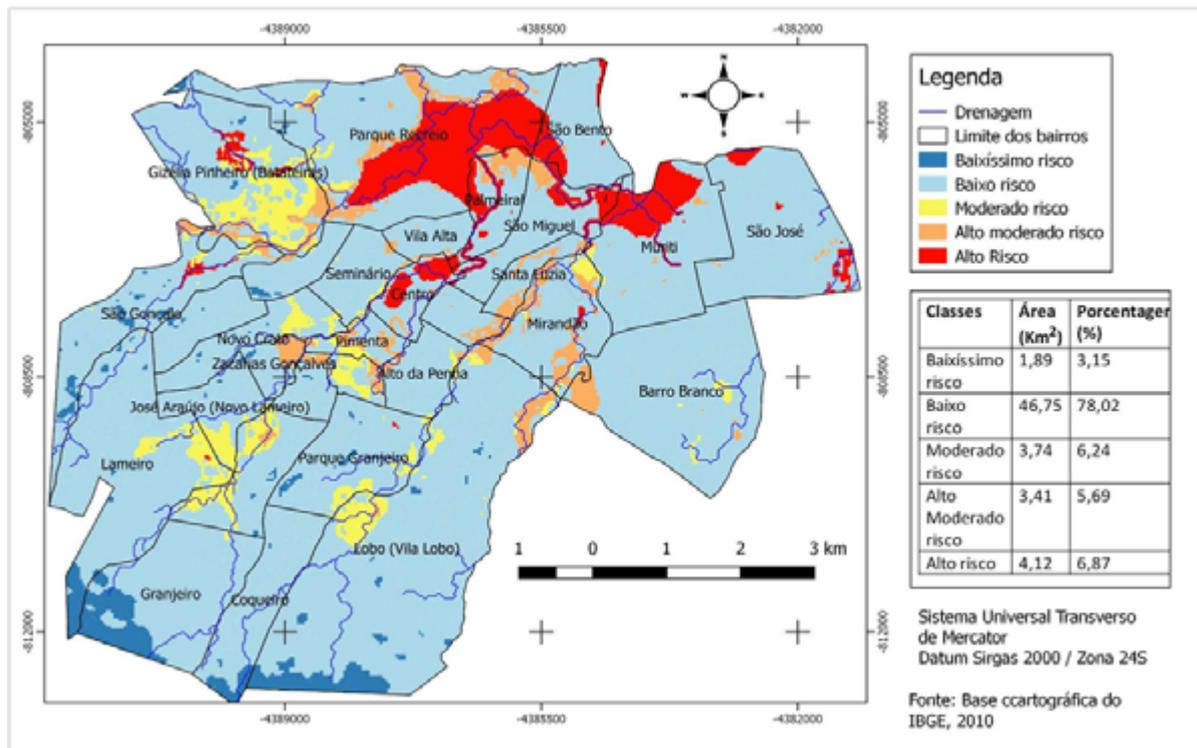
**FIGURA 3:** Mapa de risco à inundação na zona urbana do município do Crato-CE  
 Organiza o: Os autores

Assim, a zona urbana do município foi dividida em cinco classes de áreas sujeitas a ocorrência deste evento: Baixíssimo risco: são áreas localizadas em setores com declives acentuados, sem ocupa o expressiva; baixo risco: espaços com declives de acentuados a moderados e áreas próximas a zona urbana; moderado risco: trechos com declividade menos acentuada e ainda com por oes de solo exposto, tendo em vista que boa parte da área de risco moderado encontra-se atrelado a zona urbana; alto risco:  reas com declividade de moderada a baixa, concentrada em grande parte na área urbana, a qual apresenta solo exposto e ambiente impermeabilizado, situando-se próximo aos rios; altíssimo risco: são áreas, grosso modo, com declividade baixa, situadas na zona urbana e também associada a presença de canais, como o rio Granjeiro, o rio Batateiras e o rio Saco-lobo.

O método AHP pode superestimar algumas áreas, o que torna, em parte, uma limita o quando se pretende adotá-lo para a confec o de mapas, por isso, são necessários os levantamentos de campo para confrontar com o que foi produzido. No mapa gerado, algumas áreas que estão inseridas em categorias de 'Alto risco' ou de 'Altíssimo risco', quando se confrontam com os levantamentos de campo, acabam por melhor se encaixarem em outra classe.

Ademais, os pesos que se atribuem podem variar de um local para outro, dependendo das condi oes geoambientais e da experiência do pesquisador, não sendo necessariamente adotados os mesmos parâmetros quando se compararmos os estudos feitos com a mesma metodologia (SANTOS et al, 2011; MIRANDA et al, 2019). Tendo em vista a impossibilidade de realizar campo em todas as áreas calculadas no mapa, por motivos sanitários e de logística, foi possível ir em parte nas classes mapeadas, e assim, sobrepor a veracidade terrestre com o mapa gerado anteriormente, e a partir do cruzamento das variáveis foi possível confeccionar outro mapa diferente daquele em que apenas utilizou-se as etapas do geoprocessamento. Desta forma, realizou-se modifica oes no mapa final incluindo o processamento dos mapas com o trabalho de campo.

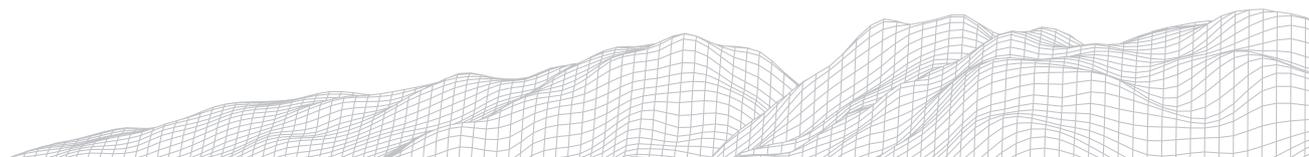
O mapa (figura 4) expõe as diferenciações de maior e menor índice de risco das diferentes localidades. As áreas representadas no tom de azul escuro são áreas com probabilidade 'baixíssimo risco', ocupando 1,89 km<sup>2</sup>. São áreas localizadas próximas à escarpa da Chapada do Araripe não condicionada ao acúmulo de águas por possuírem declives acentuados devido às características estruturais naturais do relevo. Além disso, cabe destacar que estes ambientes correspondem a espaços onde o índice de ocupação ainda é baixo e a vegetação é mais densa.



**FIGURA 4:** Mapa de risco à inundação na zona urbana da cidade do Crato - CE  
 Organização: Os autores

A classe 'Baixo risco' representada pela cor azul-claro apresenta a maior área com 46,75 km<sup>2</sup> e se distribui por toda a zona urbana. Abrange bairros em direção a encosta como o Lameiro e Granjeiro, que possuem declividades mais elevadas, cobertura vegetal mais densa, apesar dos cursos d'água presentes, mas outros fatores contribuem para um risco mais baixo. Outros bairros inseridos nessa classe são o Seminário e Alto da Penha que por estarem localizados em áreas mais elevadas, constituindo os interflúvios dividindo as drenagens que perpassam pela área urbana, possuem altitudes e declives que não favorecem um acúmulo maior de água, o que poderia aumentar o risco à inundação. Mas, em razão da escala de detalhe, não foi possível inserir um pequeno trecho de risco no limite do bairro Seminário com o França Alencar.

As cores amarelas no mapa são os locais que apresentam 'Médio risco' com 3,75 km<sup>2</sup>, são verificadas em setores específicos da zona urbana do município do Crato, acompanhando o médio/baixo cursos fluviais. São áreas que apresentam ocupações, um baixo índice de vegetação, com constantes alterações o que ocasiona a exposição do solo e dificultando a infiltração das águas. Os bairros Lameiro e Granjeiro (apesar de estarem localizados em setores mais elevados), mas entre os seus limites, apresentam um trecho que evidencia um risco à inundação do curso fluvial, bem como o baixo curso de rios que perpassam os outros bairros da cidade.



O mapa ilustra também as classes de Alto moderado risco (3,41 km) na cor laranja. É uma área que margeia cursos d'água em bairros onde já se registrou em eventos de chuvas extremas o extravasamento dessas drenagens, o que torna essa área um pouco suscetível e que necessita de monitoramento.

A classe de 'Alto risco' caracterizado na tonalidade de vermelho e com área de 4,12km<sup>2</sup>, compreende uma parte do bairro Centro, com comércio e bairros residenciais da cidade, comportando uma urbanização bem elevada com menos vegetação, mais asfalto, e a falta de um sistema de drenagem eficiente das águas da chuva favorecem a concentração destas e, conseqüentemente, os alagamentos também predominam. O bairro Centro apresenta boa parte dos cursos d'água aterrados, o riacho da Vala na avenida Tristão Gonçalves, ocasiona muitos alagamentos em chuvas extremas, assim como ele perpassa no cemitério da cidade, o que já provocou a destruição de túmulos. Outro exemplo dessa área é uma parte do baixo curso do rio Granjeiro transformado em um canal, e esse ponto do canal passa perto da prefeitura da cidade, e com as chuvas intensas ocorrem tanto as inundações como os alagamentos no entorno, e chegando em alguns anos, como em 2011, a destruição de parte do canal. O rio Batateiras no bairro Parque Recreio e no São Bento também já se identificaram extravasamento do rio no período chuvoso.

As diferentes formas de uso e ocupação do solo contribuem para aumentar o risco. O que se pode perceber que as áreas mais ocupadas da cidade e onde se encontram os cursos fluviais aliado a baixas declividades, já foram registrados vários episódios tanto de enchentes e inundações, portanto, essas localidades possuem fatores com índices altos para a inundações.

#### **4. Considerações finais**

A partir da integração dos mapas temáticos (altitude, declividade, solos e uso e ocupação) foi possível se chegar ao mapa final de risco à inundações, dividindo a área de estudo em cinco classes de risco.

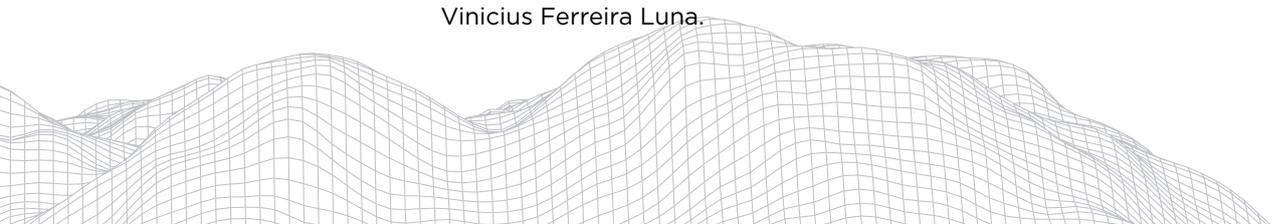
O uso das geotecnologias permitiu o trabalho efetuado, tendo em vista as limitações de se visitar o campo constantemente, e em alguns setores onde o acesso é mais difícil, portanto, o resultado foi satisfatório e representou a realidade da área de estudo.

A classe de baixo risco foi a que mais se apresentou na área de estudo, tendo em vista alguns fatores de ordem física como a altitude e declividade, além do que a presença da cobertura vegetal, e em alguns pontos mais distantes da rede de drenagem. Isso não exclui alguns bairros com uma concentração maior de massa edificada a ocorrer alagamentos, mesmo sem a predominância de inundações.

A classe de Altíssimo risco requer uma atenção maior do Poder Público, pois são áreas com concentração urbana e que grandes eventos de chuva podem ocasionar desastres socioambientais, com perdas materiais e humanas. Essa classe abrange mais as planícies fluviais e de inundações dos principais rios, que são planas e com altitudes mais modestas, em comparação com os bairros situados em áreas mais elevadas. São locais em que nas chuvas extremas já se registram pontos de inundações.

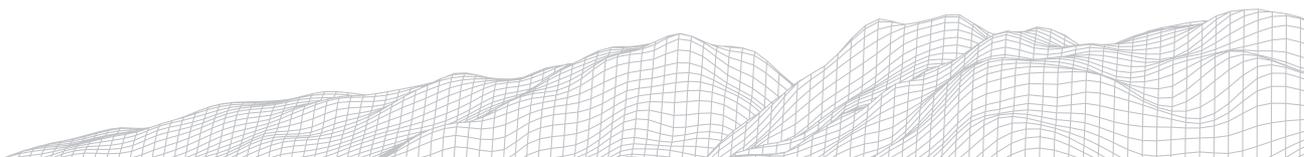
#### **5. Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo apoio financeiro - Código de Financiamento 001, respectivamente, ao aluno Vinicius Ferreira Luna.



## 6 Referências

- AMARAL, R. do; MONI, S; **Você sabe o que é inundação?** São Paulo, SP: Instituto Geológico, 2020, p. 10.
- ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R; TAVARES - JÚNIOR, S. S. Analytic Hierarchy Process (AHP): uma definição de risco na Amazônia Setentrional. **Revista Acta Geográfica (UFRR)**, v. 14, p. 209-233, 2020.
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, maio/nov. 2007.
- CAMPOS, S. J. A. M. STEFANI, F. L. PAULON, N. FACCINI, L. G. BITAR, O. Y. Mapeamento de áreas sujeitas à inundação para planejamento e gestão territorial: Cartas de suscetibilidade, perigo e risco. **RBGEA-Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, 2015.
- DE ALMEIDA, L. Q. Por que as cidades são vulneráveis? **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 13, n. 1, p. 7, 2011.
- FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Mesorregião do Sul Cearense. **MAPAS**. Fortaleza, 2012. 98p.
- [MAGALHAES, I. A. L.](#); [THIAGO, C. R. L.](#); AGRIZZI, D. V.; SANTOS, A. R. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: uma análise comparativa entre dois métodos. **Cadernos de Geociências (UFBA)**, v. 8, p. 63-70, 2011.
- MENDONÇA, F. Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas: inovações na análise geográfica. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, número especial, out. p. p. 111-118, 2011.
- MIGUEL, J. G.S; FELIX, D. B. **Riscos à inundação na cidade de João Pessoa-pb**. Artigo, 5º simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, 21-23, jun. 2016.
- MIRANDA, N. M. G. ; CAPRARIO, J. ; MARTINI, L. C. P. ; FINOTTI, A. R. . Processo Hierárquico Analítico (AHP) em Modelagem Espacial da Vulnerabilidade à Inundação em Ambientes Mistos. **ANUÁRIO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (UFRJ. IMPRESSO)**, v. 42, p. 163-172, 2019.
- SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R de O.; EUGENIO, F. C. (Coord.). **ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados especiais**. Alegre, ES: Ciências Agrárias Universidade Federal do Espírito Santo/CAUFES, 180 p., 2010.
- SILVA, J. M. O. Uso do sensoriamento remoto para a estimativa da temperatura de superfície na microbacia do rio granjeiro/ Crato - Ceará. **GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais**, vol. 6, núm. 2, julho-dezembro, 2015, pp. 130-144
- VEYRET, Y. **Os riscos - o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Trad.: Dilson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007.



# MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÔRREGO SÃO PEDRO, JUIZ DE FORA (MG)

*Luciano Eduardo Silva da Cruz*  
*Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Geociências*  
*Rua José Lourenço Kelmer, s/n, Juiz de Fora, Minas Gerais, CEP:*  
*36036-900, Brasil*  
*E-mail: lucianogeografia1984@gmail.com*

1051

*Pietro Meirelles Brites*  
*Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Geociências*  
*Rua José Lourenço Kelmer, s/n, Juiz de Fora, Minas Gerais, CEP:*  
*36036-900, Brasil*  
*E-mail: pietrombrites@hotmail.com*

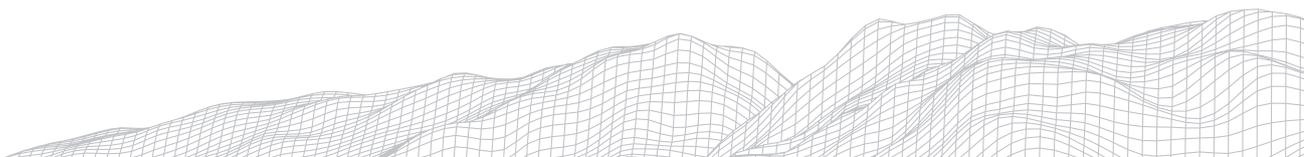
*Roberto Marques Neto*  
*Universidade Federal de Juiz de Fora/Departamento de Geociências/*  
*Programa de Pós-graduação em Geografia; Programa de Pós-graduação em Geografia-Universidade Federal de Alfenas*  
*Rua José Lourenço Kelmer, s/n, Juiz de Fora, Minas Gerais, CEP:*  
*36036-900, Brasil*  
*E-mail: roberto.marques@ufff.edu.br*

*Pedro José de Oliveira Machado*  
*Universidade Federal de Juiz de Fora/Departamento de Geociências/*  
*Programa de Pós-graduação em Geografia; Programa de Pós-graduação em Geografia-Universidade Federal de Alfenas*  
*Rua José Lourenço Kelmer, s/n, Juiz de Fora, Minas Gerais, CEP:*  
*36036-900, Brasil*  
*E-mail: pjomachado@gmail.com*

### Resumo

O presente artigo tem por objetivo discutir sistemas geomorfológicos em áreas urbanas aplicando a cartografia geomorfológica, importante técnica para estudos no âmbito da Antropogeomorfologia, mediante uma aplicação na bacia hidrográfica do córrego São Pedro (Juiz de Fora, MG). As bases metodológicas foram arregimentadas a partir das proposições de Nunes et al. (1994, 2009), as quais foram adaptadas para a representação das transformações geomorfológicas e seus modelados derivados, o que demandou o uso de símbolos e hachuras para representação das morfologias antropogênicas sobre a base natural. Os resultados revelaram que a ocupação foi extensiva tanto sobre os modelados de dissecação, representados por morros e colinas, como de agradação, representados pela planície fluvial do córrego São Pedro, resultando em morfologias pervertidas em seus aspectos morfográficos originais, o que reverbera, por conseguinte, nos fluxos de massa e energia operantes na paisagem. As modificações no relevo denotam transformações antropogênicas nos elementos invariantes da paisagem, cuja evolução se dá em longo termo, sendo importantes indicadores de como a ocupação humana ao longo da história altera as bases estruturais da paisagem, seu caráter dinâmico-funcional e, em última instância, seu próprio regime evolutivo.

**Palavras chave:** Cartografia geomorfológica; morfologias antropogênicas; transformações geomorfológicas; bacia do córrego São Pedro.



## 1. Introdução

O mapeamento geomorfológico figura como ferramenta de análise espacial que subsidia valorosamente o planejamento ambiental e urbano. Auxilia no reconhecimento de potencialidades e fragilidades de espaços transformados ou não, contribuindo com o uso adequado dos mesmos. Ainda, dialoga com os conceitos de geodiversidade e geopatrimônio ao desvelar, por meio da representação cartográfica, as diferentes formas de relevo e fatos geomórficos correlatos.

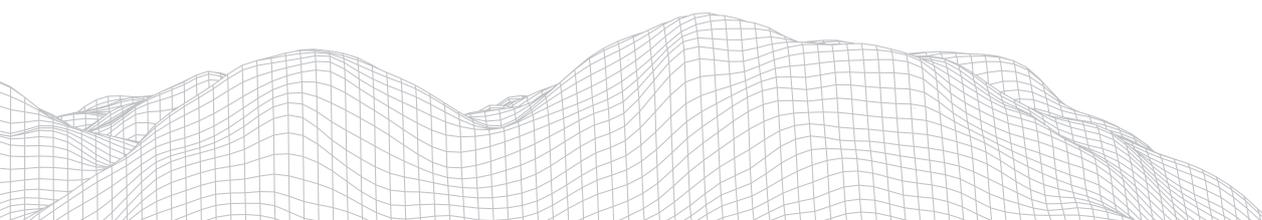
Os tipos de relevo ocorrentes em uma dada área influenciam as variadas formas de ocupação ou transformação, e essas relações ficam mais latentes nas espacialidades urbanizadas. A falta de planejamento urbano (ou a ineficácia na sua elaboração e execução) produz quadros de alteração e degradação ambiental que se dilatam largamente, sinergia que faz com que os impactos comumente não se restrinjam aos pontos de origem. Ocupações irregulares em vertentes podem ocasionar a liberação demasiada de sedimentos e assoreamento de nascentes, córregos, e demais corpos de água, e a ocupação intensiva de planícies fluviais, acompanhada da impermeabilização superficial, modifica a função geoecológica dessas áreas receptoras de matéria e energia.

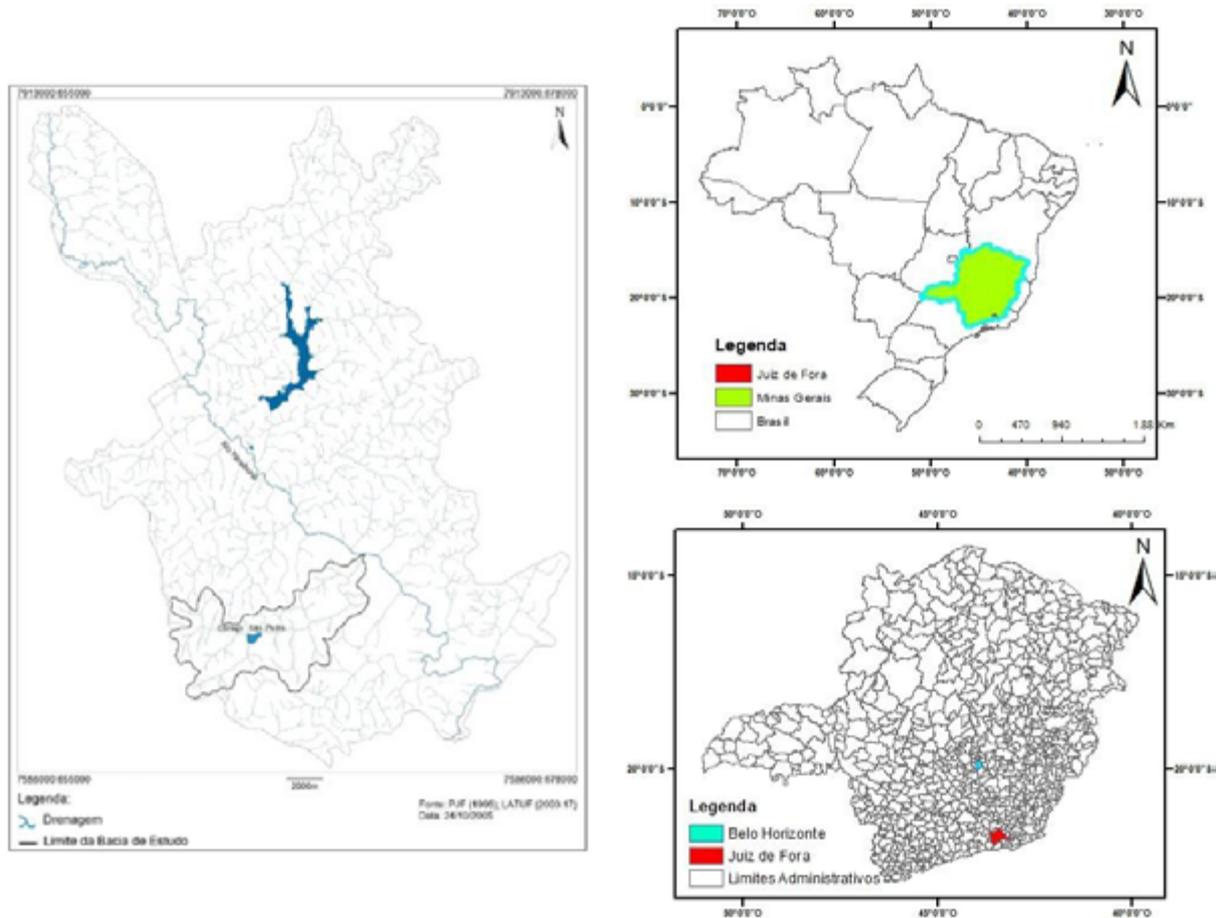
Além disso, o relevo impõe restrições legais para o uso da terra, e até mesmo usos e ocupações aparentemente planejadas podem se apresentar em desacordo com as leis ambientais. Condomínios de alto padrão fixados sobre topos de morros e outras áreas de preservação permanente, como fundos de vale susceptíveis à inundação, são comuns no Brasil. A título de exemplo, Goudie (2013) discute a retificação de canais fluviais como maneira de controlar inundações. De acordo com o autor, com a retificação ocorre um aumento do gradiente e velocidade do fluxo, gerando maior desgaste e aprofundamento do canal, expandindo, dessa forma, sua capacidade de escoamento. De todo modo, são apenas alguns exemplos das relações entre o relevo e a urbanização.

Devido à necessidade e importância da ampliação de trabalhos de cartografia geomorfológica em áreas transformadas, adotamos a bacia hidrográfica do córrego São Pedro como área de estudo em virtude de sua diversidade de uso e cobertura, congregando vazios urbanos que preservam as morfologias originais e extensões impermeabilizadas e ocupadas pelo corpo urbano juiz-forano, transformadas em suas formas e processos originais. Assume-se então o objetivo de apresentar o mapeamento geomorfológico da referida bacia hidrográfica, discutindo os resultados dialogicamente à urbanização nesse setor do município. Para tanto, foi acionada a metodologia proposta por Nunes et al. (1994), realizando-se as adaptações cabíveis e necessárias para a realidade estimada no presente trabalho.

## 2. A Área de Estudo

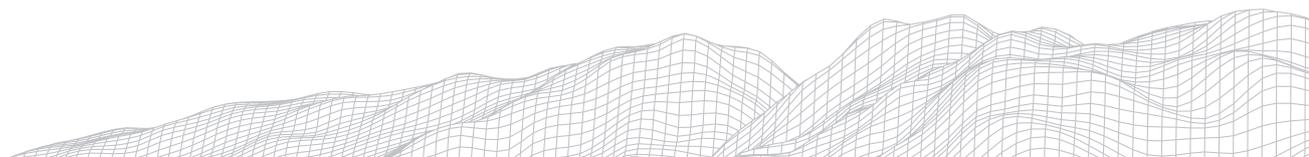
A bacia hidrográfica do córrego São Pedro (BHCSP) encerra uma área de 29,84km<sup>2</sup>, estando totalmente adstrita à área urbana de Juiz de Fora (Figura 1). A importância de estudos específicos nessa bacia se justifica pelo fato de abrigar um importante manancial de abastecimento público, responsável por 5,5% do fornecimento de água para a cidade de Juiz de Fora atualmente (ESSE/PJF, 2013). Também apresenta diferentes modalidades de uso da terra, o que repercute diretamente nas transformações geomorfológicas aqui discutidas.





**FIGURA 1:** Localização da BHCSP na Área Urbana de Juiz de fora.  
Fonte: Adaptado de Latuf (2004).

A bacia apresenta uma significativa heterogeneidade interna em relação aos aspectos ambientais, urbanísticos e socioeconômicos. A porção oeste da mesma corresponde às áreas de nascentes (alto curso), onde as águas dos córregos São Pedro e Grota do Pinto são represadas pela 'Represa de São Pedro'. O setor em questão possui uma baixa densidade de ocupação urbana, e o uso da terra é dado por pastos, fragmentos secundários de Floresta Estacional Semidecidual e superfícies expostas típicas de vazios urbanos. Já na parte central da bacia (médio curso), formata-se evidentemente um vetor de expansão urbana partilhada por diferentes níveis socioeconômicos, desde condomínios de alto padrão até construções utilizadas para a habitação de cidadãos de mais baixa renda. A porção central também comporta a presença de parte campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), que consorcia construções, superfícies gramadas, açudes e pequenos fragmentos de mata alterada. A porção leste (baixo curso) da bacia é densamente urbanizada, e sua passagem é bem marcada pela Cachoeira do Vale do Ipê, que separa a Cidade Alta da Cidade Baixa, conforme atinado por Machado (2010). Essa discordância erosiva marca o contato entre um bloco alto e o gráben do rio Paraibuna.



### 3. Procedimentos

A organização do banco de dados reuniu as folhas topográficas (Juiz de Fora, SF 23-X-D-IV-1; Matias Barbosa, SF 23-X-D-IV-3) na escala de 1/50.000, imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) em resolução de 30 metros, e base geológica, obtidas no banco de dados do IBGE (<https://www.ibge.gov.br/>), USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), e Serviço Geológico Brasileiro - CPRM (<https://www.cprm.gov.br/>), respectivamente. Ainda, o site da Agência Nacional de Águas (ANA) foi acessado para obtenção do mapa hidrográfico da bacia, fornecendo dados sobre a origem do córrego São Pedro, morfologia do canal, ordem do canal, tributários, entre outros.

Organizada a base de dados, iniciou-se a elaboração dos mapas de declividade e hipsométrico em software ArcGIS, adotando-se a escala de 1/50.000 para a produção cartográfica. Esses materiais cartográficos, além de serem meios para a elaboração do mapa geomorfológico, fornecem informações de interesse para a ocupação urbana, fundamentalmente as restrições impostas pela declividade do terreno.

O presente trabalho utiliza-se da metodologia proposta por Nunes et al. (1994, 2009), desenvolvida no âmbito do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, fazendo também uso de elementos metodológicos propostos por Ross (1992) para definição dos *padrões de formas semelhantes*, agrupados em dois tipos genéticos: modelado de dissecação e modelado de agradação.

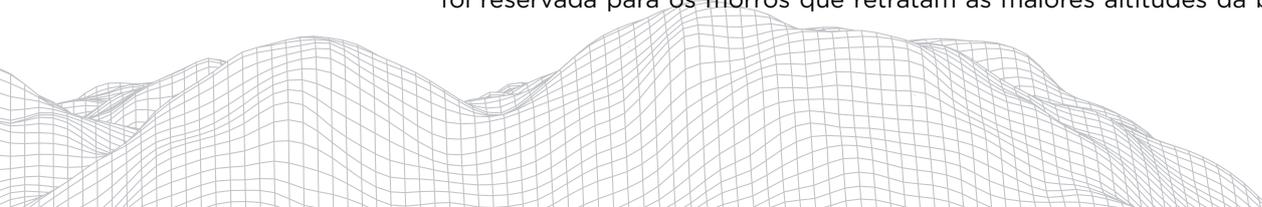
O primeiro passo foi a delimitação da bacia nas folhas topográficas de Juiz de Fora (SF 23-X-D-IV-1) e de Matias Barbosa (SF 23-X-D-IV-3), escala de 1/50.000. A morfometria da bacia foi estabelecida manualmente, através de cálculos de dimensão interfluvial e profundidade de dissecação do relevo, mensuradas em metros nas folhas topográficas. Para a dimensão interfluvial procedeu-se na medição da extensão da faixa divisória entre as linhas de drenagem posicionadas na base de duas vertentes opostas ou entre dois canais de primeira ordem identificados na carta e separados por uma dada extensão interfluvial. Finalmente, foi organizada a matriz de dissecação, procedimento bastante recorrente na cartografia geomorfológica brasileira (GATTO et al. 1983; ROSS, 1992, NUNES et al., 1994, 2009; ROSS e MOROZ, 1996; CUNHA, 2012).

O reconhecimento dos diferentes conjuntos de formas foi auxiliado pela interpretação de imagens de radar SRTM, base para a delimitação dos diferentes padrões morfológicos. Dispondo desses dados teve início a identificação dos padrões de formas presentes na bacia, procedimento este subsidiado pelos trabalhos de campo. Nessa fase, foram diferenciadas também as morfologias de gênese denudacional e as geoformas agradacionais.

Em seguida, os polígonos delimitados foram sobrepostos à morfometria para a realização de adequações e correções necessárias. Nos modelados de dissecação foram inseridos símbolos alfanuméricos, adotando também o sistema padrão de letras, com a maiúscula diferenciando os tipos genéticos de dissecação (D) e agradação (A), e as minúsculas específicas às formas de relevo mapeadas (morros - m, morrotes - mr, colinas - c). Também foram inseridos ao lado das letras os números referentes à quantificação da morfometria, agregados na matriz de dissecação mencionada.

As curvas de nível mestras foram deixadas como herança das folhas topográficas para garantir a visualização da altimetria em intervalos de 100 metros. Também foi possível representar paleoformas como capturas fluviais. O uso de símbolos também foi acionado como estratégia para a inserção de informações morfoestruturais no mapa. Ainda, os litotipos foram representados por polígonos fechados preenchidos por hachuras, de forma a deixar visível a morfologia com a qual se relacionam.

No que concerne ao uso das cores, a tonalidade mais escura (marrom) foi reservada para os morros que retratam as maiores altitudes da bacia. Nessa



lógica, morrotes, colinas e planícies ganharam matizes mais claras. No caso da *planície flúvio-lacustre antropogênica* a opção pela cor rosa se deu em função da conveniência em se obter um contraste aceitável para destacar esse trecho mais transformado da planície. O processamento digital do mapa se deu em software ArcGIS, e a legenda foi apresentada em figura a parte em função da grande quantidade de informações contidas.

#### 4. Resultados e discussão

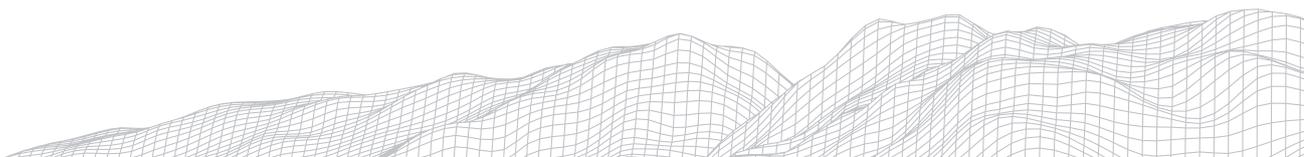
A bacia hidrográfica do córrego São Pedro posiciona-se quase integralmente em altitudes superiores a 800 metros, alcançando 1.077 metros em seu ponto mais elevado, setor do município conhecido como “cidade alta”. O contato com a chamada “cidade baixa”, entre 680 e 780 metros de altitude, se dá mediante contato brusco dado por discordância erosiva bem marcada na passagem para o gráben do rio Paraibuna (MARQUES NETO et al. 2017).

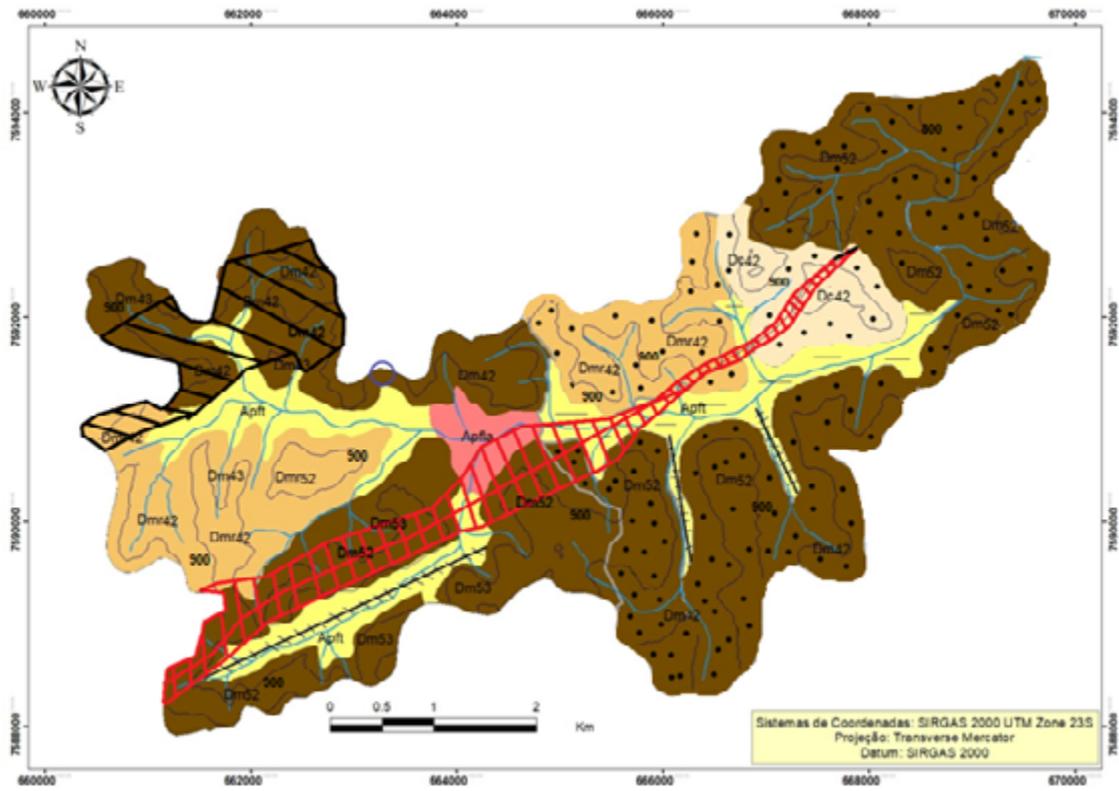
O fomento urbano em Juiz de Fora se iniciou sobre os planos topográficos do gráben do rio Paraibuna e sua expressiva planície fluvial, dilatando posteriormente a ocupação para os demais setores do município, inclusive para o oeste, posicionado no alto estrutural correspondente à aludida ‘cidade alta’, que comporta a maior parte da área da bacia. A ligação entre o gráben o bloco elevado acontece na forma de grandes afloramentos rochosos com vertentes de declividades acentuadas e exposição de monólitos exumados.

Mediante análise da folha topográfica e observações realizadas em campo foram identificadas na bacia três geoformas principais de dissecação: morros, morrotes e colinas com formas de vertentes variantes entre tipicidades retilíneas, côncavas e convexas, além das formas compostas. Os padrões de urbanização sobre esses modelados são flagrantes em campo, com ocupações de mais alto padrão usufruindo de técnicas eficazes na diminuição dos riscos de movimentos de massa, com aplainamento dos topos e cortes nas vertentes mitigando a declividade original desses modelados. Destoando desse padrão, ocorrem também aglomerados urbanos em declives mais acentuados, que nitidamente não passaram por intervenções de engenharia mais elaboradas, revelando-se uma ocupação desigual do relevo em estreito diálogo com o quadro socioeconômico.

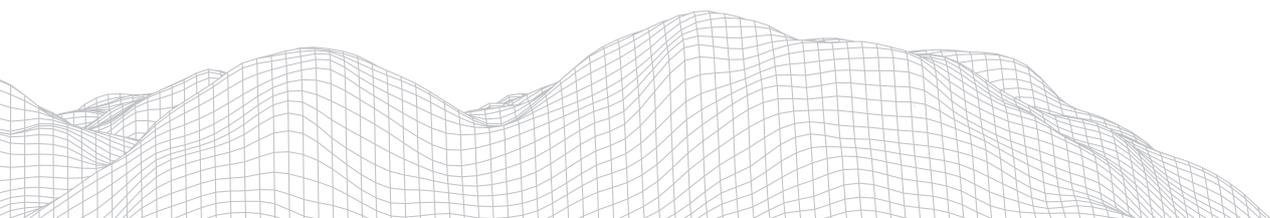
O mapa geomorfológico destaca também os modelados agradacionais dados pela planície do córrego São Pedro e pela presença de uma *planície flúvio-lacustre antropogênica* fundada no represamento do canal principal em sua porção média (barragem dos ingleses), onde é circundada por fragmentos florestais e ocupações mais esparsas. Em conjunto com a barragem, a BR-040 e a estrutura concernente ao EXPOMINAS figuram como as transformações antropogênicas mais relevantes da bacia, além de seu corpo urbanizado.

Abaixo, as figuras 2 e 3 consistem no mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do córrego São Pedro e sua respectiva legenda.





**FIGURA 2:** Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do córrego São Pedro (Juiz de Fora, MG).



# LEGENDA

## TIPOS GENÉTICOS

### MODELADOS DE AGRADAÇÃO (A)

Apft – Planícies Fluviais  
 Planícies fluviais - Sedimentação neo quaternária argilo-arenosa.

### MODELADOS DE DISSECAÇÃO (D)

Dmr – Morrotes  
 Morrotes – Topos convexos e vertentes convexo-retilíneas com declives moderados à fortes; Coberturas de alteração argilosas pedogeneisadas em latossolos e cambissolos.

Dm – Morros  
 Morros - Topos convexos a retilíneos e vertentes convexo retilíneas com declives moderados à fortes; Coberturas de alteração argilosas pedogeneisadas em latossolos e cambissolos.

Dc – Colinas  
 Colinas – Topos convexos a retilíneos, vertentes convexo retilíneas com declives suaves à moderados; Coberturas de alteração argilosas pedogeneisadas em latossolos e cambissolos.

### MODELADOS ANTROPOGÊNICOS

Morrotes urbanizados  
 Morros urbanizados  
 Colinas urbanizadas

Morrotes, Morros e Colinas urbanizadas – Morfologias originalmente convexo retilíneas extensivamente impermeabilizadas com planação dos topos e cortes localizados nas vertentes.

Planícies Fluviais urbanizadas

Planícies fluviais urbanizadas – Sedimentos neo-quaternários argilo-arenosos extensivamente impermeabilizados.

Planície Flúvio-lacustre antropogênica

Planície flúvio-lacustre antropogênica – Entorno imediato de represa.

### BASE GEOLÓGICA

Ortognaisses  
 Charnockito  
 Biotitagnaisse

### RELEVOS SIMBOLIZADOS

Drenagem  
 Curvas de nível  
 Vales estruturais  
 Capturas fluviais  
 Limite dos modelados antropogênicos

### MATRIZ DE DISSECAÇÃO

#### MORFOMETRIA DOS MODELADOS DE DISSECAÇÃO

Dimensão interflúvia média

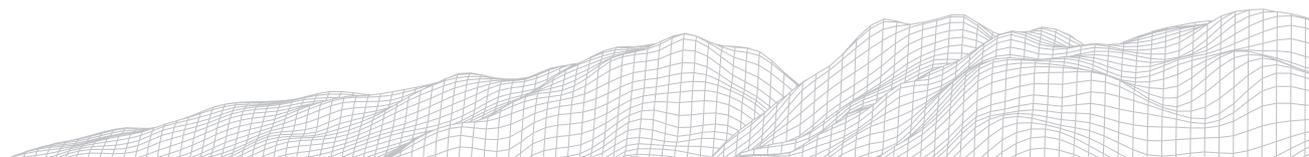
Intensidade de entalhe vertical da drenagem	Muito fina (< 400 m)	Fina (401 a 600 m)	Média (601 a 800 m)	Grossa (801 a 1000 m)	Muito grossa (> 1000 m)
Muito fraca (< 100 m)	5,1	4,1	3,1	2,1	1,1
Fraca (101 a 200 m)	5,2	4,2	3,2	2,2	1,2
Mediana (201 a 500 m)	5,3	4,3	3,3	2,3	1,3
Forte (501 a 1000 m)	5,4	4,4	3,4	2,4	1,4
Muito forte (> 1000 m)	5,5	4,5	3,5	2,5	1,5

FIGURA 3: Legenda.

O preenchimento urbano da bacia hidrográfica do córrego São Pedro era de 48,85% de sua totalidade no ano de 2007, se intensificando a jusante da barragem dos ingleses, principal reservatório da região, responsável pelo abastecimento de água para aproximadamente 5,5% da população do município, conforme aludido anteriormente.

As geoformas antecedentemente expostas se espalharam sobremaneira para espaços protegidos por lei federal, notadamente as Áreas de Preservação Permanente (APP's) de topo de morro (a luz do antigo Código Florestal, pelo menos) e as faixas rentes aos cursos d'água que deveriam dar aporte às matas ciliares, praticamente ausentes nas porções continuamente edificadas.

As APP's vinculadas aos cursos d'água estão presentes em todos os setores da bacia. Entre os modelados de dissecação, os morros também apresentam distribuição abrangente na bacia hidrográfica do córrego São Pedro, e sua ocupação mais extensiva se deu durante a vigência do Código Florestal



de 1965, que não considerava o chamado “ponto de sela” agregado ao “Novo Código Florestal”, que praticamente eliminou o papel dessa forma de relevo na categorização de áreas de preservação permanente.

A área da bacia ainda moderadamente transformada é composta por vegetação nativa secundária e pastagem. Os fragmentos vegetacionais observados por imagem de satélite e em campo representam conjuntamente com suas geofomas de sustentação espaços que ainda resguardam elementos da estrutura original da paisagem. Esses fragmentos, além de suas funções ambientais, são dotados de valor carismático que obstaculizam, em alguma medida, a ampliação da transformação acentuada, impondo assim alguma viscosidade ao adensamento urbano. Ainda assim, sobre as colinas e planícies se estabeleceram residências de alto padrão, localizadas entre os fragmentos vegetacionais e outras formas de “vazios” urbanos.

Os processos de superfície sofreram modificações relevantes nas áreas intensamente impermeabilizadas representadas em geral por ocupações em padrão aninhado sobre vertentes, topos de morros, morrotes e margens de cursos d’água, resultando, inclusive, no tamponamento subaéreo de extensões fluviais. A diminuição da capacidade de infiltração no solo e o aumento do volume e velocidade do escoamento ampliam a captação das águas pluviais pelos cursos d’água da bacia, dificultando o escoamento, processo agravado ainda mais pelo assoreamento dinamizado pelo solo exposto em vários pontos da bacia.

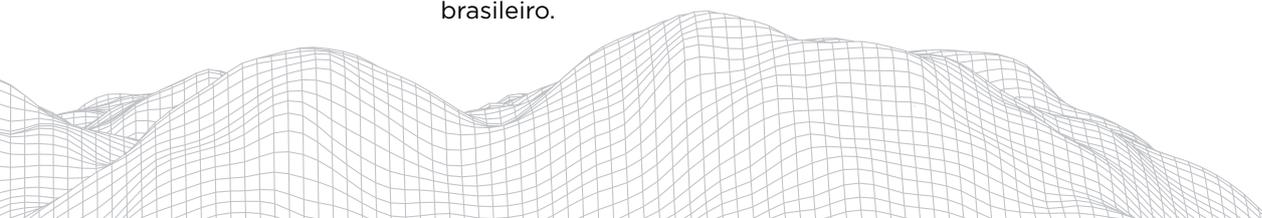
## 5. Considerações Finais

A bacia hidrográfica do córrego São Pedro apresenta um considerável potencial como área piloto para estudos que focam as transformações geomorfológicas decorrentes da urbanização sobre as morfologias convexas emolduradas nos escudos cristalinos do Brasil Sudeste.

O espaço intensamente transformado organizado, sobretudo, a partir do médio curso do córrego São Pedro, personifica verdadeiros modelados antropogênicos, com topos de morros, morrotes, colinas, terraços e vertentes ocupados com as mais variadas formas de alvenaria de baixo, médio e alto padrão. A transformação e ocupação das planícies fluviais segue o mesmo padrão dos modelados de dissecação, com incongruências que sinalizam um planejamento desigual e pautado em forte imperativo socioeconômico na distribuição dos espaços urbanos, o que é recorrente no contexto brasileiro.

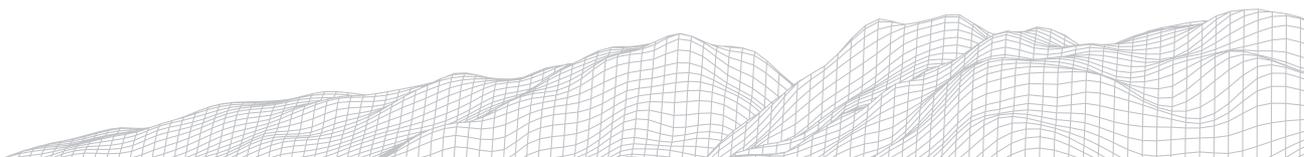
De modo especial, nos espaços excessivamente transformados, como na bacia do córrego São Pedro, o trabalho de mapeamento do relevo encontra dificuldade substancial na representação de todos os aspectos que envolvem sua origem, evolução e transformação produzida pelo homem em um mesmo mapa, sem que a profusão de informações se torne um entrave à interpretação. A técnica de mapeamento de Nunes et al (1994) utilizada neste artigo possibilitou a representação de aspectos naturais da bacia hidrográfica trabalhada, como tipos de formas do relevo, geologia, hidrografia, além de espaços transformados, facilitados cartograficamente pelo recurso de representação simbolizada do relevo.

As bases antropogeomorfológicas com as quais a cartografia geomorfológica tem dialogado, na interface direta com o Antropoceno e seus estágios de transformação vêm estimulando a elaboração de mapeamentos dinâmicos que deem conta de apreender a transformação geotecnogênica historicamente conduzida. Dessa forma, avanços nesse sentido ficam como agenda para uma compreensão mais integralizada das implicações de cunho geomorfológico decorrentes da ocupação urbana no domínio das morrarias cristalinas do sudeste brasileiro.



## Referências

- BRASIL. **Lei Nº 12. 651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm)> Acesso em: Nov 2019.
- CARTAS **Matias Barbosa** (Folha SF23XD4V3; M1268I3) e **Juiz de Fora** (Folha SF23XD4V4; M1268I/1), do IBGE, 1983.
- CESAMA. **Produção de Água de Juiz de Fora.** Site <http://www.cesama.com.br/mananciais/represa-de-sao-pedro-2>, capturado em 20/02/2020.
- CUNHA, C. M. L. **A cartografia geomorfológica em áreas litorâneas.** Tese (Livre Docência em Geografia). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2012.
- CPRM - **Serviço Geológico do Brasil**, 1979. Disponível em: <[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)> Acesso em Outubro de 2019.
- ESSE (Engenharia e Consultoria)/PJF (Prefeitura de Juiz de Fora). Plano de saneamento básico de Juiz de Fora - MG. Produto 2 - Tomo II - Diagnóstico dos serviços de abastecimento de água potável. Juiz de Fora: ESSE (Engenharia e consultoria)/PJF (Prefeitura de Juiz de Fora), 2013.
- GOUDIE, A. **HUMAN AGENCY IN GEOMORPHOLOGY.** In: The Human Impact on the Natural Environment: Past, Present and Future. Seventh Edition. Wiley-Blackwell, 2013.
- IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual **Técnico de Geomorfologia**. 2º ed. Rio de Janeiro, 2009.
- LATUF, M. O. Diagnóstico das águas superficiais do córrego São Pedro, Juiz de Fora-MG. **Geografia**, v. 13, n. 1, p. 21-55, 2004.
- MACHADO, P. J. O. (Org.) **Diagnóstico físico-ambiental da bacia hidrográfica do córrego São Pedro:** um exercício acadêmico de gestão dos recursos hídricos. Ubá: Ed.Geographica, consultoria, estudos e projetos ambientais Ltda., 2010.
- MARQUES NETO, R., ZAIDAN, R. T., MENON JR, W. 2015. Mapeamento Geomorfológico do Município de Lima Duarte (Mg). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, nº 1, p. 123-136, 2015.
- MARQUES NETO, R.; SILVA F. P., FERNANDES, R. A.; BARRETO, J. C.; EDUARDO, C. C. A espacialidade do relevo em paisagens transformadas e sua representação: mapeamento geomorfológico da Bacia do Rio Paraibuna, Sudeste de Minas Gerais. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 41, p. 65-81, 2017.
- NUNES, B. A.; RIBEIRO, M. I. C.; ALMEIDA, V. J.; NATALI FILHO, T. **Manual técnico de geomorfologia.** Rio de Janeiro: IBGE, 1994. 113p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 5).
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. FFLCH-USP. n. 6. São Paulo, 1992. P. 17-29.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 41-58, 1996.
- PREFEITURA de Juiz de Fora. **Plano Diretor de Juiz de Fora:** Diagnóstico Juiz de Fora: Concorde, 1996.
- SOARES, C.D. **Aspectos Limnológicos do Córrego São Pedro.** 2007. Dissertação de Mestrado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.
- USGS. **Earth Explorer.** Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 out 2019.



# PROBLEMAS SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS AO PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO JUÁ, SANTARÉM-PA

1061

*Sand Dara dos Santos Machado*

*Universidade Federal do Oeste do Pará*

*Av. Vera Paz S/N, Santarém, PA, 68030000*

*E-mail: sndmachado@gmail.com*

*Bruno de Oliveira Ribeiro*

*Universidade Federal do Oeste do Pará*

*Av. Vera Paz S/N, Santarém, PA, 68030000*

*E-mail: 73oliveira.ribeiro@gmail.com*

*Acsa da Costa Silva*

*Universidade Federal do Oeste do Pará*

*Av. Vera Paz S/N, Santarém, PA, 68030000*

*E-mail: aqsacosi@gmail.com*

*Danielle de Sousa Barros*

*Universidade Federal do Oeste do Pará*

*Av. Vera Paz S/N, Santarém, PA, 68030000*

*E-mail: dansousab23@gmail.com*

*João Paulo Soares de Cortes*

*Universidade Federal do Oeste do Pará*

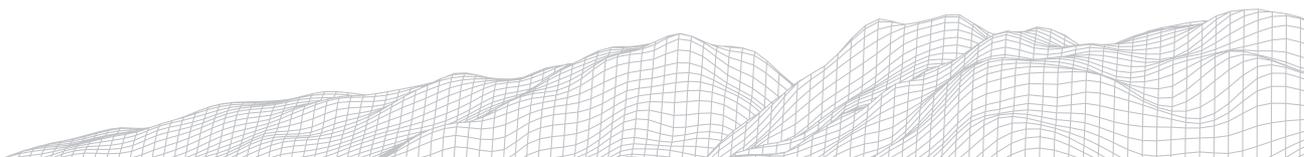
*Av. Vera Paz S/N, Santarém, PA, 68030000*

*E-mail: decortesjps@gmail.com*

### Resumo

O processo de expansão urbana na Amazônia Brasileira envolve a reprodução de diferentes padrões espaciais e a participação de atores distintos. Muitas vezes a qualidade ambiental da área é deixada em segundo plano. As consequências para a população incluem diminuição da qualidade de vida e a qualidade e disponibilidade de recursos naturais. A microbacia do Igarapé do Juá, localizada no município de Santarém (PA), passou por um processo de ocupação recente, associado com a expansão urbana da cidade. Este processo possui vários elementos comuns à expansão de outras cidades da Amazônia Brasileira, como a multiplicidade de atores envolvidos, os diferentes modelos de ocupação e os problemas ambientais associados. Este trabalho busca, apresentar os problemas ambientais da área pela perspectiva da bacia hidrográfica, de modo a fornecer bases para que seja iniciado o planejamento ambiental da área. Nós apresentamos um histórico de ocupação da bacia e discutimos os principais problemas identificados em função de diferentes modos de construção do espaço urbano. Os resultados indicam que o estabelecimento de ações a nível da bacia hidrográfica deve ser um componente chave na regulamentação do uso do solo na área de estudos da bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** Rios Urbanos; Análise Ambiental; Geomorfologia Urbana; Riscos Ambientais; Amazônia.



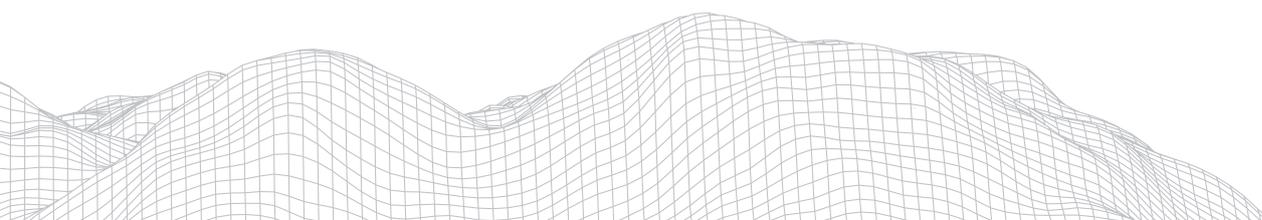
## 1. Introdução

A dinâmica de ocupação e as forças de produção do espaço urbano na Amazônia brasileira, sistematicamente fazem com que a qualidade ambiental fique relegada a planos secundários (ABREU, 2015). O uso da terra nessa região muitas vezes passa por mudanças bruscas, que incluem a abertura de fronteiras produtivas e processos de expansão do espaço urbano e de redes de infraestrutura. A deficiência sistemática de políticas adequadas de gestão e desenvolvimento contribuem para ocasionar danos aos recursos naturais da região, que incluem a biodiversidade e os recursos hídricos, (BARBOSA; MOREIRA, 2017). Este modelo de desenvolvimento está associado ainda com a existência e aprofundamento de conflitos fundiários, agrários e ambientais produzindo espaços com problemas estruturais graves, como déficits habitacionais crônicos e a precariedade e ausência dos serviços de saneamento (SANTOS, 2017).

Situada na confluência entre os rios Tapajós e Amazonas, no estado do Pará, a cidade de Santarém, tem sua origem e desenvolvimento atreladas ao ambiente fluvial, a exemplo de grande parte das cidades da Amazônia (CARDOSO et al., 2017). A partir de 1970, o desenvolvimento do tecido urbano, passou a contar com uma influência maior da rede rodoviária, com a abertura e ampliação de rodovias como a PA 370 (rodovia Curuá-Una) e a BR-163 (Cuiabá-Santarém). Em escala local, a realocação do aeroporto municipal na década de 1980, criou um novo eixo de urbanização, com a abertura da rodovia Eng. Fernando Guilhon, gerando uma expansão do tecido urbano no sentido Leste-Oeste, que extrapolou os limites até então consolidados, entre os Igarapés Urumari e Irurá (COSTA, 2012). Entre os anos de 1984 e 2011, a área urbana de Santarém praticamente dobrou de tamanho, promovendo os já conhecidos processos de periferação associados o crescimento urbano sem o devido planejamento. Este processo está associado ainda com problemas intensos de degradação ambiental, como a ocupação de áreas de várzea, zonas ripárias e encostas de morros (BARROS et al., 2015). Essa situação é bastante evidente ao longo do eixo de expansão Leste-Oeste, e também está associada com a ocupação de áreas de risco, intensificação de conflitos socioambientais e precariedade no saneamento básico, impactando a qualidade de vida e as condições de saúde da população (CARDOSO et al., 2017).

A bacia hidrográfica do igarapé do Juá está localizada na zona oeste da cidade, revelando o mais recente foco de ocupação e expansão urbana no município de Santarém, envolvendo formas, interesses e processos diversificados de urbanização e problemas ambientais (SANTOS, 2017). O processo de urbanização ocorrido na bacia hidrográfica do igarapé do Juá foi direcionado pela presença de obras estatais com planejamento ambiental e urbano inadequado, áreas de ocupação espontânea com acesso extremamente restrito aos serviços públicos e loteamentos promovidos pela iniciativa privada com processo de licenciamento contestável em termos jurídicos e ambientais (ABREU, 2015).

A ocupação desta bacia, é exemplo ainda, das forças e dos atores envolvidos nos processos de reprodução e adensamento da malha urbana na região Amazônica como um todo. Podemos citar por exemplo, a presença decisiva do estado no caso da instalação do Residencial Salvação, a importância dos movimentos sociais, como o Movimento dos Trabalhadores em Luta por Moradia (MTLM) na reivindicação do direito à moradia e as estratégias de apropriação e uso da área pela iniciativa privada, observada em empreendimentos minerários existentes nas cabeceiras e no loteamento habitacional Cidade Jardim. Estes processos de ocupação têm sido abordados por diferentes autores, com foco em questões ambientais (SILVA et al., 2018, OLIVEIRA et al., 2018), do direito à cidade (PINHO E REIS, 2019) e conflitos socioambientais (CARDOSO et al., 2020).



A bacia hidrográfica do Juá está também associada com o Lago do Juá, um importante reduto da atividade de pesca no município. Essa atividade é praticada por moradores da comunidade local e de área vizinhas que utilizam os recursos pesqueiros para alimentação e comercialização (CORREA et al., 2018). As transformações no ecossistema da bacia hidrográfica provocadas pelos processos de mudança no uso do solo contribuem para que a qualidade ambiental do lago seja alterada, afetando a biota aquática e conseqüentemente o meio de sustento dos pescadores locais. Com a supressão da vegetação, os mananciais da bacia hidrográfica ficam cada vez mais vulneráveis a processos de assoreamento e contaminação, situação que acaba enfraquecendo o potencial turístico que a bacia hidrográfica oferece, visto que além do lago e da floresta neste espaço a área em questão ainda conta com faixa de praias que favorecem a paisagem cênica local (CARDOSO et al., 2011)

Até o momento, no entanto, tais processos não foram colocados sob a perspectiva da bacia hidrográfica, estando as análises prévias limitadas a recortes espaciais com critérios distintos, o que os limita em termos de possibilidades de gestão e planejamento. Este trabalho tem o objetivo de abordar os problemas ambientais da área de estudos a partir do recorte da microbacia, de modo a fornecer elementos para um planejamento ambiental e urbano adequado. Nós apresentamos os principais eventos de ocupação da bacia hidrográfica do Igarapé do Juá, discutimos os problemas ambientais associados com diferentes tipos de ocupação e demonstramos as razões pelas quais acreditamos que esta microbacia seja um modelo de diversos processos associados com a expansão urbana em cidades da Amazônia brasileira.

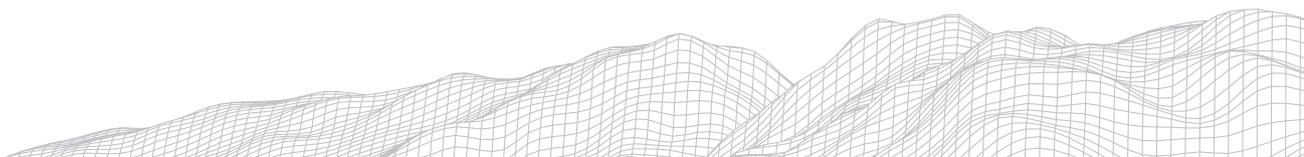
## 2. Materiais e Métodos

A bacia hidrográfica do Juá encontra-se situada na zona oeste da cidade de Santarém-PA. De acordo com Lopes, (2016) o solo da bacia hidrográfica, é predominantemente arenoso, reflexo do intemperismo de camadas muito friáveis da Formação Alter do Chão e está associado com uma vegetação de cerrado e savana amazônica, com faixas de igapós ocupando as proximidades das zonas ripárias e matas ombrófilas na região das cabeceiras. O clima da região é caracterizado como quente e úmido, com valores médios anuais de precipitação de 1920 mm e temperatura média anual entre 25° e 28°C (SILVA et al., 2018).

Para elaboração deste trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais e visitas decampo de modo a identificar os problemas associados com processos erosivos, assoreamento dos corpos hídricos, ocupação de áreas de risco, fragmentação da mata ciliar e disponibilidade de serviços públicos e infraestrutura de saneamento.

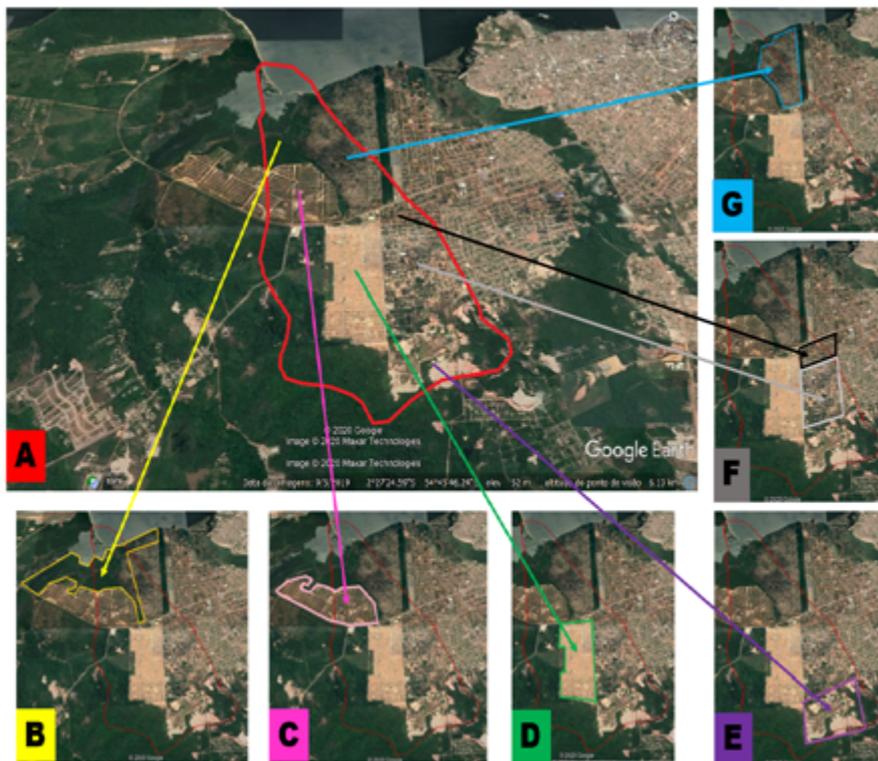
## 3. Resultados e Discussão

As transformações que vem ocorrendo na paisagem natural e urbana da cidade de Santarém, foram pouco acompanhadas de políticas e ações que tenham como ponto de partida o uso e a ocupação de forma sustentável do território. ARAÚJO *et al.*, 2013, argumentam que a urbanização de bacias hidrográficas traz desafios delicados para gestores e técnicos no momento em que projetos e obras são colocados em execução; a impermeabilização do solo, a supressão da vegetação, o aterramento de corpos hídricos e o nivelamento dos terrenos podem causar mudanças imediatas ou de médio à longo prazo sobre a natureza da bacia, repercutindo sobre a qualidade ambiental e o bem-estar da população.



### 3.1 Evolução da ocupação na bacia hidrográfica do Igarapé do Juá

As formas de ocupação observadas na bacia hidrográfica do Igarapé do Juá, refletem alguns processos importantes na construção do espaço urbano na Amazônia. Na Figura 1, é possível observar diferentes tipos de uso do solo, como a presença de matas de igapó dentro da Área de Proteção Ambiental do Juá (Figura 1 B), o loteamento induzido por agentes privados no Projeto Cidade Jardim (Figura 1 C), o loteamento induzido por agentes públicos na área do conjunto habitacional Residencial Salvação (Figura 1 D) e áreas de expansão urbana via ocupação de terrenos periféricos, nós já consolidados bairros Conquista e Alvorada (Figura 1 F) e na Ocupação Vista Alegre do Juá (Figura 1 G). É possível notar ainda que a área de cabeceiras na bacia hidrográfica é marcada pela presença de cavas a céu aberto de extração de materiais para construção civil (Figura 1 E), a partir da ação de empresas mineradoras de pequeno porte.

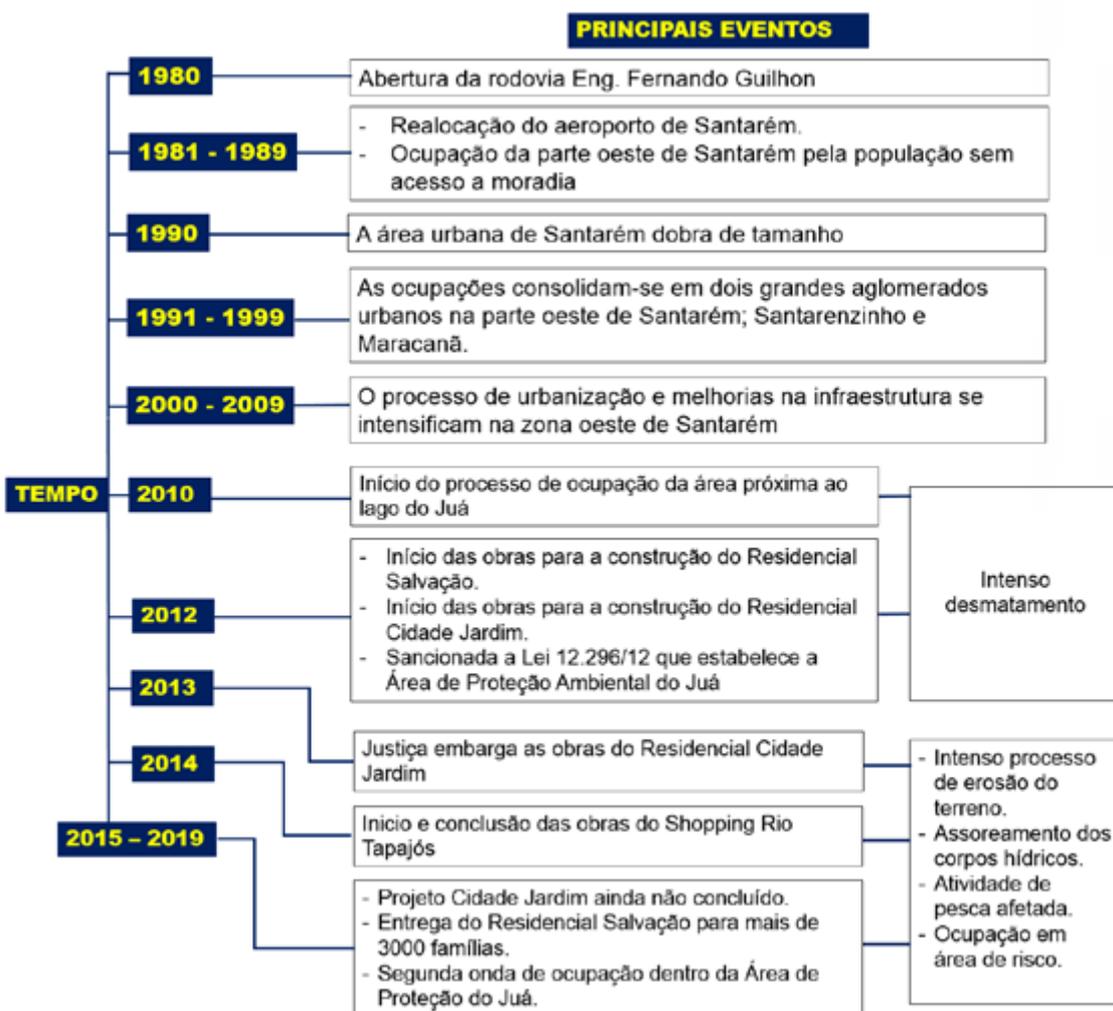


**FIGURA 1:** A - Delimitação da microbacia do Juá, zona oeste de Santarém-PA; B - Área de Proteção Ambiental do Juá; C - Projeto Cidade Jardim (empreendimento de privado); D - Residencial Salvação (empreendimento do Governo Federal); E - Área de mineração (extração de areia); (F) - Bairros Conquista (seta preta) e Alvorada (seta cinza); G - Ocupação Vista Alegre do Juá. Fonte: Imagens Google Earth.

Esse modelo de urbanização resultou em problemas de degradação ambiental, conflitos sociais e danos a qualidade de vida dos moradores locais. É o que Gomes e Cardoso (2019) ressaltam, ao afirmarem que o padrão de urbanização que ocorre na Amazônia tem características excludentes, pois as políticas de desenvolvimento não correspondem às demandas sociais e nem levam em consideração as características ambientais específicas da região.

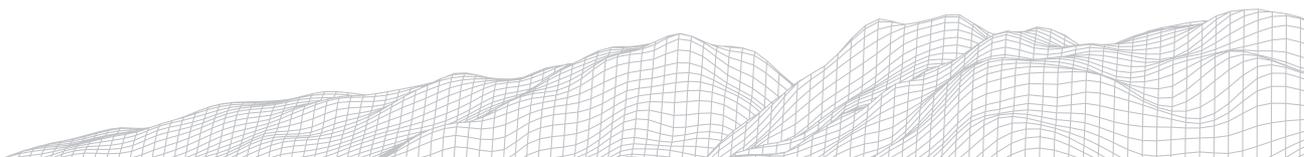
O processo de transformação que vem ocorrendo nas últimas décadas na bacia hidrográfica do Igarapé do Juá é ilustrado na Figura 2. A partir da análise da linha do tempo, é possível notar que atrelados ao processo de ocupação da bacia, estão ações realizadas no âmbito do município, como a mudança de localização

do aeroporto da cidade, que resulta em um novo vetor de crescimento e ações realizadas por atores privados e pela população local, através de processos bem conhecidos, como a ocupação de terrenos nas zonas periféricas das cidades. Como forma de resguardar os importantes atributos ambientais da área do Lago do Juá, foi criada no ano de 2012 a Área de Proteção Ambiental do Juá, de modo a restringir a ocupação nas margens do Lago e proteger este importante local de pesca do município.



**FIGURA 2:** Linha do tempo dos principais eventos que contribuíram para a modificação da paisagem natural da bacia hidrográfica do Juá. Fonte: Os autores

Todo o processo de ocupação teve início ainda na década de 1980 quando os igarapés e os morros que serviam de obstáculos naturais foram ultrapassados, situação que fez surgir os dois principais aglomerados urbanos da parte oeste de Santarém, Maracanã e Santarenzinho. Com o decorrer dos anos essas duas áreas se expandiram, deram origem a outras ocupações que foram aos poucos se consolidando como bairros. Já a partir do ano 2000, a zona oeste da cidade de Santarém se encontrava bastante povoada, mas ainda apresentava pouca melhoria na infraestrutura de sua malha urbana. Nesses locais reside a população de baixa renda, com os problemas normalmente associados a estas condições como precariedade ao acesso de serviços urbanos e de infraestrutura. A partir de 2010 um novo ciclo de ocupação é observado, com a instalação do conjunto habitacional Residencial Salvação, o início das obras do Projeto Cidade Jardim e



a chegada das primeiras famílias à Ocupação Vista Alegre do Juá.

### 3.2 Problemas Sociais e Ambientais associados

#### 3.2.1 Bairros Conquista e Alvorada

Os bairros Conquista e Alvorada correspondem às ocupações mais antigas na bacia hidrográfica do Igarapé do Juá. Situados em sua borda oeste, estes bairros são resultantes do processo de ocupação das periferias do município no início dos anos 2000. As duas décadas de consolidação da ocupação, seguidas pelo reconhecimento oficial dos bairros pelo município, no entanto, foram acompanhadas de melhorias muito modestas na infraestrutura dos mesmos em termos de asfaltamento, saneamento e drenagem urbana. A Figura 3 apresenta algumas situações observadas ao longo das vias do bairro Alvorada, com destaque para a disposição de efluente doméstico a céu aberto (Figura 3 A), presença de barreiras de contenção de erosão colocadas pela própria população ao longo da canaleta marginal de drenagem (Figura 3 B), disposição de entulho para nivelamento da via (Figura e C) e ausência de calçamento associado com a presença de processo erosivo acelerado (Figura 3 D).



**FIGURA 3:** **A** - Disposição de esgoto domiciliar a céu aberto; **B** - Presença de barreiras de contenção de erosão ao longo da canaleta marginal de drenagem; **C** - Disposição de entulho para nivelamento da via; e **D** - Ausência de calçamento e processo erosivo acelerado. FONTE: Arquivo Pessoal.

As ações realizadas pelos próprios moradores no intuito de disciplinar a drenagem superficial e conter a evolução de feições erosivas com o uso de entulhos e sacos de areia são indicativas da ausência de ação do poder público ao longo destas áreas. As condições inexistentes de infraestrutura na maior parte das vias nestes bairros sobrecarregam as escassas obras realizadas para disciplinar o fluxo hídrico e de sedimentos nesta porção alta da bacia. Foi verificado em campo a situação de uma das poucas vias pavimentadas do bairro Alvorada em relação à enorme quantidade de sedimentos retirados durante o trabalho de

desobstrução do sistema de drenagem na Travessa Pirelli, via situada no limite leste dos bairros, na porção mais baixa da vertente ocupada.

### 3.2.2 Ocupação Vista Alegre do Juá

A ocupação Vista Alegre do Juá foi iniciada em meados de 2010 por famílias sem moradias próprias e organizadas pelo Movimento de Luta por Trabalho e Moradia (MLTM). A ocupação se deu em uma área caracterizada por não possuir função social, localizada as margens da Rodovia Eng. Fernando Guilhon e nas proximidades do Lago do Juá, com intuito de formar um novo bairro de acordo com o planejamento inicial de divisão de lotes e arruamento por parte do movimento responsável.

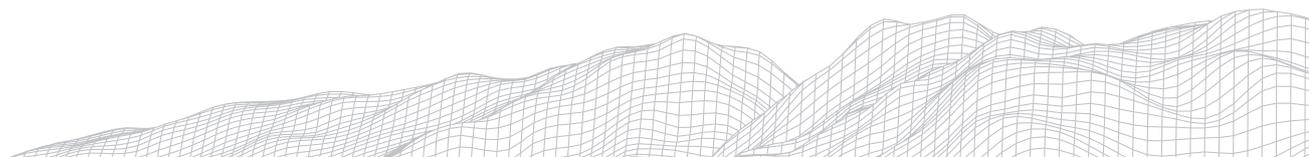
Dentre os principais problemas ambientais observados na área da Ocupação Vista Alegre do Juá estão questões de ausência de saneamento e sistema de drenagem pluvial, presença de feições erosivas associadas com intervenções no terreno e com a evolução do canal do Igarapé do Juá, acelerado após a retirada da vegetação ciliar e a ocupação de áreas de risco. A precariedade do sistema de coleta de resíduos sólidos no local é um agravante em relação à situação de risco de famílias instaladas nas proximidades do igarapé (Figura 4).



**FIGURA 4:** **A** - Construções em área de risco; **B** - Deposição e acúmulo de resíduos sólidos no igarapé; **C** - Processo de assoreamento do canal; e **D** - focos erosivos e lixo na área da ocupação.

Fonte: Arquivo Pessoal.

O processo de ocupação acompanhado da retirada da vegetação, especialmente ao longo da Área de Proteção Permanente, além de expor famílias a riscos de enchente, inundação e aumentar o risco de desabamentos de construções situadas nas margens do canal expõe as águas do igarapé a processos intensivos de assoreamento e disposição de resíduos sólidos. Em trechos de menor



velocidade de fluxo são observados ainda indícios do processo de eutrofização, como a presença de mau cheiro associado com o lançamento de efluentes domésticos diretamente no igarapé.

### 3.2.3 Residencial Salvação

O conjunto habitacional Residencial Salvação foi lançado em 2009 com intuito de resolver os problemas de moradia e facilitar a aquisição de casas próprias, e assim promover a inclusão de famílias de baixa renda ao tecido urbano. Apesar do avanço alcançado na questão habitacional no município, o empreendimento apresentou desde sua instalação, problemas relacionados a drenagem de águas pluviais, uma vez que o terreno foi destinado a construção das casas populares e ocupa o fundo do vale da microbacia do Igarapé do Juá.

Com a entrega do projeto em 2016, outras questões se tornaram latentes, como a necessidade de fortalecimento de equipamentos urbanos como escolas, postos de saúde e áreas verdes e de lazer, gerando novas situações de vulnerabilidade social no município. Mesmo após a inauguração do empreendimento os problemas com a drenagem das águas pluviais dentro do residencial ainda persistem, comprometendo a qualidade das vias públicas e o funcionamento do sistema de drenagem (Figura 5).



**FIGURA 5:** Residencial Salvação - **A** - Asfalto em processo de deterioração; **B** - Sedimentos depositados nas vias, carregado das áreas à montante. Fonte: Arquivo Pessoal.

Conforme o processo de urbanização da bacia foi avançando, os problemas relacionados com a compactação e a impermeabilização do solo e ausência de áreas verdes, contribuíram para elevar a velocidade do escoamento superficial da água da chuva, acelerando processos erosivos localizados e aumentando os riscos de inundação e alagamento nos trechos baixos da bacia hidrográfica.

### 3.2.3 Cidade Jardim

No ano de 2011, teve início a construção de um loteamento urbano de capital privado ocupando toda a baixa vertente da margem leste do Igarapé do Juá. Com uma área total prevista de quase 100 hectares, a aquisição desse espaço por parte do setor imobiliário teve como proposta implantar o Residencial Cidade Jardim. O projeto teve início com a retirada da vegetação, atividades de terraplanagem e abertura de vias.

Em 2012 o empreendimento foi denunciado aos órgãos ambientais por possíveis irregularidades que estariam afetando a integridade ambiental do Lago do Juá. Por meio de fiscalização, ficou constatado o desmatamento irregular de aproximadamente 186 hectares de área e ausência de Licenciamento Ambiental adequado, situação que levou ao embargo das obras de instalação. Como forma

de assegurar a proteção ambiental da área do entorno do Lago do Juá e de seus recursos naturais, ocorreu ainda no ano de 2012 a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) do Juá.

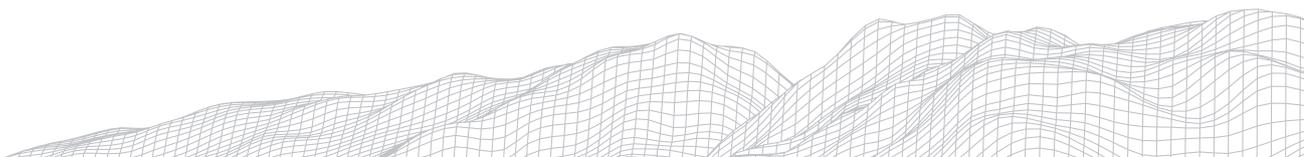
Tendo as obras de implantação sendo iniciadas e paralisadas e diante de um processo lento de resolução da situação jurídico-administrativa do empreendimento, os terrenos localizados na baixa vertente leste da bacia hidrográfica ficaram em situação de vulnerabilidade, devido à exposição do solo aos fortes eventos pluviais que ocorrem na região entre os meses de janeiro e abril. Foram observados em campo processos de deposição de sedimentos em pontos do terreno ao longo do projeto residencial, que avançaram até as bordas do Lago do Juá gerando risco de assoreamento do mesmo.

### *3.3 A bacia hidrográfica do Juá como exemplo de urbanização na Amazônia Brasileira*

O discurso de que a Amazônia deveria se desenvolver e que suas cidades deveriam fazer parte desse progresso está associado com o estímulo à vinda de projetos de desenvolvimento que tiveram alto impacto ambiental, econômico e social na região (CARDOSO et al., 2017). São exemplos destes projetos, a abertura de estradas, construção de hidrelétricas, mineração, além da expansão da fronteira agrícola e do mercado imobiliário (SANTOS, 2017). A busca por melhores condições de vida e maior acesso aos serviços públicos, ocasionou um importante aumento populacional e crescimento de núcleos urbanos, levando à ocupação irregular de áreas de risco ou em fragilidade ambiental (BARROS et al., 2015). Dessa forma as novas relações que se estabelecem resultaram em zonas com densidade populacional mais elevada, mas que nem sempre foram acompanhadas da maior disponibilidade de serviços e de infraestrutura (CORTES; D'ANTONA, 2012).

Autores como Pinho et al., (2019) e Cardoso et al., (2017) esclarecem que o espaço urbano de Santarém historicamente se deu com precário planejamento urbano consolidando-se a partir de três vetores: Rodovias Santarém - Curuá-Una, Cuiabá - Santarém e Eng. Fernando Guilhon. A falta de uma política pública que fosse capaz de acompanhar o crescimento da cidade e as demandas de urbanização permitiram que as ocupações irregulares surgissem como alternativa para o exercício do direito à moradia. Dessa forma o uso e a ocupação desordenada de áreas de proteção e/ou de interesse ambiental ocasionaram impactos aos ecossistemas prístinos e fez surgir aglomerados urbanos, que foram ao longo dos anos se consolidando como bairros na região periférica da cidade. As novas áreas incorporadas ao tecido urbano, são então lentamente incorporadas aos serviços públicos podem ou não ser atendidas pelas redes de esgotamento sanitário, coleta de resíduos e drenagem urbana. Este processo tende a gerar cidades onde as diferentes redes de serviços não se sobrepõem, o que dificulta o planejamento e pode relegar populações a estados de segregação de determinados serviços. A multiplicidade de atores e interesses que direcionam a expansão urbana também são marcas destas cidades e fatores que dificultam o ordenamento territorial.

É nesse contexto que o processo de urbanização da zona oeste da cidade de Santarém se concretiza, incluindo a área onde se localiza a bacia hidrográfica do Igarapé do Juá. As propostas urbanísticas dos empreendimentos implementados nessa área podem ser questionadas por não atenderem a critérios ambientais e muitas vezes não considerarem as condições e as características específicas da região, intensificando os impactos associados com as desigualdades sociais. A criação da APA do Juá com alternativa para garantir a qualidade ambiental da área no entorno do lago pode ser uma ação importante a depender das normativas de uso a serem estabelecidas com o Plano Diretor da unidade. A maior parte das intervenções antrópicas observadas em campo, seguem no



sentido de diminuir a qualidade ambiental da área, com intensificação de feições erosivas, diminuição da qualidade dos recursos hídricos e da área verde disponível na bacia. Os impactos para a população que vive na bacia e que depende dos recursos pesqueiros do Lago do Juá, passam por questões econômicas, de saúde pública e de acesso a condições de saúde ambiental.

#### 4. Considerações Finais

O crescimento urbano observado na cidade de Santarém é assentado em processos de ocupação de novas áreas muitas vezes alheios aos instrumentos de planejamento territorial disponíveis. Os resultados deste processo, muitas vezes são negativos do ponto de vista ambiental e com implicações na qualidade de vida da população. A bacia hidrográfica do Igarapé do Juá possui elementos típicos do processo de urbanização das cidades amazônicas, com problemas ambientais similares. Desta maneira, compreender estes problemas e conseguir propor soluções viáveis pode ser uma tarefa com desdobramentos para outras áreas que passaram por trajetórias de ocupação similares. Um primeiro passo para desenvolver soluções do ponto de vista ambiental, é colocar os problemas sob a perspectiva da bacia hidrográfica como unidade de análise, planejamento e gestão. Nós apresentamos os principais problemas ambientais da bacia hidrográfica do Igarapé do Juá em função de diferentes padrões de ocupação da área.

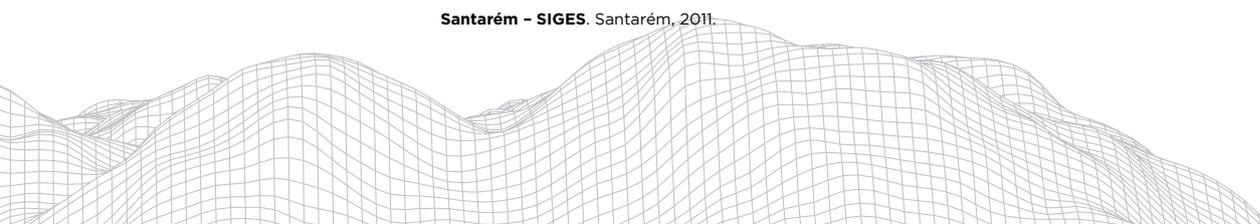
Os problemas observados estão associados com a construção de moradias em áreas de risco, instalação de empreendimentos com pouca adesão às normas ambientais e a dificuldade de se estabelecer políticas de ordenamento e planejamento territorial. Para que as condições ambientais da bacia hidrográfica melhorem, é preciso que os diversos setores estejam engajados em um planejamento em comum que leve em conta os usos potenciais dos recursos da área e a qualidade de vida dos habitantes. Neste sentido, o estabelecimento de ações a nível da bacia, deve ser um componente chave na regulamentação da APA do Juá e em medidas de preservação do Lago do Juá e de seus recursos.

#### Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pela concessão de bolsa de Iniciação Científica à primeira autora e à Sra. Margarete Teixeira, liderança do Movimento dos Trabalhadores em Luta por Moradia (MTLM) pelo acolhimento à nossa equipe e pelo importante trabalho social desenvolvido na área.

#### Referências Bibliográficas

- ABREU, J. R. P. **Gestão Ambiental Aplicada ao Urbanismo: Expansão Urbana no Município de Santarém** - Pará - Brasil. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Pará, Belém - Pará - Brasil, 2015.
- BARBOSA, J. A.; MOREIRA, E. C. P. Impactos socioambientais da expansão do agronegócio da soja na região de Santarém -PA e a crise dos instrumentos de governança ambiental. **R.Jur. UNI7**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 73-87, jan./jun. 2017.
- BARROS, L. S.; BALIEIRO, C. P. P.; GARCIA, E.; PINHO, B. C. P. Detecção temporal de área urbana utilizando imagens de alta e média resolução espacial, município de Santarém-PA. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui O **Novo Código Florestal**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/L4771.htm>. Acesso em out. 2020.
- CARDOSO, M. C. ; SILVA, E. R. ; DA PAZ, E. S. D. ; CARNEIRO, D. S. ; MARTINS, S. E. M. Considerações sobre o potencial geoturístico das praias Maracanã, Salvação e Juá em Santarém/PA. In: **I Simpósio de Informática e Geotecnologia de Santarém - SIGES**. Santarém, 2011.



CARDOSO, M. C.; SOUZA, R. R.; CHIBA, H. S. A. Expansão urbana em Santarém, Pará: uma análise a partir da ocupação Vista Alegre do Juá. **Territórios, Redes e Desenvolvimento Regional: Perspectivas e Desafios**. Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, setembro de 2017.

CARDOSO, M. C.; SOUZA, R. R.; CHIBA, H. S. A. Pescadores artesanais, conflito de interesses e os recursos pesqueiros vistos como capital natural crítico: o caso do Lago do Juá em Santarém, Pará. **O Social em Questão** - Ano XXI - nº 40 - Jan a Abr/2018.

CORTES, J. C.; D'ANTONA, A. **Urbanização do rural: mobilidade populacional e dinâmica do uso da terra em Santarém, Brasil**. Conferencie Paper - setembro 2012.

COSTA, T. C. S. **A relação cidade e rio na Amazônia: mudanças e permanências frente ao processo de urbanização recente, o exemplo de Santarém (PA)**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2012.

FERREIRA, A. E. M.; VIEIRA, I. C. G. Sustentabilidade urbana na região metropolitana de Santarém, Pará, Brasil nos anos 2000 e 2010. **Economia, Sociedad y Territorio**, vol. XVIII, núm. 58, 2018, pg.763-795.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S.; CANIL, K.; SOUZA, M. D.; GOMES, M. A. F. Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos. **Circular Técnica 22** - 1ª edição eletrônica, EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna - SP, 2011.

FROTA FILHO, A. B.; VIEIRA, A. F. S. G. Caracterização do processo de expansão urbana na bacia colônia Antônio Aleixo e suas consequências no desenvolvimento de feições do tipo voçoroca, Manaus-AM. **XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada** - I Congresso Nacional de Geografia Física, Campinas - SP, 2017.

GUTBERLET, Jutta. Zoneamento da Amazônia: uma visão crítica. **Estudos Avançados** 16 (46), 2002.

GOMES, T. V.; CARDOSO, A. C. D. Santarém: o ponto de partida para o (ou de retorno) urbano utopia. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 2019.

NORONHA, E. C.; PEREIRA, H. F. B.; ASSUNÇÃO, D. S. Diagnóstico do esgotamento sanitário e possíveis impactos no meio ambiente e na saúde dos moradores do bairro nova república em Santarém, Pará. **XI Congresso Nacional de Meio Ambiente** de Poços de Caldas, maio de 2014 - Poços de Caldas - Minas Gerais.

OLIVEIRA, D. R.; CAZULA, L. P.; NASCIMENTO, F. S. Avaliação geológica urbana ambiental em quatro bairros do município de Santarém-PA: um estudo preliminar. **16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**, 2018.

OLIVEIRA, J. M. G. C. Expansão Urbana e Periferização de Santarém-Pa, Brasil: Questões para o Planejamento Urbano. **X Colóquio Internacional de Geocrítica**. DIEZ AÑOS DE CAMBIOS EN EL MUNDO, EN LA GEOGRAFÍA Y EN LAS CIENCIAS SOCIALES, 1999-2008, Barcelona, 26 - 30 de maio de 2008 Universidade de Barcelona.

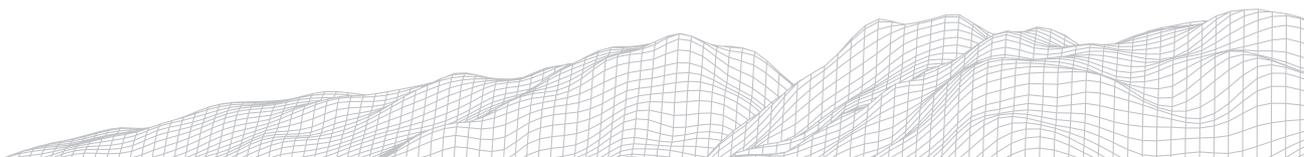
PEREIRA, J. C. M. **Importância e Significado das Cidades Médias na Amazônia: uma abordagem a partir de Santarém (PA)** - Belém: NAEA/UFPA, 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, 2004, 114 p.

PINHO, E. R. P.; RODRIGUES, Y. S.; NOVAK, F.; REIS, A. B. O. Conflitos fundiários no Baixo Amazonas: ocupações urbanas na cidade de Santarém (PA). **Revista Científica Foz**, São Mateus - ES, v. 2, n. 1, p. 143-159, 2019.

PINHO, E. R. P.; REIS, A. B. O. Ocupações urbanas e o direito à moradia em Santarém-PA: os movimentos populares nos processos de autogestão e autoconstrução. **Anais XVIII ENANPUR**, Natal- RN, 2019.

REIS, A. B. O.; NOVAK, F.; PINHO, E. R. P.; PEREIRA, T. R. Conflitos fundiários urbanos: uma análise da disputa pelo uso da moradia por meio do estudo de caso da ocupação Vista Alegre do Juá. **XVI Encontro Paraense de Geografia** 2017, IV Colóquio de Geografia do Oeste do Pará 06 a 09 de setembro de 2017 - Santarém/PA.

SANTOS, B. A. **As políticas de habitação e urbanização diante da mudança do clima: estudo da vulnerabilidade e da**



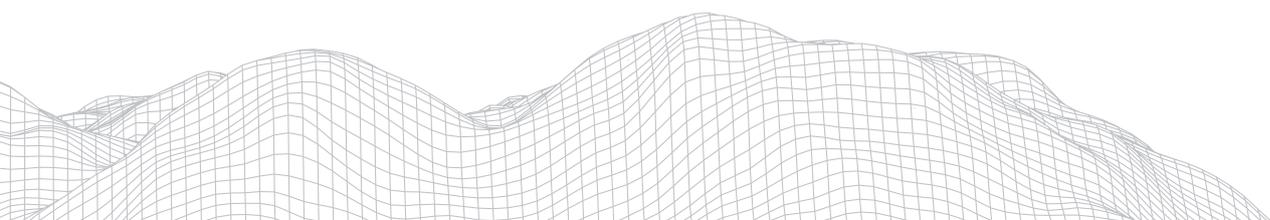
**adaptação em Santarém - Pará.** Dissertação de mestrado apresentada à Universidade de Brasília-DF, 2017.

SANTOS, P. R.; REGO, J. C. S.; CASTRO FILHO, A. C. S.; CAZULA, L. P. Ocupação Vista Alegre do Juá: um campo de luta e resistência social em Santarém-PA. **XIX Encontro Nacional de Geógrafos**, João Pessoa-PB, 2018.

SILVA, I. B. B.; PINTO, A. P. A.; MORTATI, A. F.; OLIVEIRA, L. L. Caracterização hidrológica e ambiental de uma pequena bacia do baixo Rio Tapajós. Edição Especial do **Congresso de Gestão Ambiental do Baixo Amazonas (CONGABA)** Ago 2018 - v.9 - n.6

SILVA, M. J. V. **A vulnerabilidade socioambiental na produção do espaço urbano da cidade de Santarém-PA.** Tese de doutorado apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2017.

THOMAS, S. **Educação ambiental participativa na promoção da cidadania: experiência das comunidades urbanas do Eixo-Forte na cidade de Santarém - PA.** Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano, da Universidade da Amazônia (UNAMA) Belém-PA, 2010.



# PANORAMA DOS RISCOS DAS BARRAGENS DE REJEITO DE MINERAÇÃO NAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

1074

*Regina Paula Benedetto de Carvalho*

*Instituto de Geociência - IGC,UFMG*

*Av. Antônio Carlos, n. 6627, Campus Pampulha, CEP. 31 270-901,*

*Belo Horizonte - MG reginapaulabenedettodec@gmail.com*

*Antônio Pereira Magalhães Jr.*

*Departamento de Geografia/Instituto de Geociência - IGC,UFMG*

*Av. Antônio Carlos, n. 6627, Campus Pampulha, CEP. 31 270-901,*

*Belo Horizonte - MG antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com*

*Matheus de Oliveira Reis*

*Departamento de Geografia/Instituto de Geociência - IGC,UFMG*

*Av. Antônio Carlos, n. 6627, Campus Pampulha, CEP. 31 270-901,*

*Belo Horizonte - MG*

*matheusor29@gmail.com*

*Paulo Henrique Batista*

*Departamento de Geografia/Instituto de Geociência - IGC,UFMG*

*Av. Antônio Carlos, n. 6627, Campus Pampulha, CEP. 31 270-901,*

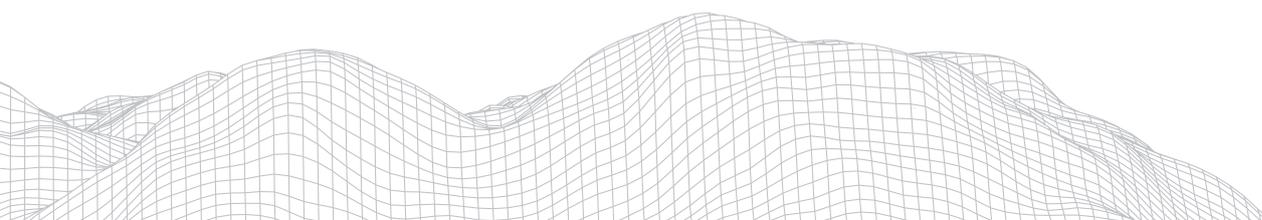
*Belo Horizonte - MG*

*paulo.henrique.batista.96@gmail.com*

### Resumo

Os recentes desastres com rompimentos de barragens em Minas Gerais evidenciam como as atividades da mineração podem configurar situações de riscos e danos socioambientais potenciais. Por consequência, a sociedade brasileira tem questionado a capacidade dos empreendimentos e dos órgãos públicos de garantir a segurança nas áreas próximas às barragens. O objetivo do trabalho foi elaborar um panorama reflexivo sobre os riscos das barragens de rejeito nas unidades hidrográficas brasileiras, a partir da classificação de riscos e danos da Agência Nacional de Águas (ANA). Os resultados mostram concentrações de barragens e níveis de riscos mais elevados principalmente em bacias das regiões hidrográficas do São Francisco e Atlântico Sudeste, sendo estas as mais ameaçadas por riscos de rompimentos de barragens. A pesquisa propõe que os métodos de classificação dos riscos de rompimentos incorporem a dimensão potencial dos riscos e danos cumulativos das estruturas ao longo dos sistemas de drenagem.

**Palavras Chave:** Mineração, barragens de rejeito, riscos e danos potenciais, bacias hidrográficas.



## Introdução

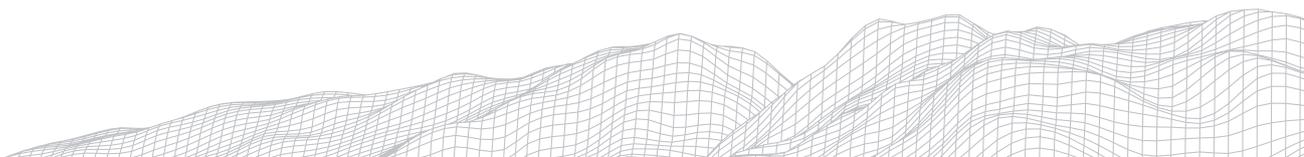
Riscos ambientais, em maior ou menor grau, são inerentes ao processo histórico de evolução das sociedades. As relações entre os seres humanos, e destes com o meio, configuram riscos/perigos que podem ser conscientes ou inconscientes. Sendo os riscos onipresentes, cabe à sociedade a análise das possibilidades de gerenciá-los (SOUZA E LOURENÇO, 2015).

A atual conjuntura mundial, marcada, em termos gerais, pela exploração e degradação dos sistemas ambientais em níveis desenfreados, gera um quadro de potencialização de riscos de ocorrência de desastres induzidos por atividades humanas. Paralelamente, intensificam-se os estudos sobre riscos que visam prever as possibilidades de ocorrência de desastres e minimizar os seus efeitos, incluindo a aplicação de geotecnologias e o desenvolvimento de modelos de avaliação cada vez mais complexos (CASTRO E LOURENÇO, 2017).

As preocupações sociais relativas à convivência com os riscos da exploração dos recursos ambientais que permeiam a civilização moderna estão epistemologicamente atreladas a críticas sobre os modos de produção e sobre as formas de uso e extração mineral, com suas consequentes transformações paisagísticas e danos à qualidade de vida em diferentes escalas espaço-temporais (CASTRO E LOURENÇO, 2017). A atividade minerária ilustra, nesse contexto, o rol de atividades humanas com riscos socioambientais significativos, particularmente as que fazem uso de barragens de contenção de rejeitos (COTA, ROSA, ROMEIRO, MENDES, E MAGALHÃES JÚNIOR., 2019).

No Brasil, os riscos de rompimento de barragens de minério passaram a se constituir, nos últimos anos, em um dos temas mais discutidos e de maior preocupação da sociedade. Apesar de rompimentos não serem fatos novos no contexto brasileiro, a dimensão dos desastres causados pelos rompimentos das barragens de Fundão, na bacia do Rio Doce, município de Mariana-MG (novembro/2015), e da barragem B1 do Córrego do Feijão, na bacia do Rio Paraopeba, em Brumadinho-MG (janeiro/2019), alçaram o tema a um novo patamar de importância e preocupação em âmbito nacional. A gravidade dos dois desastres veio catalisar as atenções sobre o histórico recente de outros rompimentos de barragens de rejeitos, e a materialização dos riscos e danos ambientais também trouxe maior foco sobre a necessidade de modelos de avaliação de riscos e danos potenciais que considerem os efeitos sistêmicos nas bacias. A sucessão dos fatos relatados e outros casos de rompimentos (ainda que com menos danos à sociedade), em um período relativamente curto, intensificou a crise de confiança social nas mineradoras e no poder público que, geralmente beneficiário ou dependente da atividade, cristaliza interesses que muitas vezes podem se fundir aos do setor minerário.

Neste cenário, segmentos da sociedade civil e da mídia, bem como especialistas e gestores da área ambiental têm questionado a capacidade de gerenciamento dos empreendimentos responsáveis pelas barragens de rejeitos controlarem e reduzirem os riscos ambientais gerados a partir de sua implementação. Uma vez materializado o rompimento das barragens, os efeitos adversos e prejuízos socioambientais tendem a ser sentidos em todo o território das bacias hidrográficas afetadas, podendo inclusive retroalimentar novas ameaças de rompimentos, caso haja barramentos localizados à jusante, ou mesmo outros processos nefastos. Essa crescente desconfiança tem instigado o enrijecimento de regimentos legais e o aumento das fiscalizações dessas barragens como tentativa de garantir a segurança da integridade individual e coletiva, assim como a qualidade ambiental do território das bacias hidrográficas brasileiras.



Este trabalho insere-se neste contexto de motivações para o aprofundamento da geração de conhecimentos sobre os riscos e danos potenciais dessas estruturas no âmbito das bacias do país. O objetivo geral é elaborar um panorama reflexivo sobre os riscos das barragens de rejeitos de minério no Brasil nas bacias e Regiões Hidrográficas brasileiras, a partir da classificação oficial de riscos e danos potenciais da Agência Nacional de Águas (ANA).

### **Riscos e Danos à luz da legislação sobre barragens de rejeitos de mineração**

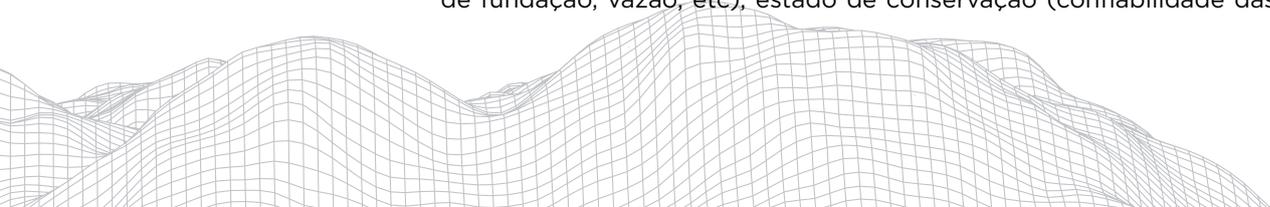
O risco é a probabilidade de alguma ameaça (perigo) se materializar e causar danos (prejuízos) para um sistema, comunidade ou indivíduo (GIRÃO, RABELO, ZANELLA 2018). No caso do risco ambiental, a probabilidade das ameaças e danos é formada pelo híbrido das relações de causas-consequências de fenômenos naturais, socioculturais e/ou tecnológicos na paisagem (SOUZA E LOURENÇO, 2015).

Barragens de rejeitos de mineração são estruturas que criam situações de riscos e danos ao alterarem o comportamento de variáveis estruturais e hidrogeomorfológicas dos locais em que se instalam. Estas são ações necessárias para estabilizar as barragens, mas ao mesmo tempo afetam a dinâmica complexa dos fluxos de água e sedimentos da bacia (COTA, ROSA, ROMEIRO, MENDES, E MAGALHÃES JÚNIOR., 2019). Por tal significância, o governo brasileiro instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB, Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, para planejar e gerir os riscos e danos potenciais ocasionados por barragens no território nacional, e que apresentem as seguintes características: altura do maciço maior ou igual a 15m (quinze metros); reservatório com capacidade maior ou igual a 3.000.000m<sup>3</sup> ou que contenha resíduos; categoria de dano potencial associado, médio ou alto (BRASIL, 2010).

O enquadramento (ou não) das barragens de rejeitos de mineração na PNSB é regulamentado pela Portaria da Agência Nacional de Mineração - ANM Nº 70.389/2017, que obriga todo empreendimento responsável por essas estruturas a identificar aquelas informações, mapear as áreas potencialmente inundadas em casos de rupturas, e cadastrar os dados identificados no Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração - SIGBM da Agência Nacional de Mineração - ANM (BRASIL, 2010; ANM, 2017; 2018; 2019).

Conforme a Portaria da ANM Nº 70.389/2017, em consonância com a Lei 12.334/2010, as barragens de mineração enquadradas na PNSB devem ser classificadas pela própria Agência, segundo uma matriz metodológica que correlaciona os resultados da Categoria de Riscos (CRI) e dos Danos Potenciais Associados (DPA) das barragens, informados pelo empreendimento (ANM, 2018). Essa matriz de integração foi criada pela Agência Nacional de Águas - ANA, tendo em vista a necessidade de ordenamento de vistorias, detalhamentos e revisões dos Planos de Segurança de Barragens - PSB. Logo, as barragens são enquadradas em cinco classes com valores decrescentes: A, B, C, D e E. Quanto mais próximo da classe "A", maior o risco e dano, portanto, maior a periodicidade de inspeções na barragem, aprofundamentos e atualização das informações do PSB (COTA, ROSA, ROMEIRO, MENDES, E MAGALHÃES JÚNIOR., 2019).

Segundo a Resolução nº 143/2012, às CRI devem ser categorizadas de acordo com um conjunto de características intrínsecas a cada barragem, que podem, portanto, aumentar ou reduzir a probabilidade de rompimento. Cada critério tem um peso distinto, e estes, quando somados, resultam no enquadramento das Categorias de Risco CRI: alto, médio e baixo (ANA, 2012; 2016; ANM, 2018). Tais critérios envolvem aspectos técnicos das barragens (altura, comprimento, tipo de fundação, vazão, etc), estado de conservação (confiabilidade das estruturas



extravasadoras e de captação, eclusa, percolação, deterioração do talude, etc.) e existência e nível de detalhamento do Plano de Segurança de Barragens - PSB (ANA, 2012). Sobre este documento, cabe destacar que sua importância foi ainda mais enfatizada pela Resolução ANM nº 13/2019. O parecer negativo ou a não apresentação aos órgãos oficiais da Declaração de Condição de Estabilidade (DCEs), além de aumentar o nível do CRI, pode condenar a estrutura, obrigando a empresa responsável a agir em caráter emergencial (ANM, 2018; 2019a).

A metodologia de classificação do Dano Potencial Associado (DPA) é estabelecida pelas resoluções nº 143/2012 e nº132/2016, que complementa a primeira com a inclusão da necessidade de identificar impactos ambientais e socioeconômicos para estimar o potencial de perdas humanas decorrentes de possíveis rupturas de barragens (ANA, 2012; 2016). Segundo as normas, os DPAs devem ser identificados como aqueles que, independentemente de sua probabilidade, podem ocorrer em função de alguma situação adversa, como o rompimento de uma barragem. Esse processo é orientado por critérios relacionados à presença de população a jusante, tipos de infraestruturas próximas, áreas de proteção, e natureza e volume do rejeito armazenado; cada um com seu respectivo peso. O DPA deve ser observado em relação a toda a área potencialmente afetada, a jusante e a montante da barragem. A soma dos pesos aplicados a cada critério indica se o DPA se classifica como alto, médio ou baixo (BRASIL, 2012; 2016).

Uma vez que os valores dos CRIs e DPAs são enquadrados, integrados e classificados na matriz de riscos da ANA, a ANM estabelece a periodicidade das inspeções de segurança e a necessidade do empreendimento responsável elaborar e apresentar aos órgãos oficiais o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração - PAEBM (ANM, 2018). Este trabalha com cenários hipotéticos de desastres, fornecendo instruções processuais para tomada de medidas emergenciais em casos de rompimento (ANM, 2018; COTA, ROSA, ROMEIRO, MENDES, E MAGALHÃES JÚNIOR., 2019).

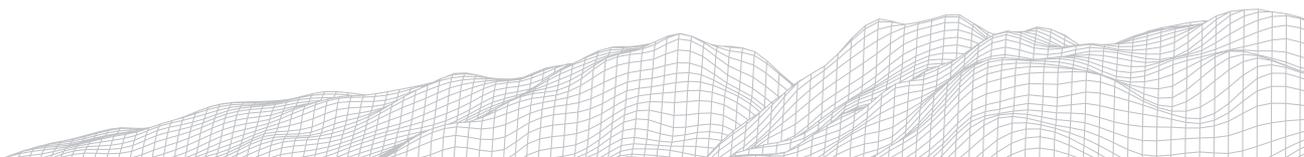
A fiscalização de barragens de mineração é de responsabilidade da ANM em conjunto com a ANA, uma vez que envolve usos, impactos, riscos e danos diretamente relacionados à atividade nos recursos hídricos nacionais (BRASIL, 2010).

### **Procedimentos e técnicas**

A pesquisa partiu da realização do levantamento de dados oficiais nos sites da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Agência Nacional de Mineração - ANM. Do site da ANA foram baixadas bases georreferenciadas sobre a divisão das unidades hidrográficas brasileiras, considerando o primeiro e o segundo nível escalar, ou seja, as Regiões Hidrográficas (RHs) e as bacias hidrográficas. Também foram consultados relatórios com informações sobre as RHs e um panorama geral da atividade mineral nessas unidades (ANA, 2003; 2015).

De acordo com a ANA (2003), o território brasileiro pode ser dividido em 12 RHs: Amazônica, Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Paraguai, Paraná, Parnaíba, São Francisco, Tocantins-Araguaia e Uruguai. Cada uma abrange grupos de bacias e sub-bacias contíguas com características físicas, naturais e socioculturais relativamente homogêneas, permitindo, portanto, a gestão integrada desses sistemas hidrográficos (ANA, 2003; 2015).

Do site da Agência Nacional de Mineração - ANM, foram baixados dados cartográficos e tabulares sobre as barragens de rejeitos, publicados no Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM) até o dia de 20 de



fevereiro de 2020. Os dados foram pré-processados em SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) e sobrepostos aos dados geoespaciais da ANA, considerando os limites do 1º e 2º nível das unidades hidrográficas, o que possibilitou mapear e avaliar o percentual de ocorrências totais das barragens de rejeitos (inseridas e não inseridas na PNSB) por RHs e bacia hidrográficas.

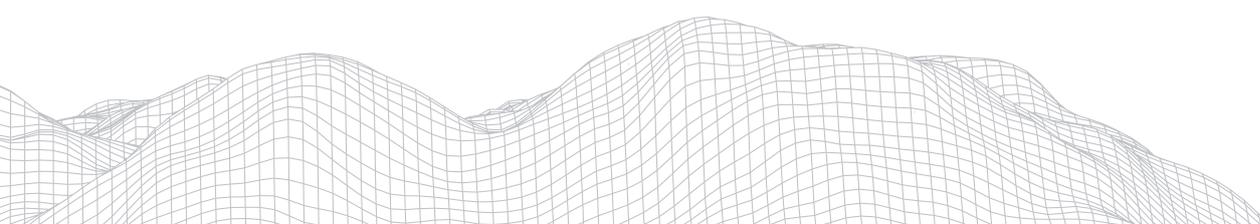
Em seguida, foi realizada a análise espacial das RHs considerando apenas a distribuição espacial das barragens de rejeitos inseridas na PNSB: bacias com maior ocorrência de estruturas, municípios e minérios explorados e outros aspectos gerais da atividade. O foco da pesquisa nas barragens da PNSB se deve ao fato de se enquadrarem no Artigo 1º da Lei Nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010) e, por isto, apresentarem classificação de riscos na matriz de integração oficial da ANA. A obtenção destas informações consistiu na última etapa das análises, que puderam ser realizadas também por geoprocessamento, com uso de ferramentas de seleção por localização, atributos e clipagem de dados em SIGs. Os resultados indicaram a variabilidade espacial e percentuais das classes de riscos das barragens de rejeitos (da PNSB) por RH.

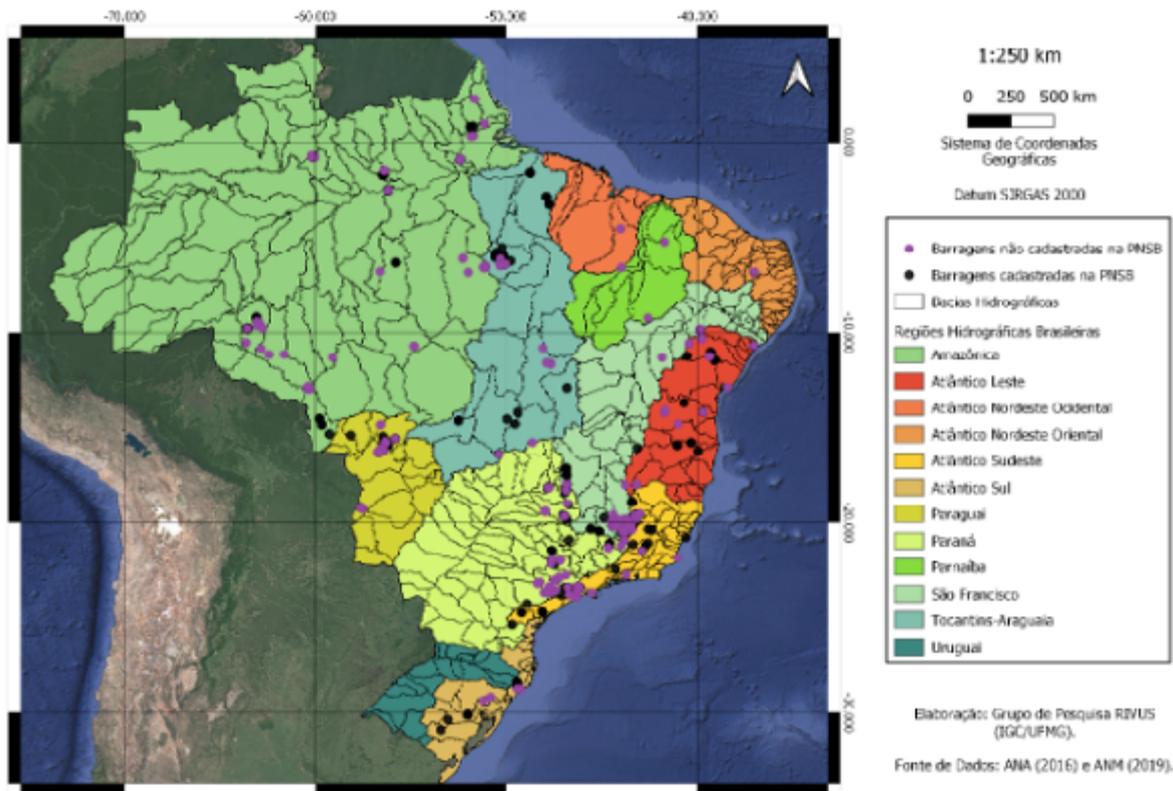
### Análise espacial das barragens nas unidades hidrográficas

O Brasil possui 835 barragens de rejeitos cadastradas no Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração - SIGBM, estando 430 (51,50%) inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB (Figura 1). Associadas à atividade mineral, as barragens ocorrem próximo aos locais de exploração de jazidas, tais como na Serra dos Carajás (PA) e no Quadrilátero Ferrífero (MG). As estruturas se distribuem de forma bastante irregular no país, sendo caracterizadas sobre o prisma das regiões e bacias hidrográficas nas quais se inserem, já que os impactos ambientais, sociais e econômicos de sua ocorrência afetam diretamente os territórios hidrográficos ocupados (figuras 1 e 2).

Região Hidrográfica (ANA)	Não PNSB		PNSB		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Amazônica	58	6,95%	63	7,54%	121	14,49%
Atlântico Leste	18	2,16%	20	2,40%	38	4,55%
Atlântico Nordeste Ocidental	2	0,24%	1	0,12%	3	0,36%
Atlântico Nordeste Oriental	1	0,12%	0	0,00%	1	0,12%
Atlântico Sudeste	57	6,83%	74	8,86%	131	15,69%
Atlântico Sul	4	0,48%	14	1,68%	18	2,16%
Paraguai	50	5,99%	44	5,27%	94	11,26%
Paraná	57	6,83%	44	5,27%	101	12,10%
Parnaíba	2	0,24%	0	0,00%	2	0,24%
São Francisco	127	15,21%	125	14,97%	252	30,18%
Tocantins-Araguaia	29	3,47%	45	5,39%	74	8,86%
Uruguai	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
<b>TOTAL</b>	<b>405</b>	<b>48,50%</b>	<b>430</b>	<b>51,50%</b>	<b>835</b>	<b>100,00%</b>

**Figura 1:** Barragens de rejeitos de mineração nas RHs  
**Fonte:** Elaborado pelos autores.





**Figura 2:** Barragens de rejeitos nas RHs e bacias hidrográficas nacionais  
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A *Região Hidrográfica Amazônica* possui 121 barragens de rejeitos (14,49% do total), 63 delas (7,54%) na PNSB (ANM, 2020). Isso se deve a exploração de diferentes recursos minerais, destacando-se argila, areia, minério de ouro primário, rocha aurífera, seja por meio de garimpos, em geral irregulares, ou por empresas legalizadas (ANA, 2015; ANM, 2020).

A concentração de barragens inseridas na PNSB se destaca nas bacias do Baixo Trombetas (PA) - 24 unidades, Jamari (RO) - 11, e Alto Guaporé (MT) - seis. Somente no município de Oriximiná (PA), no Baixo Trombetas, há 23 barragens para exploração de argila. A bacia do Jamari se destaca pela exploração de aluvião estanífero, com concentração de barragens nos municípios de Itapuã do Oeste (oito) e Ariquemes (seis). A bacia do Alto Guaporé agrega barragens de rejeitos voltadas principalmente para a exploração de ouro, destacando-se os municípios de Vila Bela de Santíssima Trindade (três barragens), e Nova Lacerda (duas).

Outro destaque é o município de Presidente Figueiredo (AM) com oito barragens na PNSB, sendo quatro na bacia do Jauaperi e quatro na bacia do Alto Uatumã. Outras sete barragens ocupam o território, mas não estão na PNSB, não existindo um monitoramento mais rígido de normas de segurança (BRASIL, 2010). Logo, o fato de algumas barragens não se enquadrarem na PNSB, prejudica o trabalho das autoridades, já que não se sabe sua classificação em relação aos riscos de rompimento e ao potencial dano que poderia causar ao ambiente e à sociedade (BBC, 2019). Em Oriximiná (PA), as barragens têm trazido riscos para a segurança hídrica da população, impactando na qualidade das águas na bacia do Baixo Trombetas (ALEPA, 2019). Situação semelhante ocorre no município paraense de São Félix do Xingu, bacia do Médio Xingu, o qual possui oito

barragens, mas nenhuma na PNSB. Os pescadores do município têm reclamado dos impactos nos cursos d'água oriundos da extração de níquel, afetando a qualidade das águas e a fauna aquática, e, portanto a pesca na bacia (G1, 2016).

Na *Região Hidrográfica Atlântico Leste* há 38 barragens de rejeitos (4,5% do total), com 2,4% (20) na PNSB. Há oito barragens na bacia do rio Itapicuru (BA), cinco na do rio Contas (BA), e outras cinco na do rio Jequitinhonha (BA). Os municípios com mais barragens na PNSB são Barrocas e Maracás (ambas com quatro). Outros municípios como Jacobina, Santaluz, Pedra Azul e Maiquinique têm duas barragens (ANM, 2020). O rejeito está relacionado, sobretudo, à exploração de minério de ouro primário, rocha aurífera, níquel e vanádio (ANM, 2020).

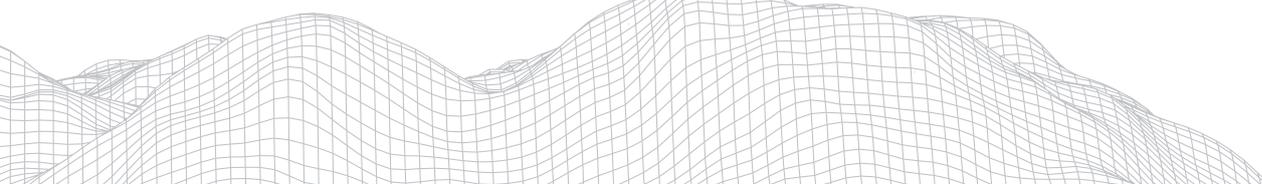
Apesar da mineração não ser tão intensa quanto em outras regiões, foram verificados impactos significativos nos territórios hidrográficos. O caso mais sério envolve o vazamento de resíduos radioativos de rejeitos de urânio no município de Lagoa Real (BA), na bacia do rio Contas (ANA, 2015). Outro exemplo é o assoreamento avançado da bacia do rio Itapicuru (BA) devido à extração de granito, mármore e garimpos clandestinos de ouro. No Alto Vale do Jequitinhonha, a mineração tem causado o assoreamento de vários córregos, prejudicando a disponibilidade hídrica e a qualidade das águas de vários municípios mineiros.

Na *Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental* a atividade minerária não é expressiva, com apenas três barragens de rejeitos (0,36%). Uma delas está inserida na PNSB, situando-se na bacia de Turiaçu, município de Godofredo Viana (MA), e retém rejeitos oriundos da exploração de ouro. As outras duas estão nos municípios maranhenses de Codó e Pastos Bons, na bacia do Rio Itaecuru, e recebem o rejeito da extração de argila e saibro (ANM, 2020).

Na *Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental*, o setor mineral é irrisório e participa da economia de poucos municípios. Foi registrada apenas uma barragem (0,12% do total) e que não está na PNSB. Ela ocorre no município de Várzea na Paraíba (PB), na bacia do Rio Seridó, e seu rejeito é proveniente da exploração de areia quartzosa (ANM, 2020). Nas bacias potiguares de Piranhas-Açu e Piranhas-Apodi é explorado petróleo. No estado da Paraíba há a exploração de calcário e bentonitas, água mineral, feldspato, amianto e gemas. Pernambuco é o estado líder nacional na exploração de gipsita, respondendo por 90% da produção no país (ANA, 2015).

Na *Região Hidrográfica Atlântico Sudeste* há 131 barragens (15,69%), 74 delas na PNSB - 8,86% (ANM, 2020). A maior presença ocorre na bacia do rio Doce (59), sobretudo no alto curso, em Minas Gerais, onde se destaca a exploração de minério de ferro, ouro por garimpo, areia e argila. Nesta bacia, os municípios com mais barragens são Itabira (15), Mariana (oito), Ouro Preto (cinco), Catas Altas (cinco), Conceição do Mato Dentro (cinco), São Gonçalo do Rio Abaixo (quatro), Santa Bárbara (quatro) e Barão de Cocais (três). Na bacia do Paraíba do Sul são identificadas oito barragens incluídas na PNSB, sendo quatro localizadas em municípios paulistas (Mogi das Cruzes, Guararema e duas em Santa Isabel), três em municípios mineiros (duas em Mirai e outra em Itamar de Minas), e apenas uma no Rio de Janeiro, no município de Quatis. Na bacia do rio Ribeira se concentram seis barragens já submetidas a PNSB. Dessas, três situam-se em Minas Gerais (uma em Campo Largo e duas em Cerro Azul), e as outras três no município paulista de Cajati. No litoral do Espírito Santo, na bacia do Benevente, existe apenas uma barragem (dentro da PNSB) no município de Anchieta, com extração de sedimentos.

Na *Região Hidrográfica do Atlântico Sul* há 18 barragens (2,16% do total), sendo 14 (1,68%) na PNSB. São estruturas de exploração de carvão mineral, arenito e areia (ANA, 2015; 2020). Dentre as bacias com mais barragens se destacam o



sistema do Litoral de Santa Catarina - Araranguá (10), Guaíba (três), e o Litoral do Rio Grande do Sul- Camaquá (uma). Em Araranguá, somente o município de Treviso concentra seis estruturas. Na bacia Guaíba as três barragens ocupam municípios distintos: Minas do Leão, Cachoeira do Sul e Butiá. No Litoral do Rio Grande do Sul- Camaquá, a barragem está situada no município de Caçapava do Sul (ANM, 2020).

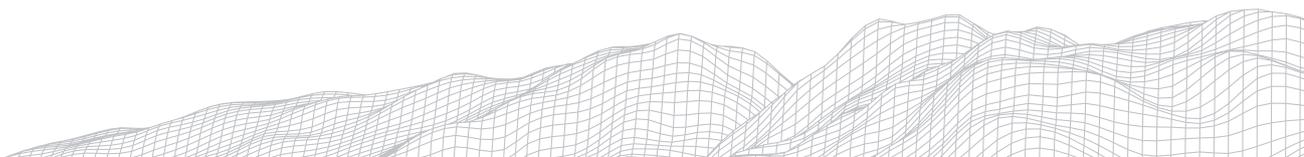
A *Região Hidrográfica do Paraguai* concentra 94 barragens (11,26% do total) com 44 (5,27%) na PNSB. Deste valor, 21 se situam na bacia do Alto Rio Cuiabá (MT), outras 16 no sistema Paraguai-Pantanal (MT), e seis na bacia do Taquari (MS). No estado do Mato Grosso, o rejeito é oriundo principalmente da exploração de ouro primário e rocha aurífera, destacando-se o município de Nossa Senhora do Livramento com 21 barragens na PNSB, sendo 18 drenadas pelo Alto Rio Cuiabá, e três pelo sistema Paraguai-Pantanal. Nesta bacia se concentram também outras 13 barragens de rejeitos de rochas auríferas no município de Poconé (ANM, 2020). Já em Mato Grosso do Sul, na bacia do Rio Taquari, seis barragens na PNSB estão situadas no município de Corumbá (MS). Os rejeitos são provenientes principalmente da exploração de minério de manganês, minério de ferro e minério de ouro primário (ANM, 2020).

Na *Região Hidrográfica Paraná* ocorrem 101 barragens (12,10%), com 44 (5,27%) delas na PNSB. Deste total, 15 ocorrem na bacia do rio Araguari (MG), oito na do rio Grande (MG e SP) e sete no Rio Tietê (SP). Na bacia do rio Araguari, nove barragens se situam no município de Araxá, e outras seis em Tapira. Os rejeitos resultam da exploração de fosfato, nióbio e minério de ferro. A bacia do rio Grande agrega barragens presentes em municípios mineiros e paulistas, mas o número de estruturas na PNSB prevalece em Nazaré e São Simão (MG), sendo duas em cada. As jazidas dessa bacia são de areia industrial, argila, pegmatito, minério de níquel. Também no estado de São Paulo, mas na bacia do Rio Tietê, ocorrem duas barragens no município de Mogi das Cruzes e outras duas na capital. Estas exploram granito, calcário dolomítico, argila e areia. Na bacia do rio Paranaíba, em Minas Gerais, foram registradas três barragens no município de Patos de Minas e duas em Lagamar, todas para contenção de rejeitos de fosfato (ANM, 2020).

Na *Região Hidrográfica Parnaíba*, as duas barragens cadastradas (0,24% do total) não estão na PNSB. Uma ocorre na bacia do Alto Canindé, município de São Lourenço do Piauí (PI), e comporta rejeito da exploração de saibro; a outra está na bacia do Rio Poti, município de Castelo do Piauí (PI), com rejeitos da exploração de quartzito (ANM, 2020). No entanto, mesmo não sendo tão significativa, a atividade minerária nessa RH tem causado problemas como assoreamento de cursos d'água, poluição hídrica e desmatamento generalizado, o qual tem acarretado no processo de desertificação em Gilbués no Piauí (ANA, 2015).

A *Região Hidrográfica do Rio São Francisco* possui 252 barragens (30,18% do total), com 125 na PNSB - 14,97% (ANM, 2020). Na bacia do Alto São Francisco está situado o Quadrilátero Ferrífero (MG), região geologicamente constituída por abundantes reservas minerais e intensa atividade minerária. Nesta RH destaca-se a extração de minério de ferro, areia, cascalho, argila arenosa e minério de manganês. Ao longo do tempo, os impactos da mineração (o que inclui a construção e operação das barragens) têm causado a degradação dos recursos hídricos e dos ecossistemas (ANA, 2015), além de maximizar o risco de danos potenciais ao ambiente e à população em função da presença das barragens.

Nesta RH, a maior quantidade de barragens na PNSB se concentra nas bacias hidrográficas do Alto São Francisco, em Minas Gerais, a saber: rio Paraopeba - 51, Rio das Velhas - 56 e Paracatu - 10 (ANM, 2020). Na bacia do Paraopeba, o município de Brumadinho concentra 16 barragens de rejeitos de



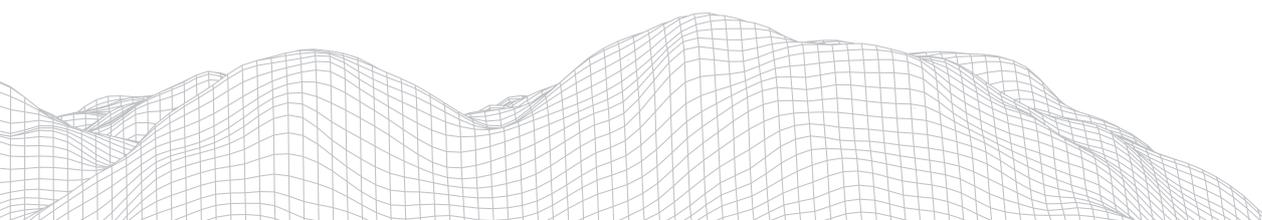
minério de ferro, havendo ainda 10 em Congonhas, nove em Itatiaiuçu e cinco em Ouro Preto. Na bacia do Rio das Velhas predominam barragens nos municípios de Nova Lima (23), Itabirito (14), Ouro Preto (seis) e Rio Acima (sete). Na bacia do Paracatu, nove barragens ocorrem no município homônimo e outra em Vazante (ANM, 2020).

A *Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia* possui 74 barragens (8,9% do total), sendo 45 (5,4%) na PNSB. A mineração apresenta grande importância econômica nessa RH, sobressaindo a extração de minério de ferro, de manganês, de cobre, de ouro primário e areia (ANM, 2020). O histórico da mineração desenfreada, principalmente devido à garimpagem e à extração de areia em pequenos mananciais, tem causado a degradação dos sistemas hidrográficos, impactando a qualidade das águas e acelerando processos de assoreamento (ANA, 2015).

Considerando as barragens enquadradas na PNSB, a concentração é mais abundante nas bacias paraenses de Itacaiunas (20) e Acara Guama (18). Destacam-se os sistemas Alto Mortes, em Mato Grosso, com três barragens de rejeitos de ouro em Nova Xavantina, e Alto Médio Araguaia, em Goiás, com duas barragens em Alto Horizonte e Crixás (ANM, 2020). Na bacia de Itacaiunas (PA), 10 barragens estão no município de Parauapebas e sete em Marabá, com rejeitos de cobre, ferro e manganês. Já na bacia de Acara Guama (PA), os rejeitos decorrem da exploração de caulim e bauxita, havendo 11 barragens em Barcarena e quatro em Paragominas.

A *Região Hidrográfica do Uruguai* é a única do país em que não há registros de barragens de rejeitos, embora haja extração de areia e cascalho nos rios Ibicuí, Santa Maria e Uruguai (ANM, 2020). Os impactos têm causado alterações negativas em ambientes específicos, mas sem grave degradação dos seus recursos (ANA, 2015).

Em síntese, apesar das RHs Uruguai, Atlântico Nordeste Oriental e Parnaíba não possuírem barragens na PNSB, as outras nove têm registros no SIGBM, e puderam ser avaliadas quanto à representatividade regional das estruturas. Assim, foi identificado que os maiores percentuais de barragens na PNSB e, portanto, com maiores riscos para a sociedade, ocorrem nas RHs São Francisco (29,07%), Atlântico Sudeste (17,21%) e Amazônica (14,65%). O panorama é apresentado na Figura 3, junto à identificação das três bacias de cada RH com maior quantidade de barragens da PNSB, municípios de ocorrência e principais minérios explorados.

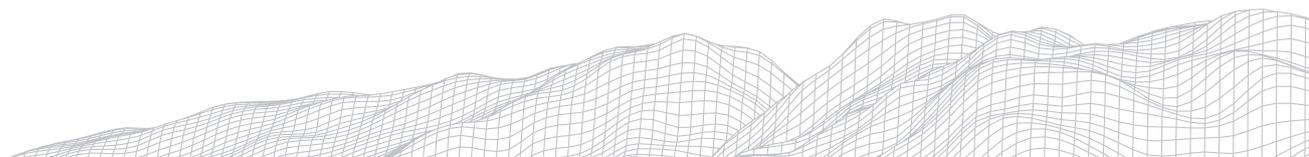


RHs	Total		Bacias com mais barragens	Município	Minério
	n°	%			
Amazônica	63	14,7%	Baixo Trombetas (24), Jamari (13), Alto Guaoré (6)	Oriximiná (23), Ariquemes (5), Itapuã Do Oeste (7), Vila Bela Da Santíssima Trindade (3)	argila, areia, aluvião estanífero, ouro primário, rocha aurífera.
Atlântico Leste	20	4,7%	Itapicuru (8), Conta (5), Jequitinhonha (5)	Barrocas (4), Maracás (4), Jacobina (2), Santaluz (2) Pedra Azul (2), Maiquinique (2)	xisto, areia, ouro primário, rocha aurífera, níquel e vanádio.
Atlântico Nordeste Ocidental	1	0,2%	Turiçu	Godofredo Viana	ouro primário
Atlântico Sudeste	74	17,2%	Rio Doce (59), Paraíba do Sul (8), Ribeira (6)	Itabira (15), Mariana (8), Ouro Preto (5), Catas Altas (5), Conceição Do Mato Dentro (5), São Gonçalo Do Rio Abaixo (4), Santa Bárbara (4), Barão De Cocais (3)	ferro, itabirito, aluvião com gemas, filito ouro primário, bauxita, rocha carbonática, rocha fosfática, fluorita, argila arenosa.
Atlântico Sul	14	3,3%	Litoral de SC Araranguá (10), Guaíba (3), Litoral do RS Camaquã (1)	Treviso (6), Lauro Müller (3), Siderópolis (2)	carvão mineral, arenito
Paraguai	44	10,2%	Alto Rio Cuiabá (21), Paraguai-Pantanal (16), Taquari (6)	Nossa Senhora Do Livramento (21), Cuiabá (3), Poconé (13), Corumbá (6)	manganês, ferro, ouro primário, rocha aurífera, areia, argila
Paraná	44	10,2%	Araguari (15), Rio Grande (8), Tietê (7)	Araxá (9), Tapira (6), Ouvidor (4), Nazaré (2), São Simão (2)	areia, argila, argila caulinitica, pegmatito, níquel, fosfato, nióbio, ferro, granito, calcário dolomítico
São Francisco	125	29,1%	Paraopeba (51), Velhas (56), Paracatu (10)	Nova Lima (23), Itabirito (14), Paracatu (9), Rio Acima (7), Brumadinho (16), Congonhas (10), Itatiaiuçu (10), Ouro Preto (11).	ferro, areia, cascalho, argila arenosa, manganês, calcário, ouro primário, dolomita, hematita
Tocantins-Araguaia	45	10,5%	Itacaiunas (20), Acara Guama (18), Alto Mortes (3)	Parauapebas (11), Marabá (7), Barcarena (11), Paragominas (4), Ipixuna Do Pará (3), Nova Xavantina (3)	ferro, manganês, cobre, ouro primário, areia, caulim, bauxita.
<b>Total</b>	<b>430</b>				

**Figura 3:** RHs com barragens de rejeitos inseridas na PNSB. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

### Classes de riscos das barragens de rejeitos nas Regiões Hidrográficas

Nas classes de riscos das barragens inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB (figuras 4 e 5), as de risco classe “B” são as mais expressivas (53% total), seguida das classes “C” (31,3%), “A” e “E” (ambas 7,2%). Com exceção da RH Amazônica, onde 57,1% das barragens são de risco “C”, a classe “B” é predominante nas outras RHs. Barragens de risco “D” foram, em geral, as de menor representatividade, aparecendo apenas nas RH Paraguai (9,1%) e Paraná (4,5%). Cabe destacar a quantidade relativa de barragens classificadas com risco “A”, que representam 7,2%. Destaque para as RHs Atlântico Sudeste e São Francisco, que possuem respectivamente, 10,8% e 15,2% das barragens na classe “A” (figuras 4 e 5). Embora em menor quantidade, barragens com classe “A” de risco configuram grande preocupação para a população, já que possuem maiores probabilidades de gerar danos caso haja um rompimento. O caso envolvendo a empresa Mundo Mineração, que encerrou suas atividades em 2011 e abandonou duas barragens no município de Rio Acima (MG) (RH São Francisco, bacia do Rio das Velhas) com “alto” CRI e DPAs revela como a negligência torna o contexto ainda mais grave (ANM, 2020; G1 2019).





**Figura 4:** Classes de Risco das Barragens de Rejeito inseridas na PNSB, por RHs e bacias hidrográficas. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Regiões Hidrográficas	Total <sup>1</sup>		Classes da Matriz de Integração (ANA) <sup>2</sup>										PAEBM	
	Nº	%	A		B		C		D		E		Nº	%
			Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
Amazônica	63	14,7%	0	0,0%	26	41,3%	36	57,1%	0	0,0%	1	1,6%	27	10,5%
Atlântico Leste	20	4,7%	1	5,0%	15	75,0%	4	20,0%	0	0,0%	0	0,0%	16	6,2%
Atlântico Nordeste Ocidental	1	0,2%	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,4%
Atlântico Sudeste	74	17,2%	8	10,8%	40	54,1%	18	24,3%	0	0,0%	8	10,8%	49	19,1%
Atlântico Sul	14	3,3%	0	0,0%	11	78,6%	3	21,4%	0	0,0%	0	0,0%	10	3,9%
Paraguai	44	10,2%	2	4,5%	17	38,6%	16	36,4%	4	9,1%	5	11,4%	16	6,2%
Paraná	44	10,2%	1	2,3%	28	63,6%	9	20,5%	2	4,5%	4	9,1%	28	10,9%
São Francisco	125	29,1%	19	15,2%	60	48,0%	34	27,2%	0	0,0%	12	9,6%	82	31,9%
Tocantins-Araguaia	45	10,5%	0	0,0%	30	66,7%	14	31,1%	0	0,0%	1	2,2%	28	10,9%
<b>TOTAL</b>	<b>430</b>		<b>31</b>	<b>7,2%</b>	<b>228</b>	<b>53,0%</b>	<b>134</b>	<b>31,2%</b>	<b>6</b>	<b>1,4%</b>	<b>31</b>	<b>7,2%</b>	<b>257</b>	

**Figura 5 -** Categorias de Riscos e Danos Potenciais das barragens de rejeitos inseridas na PNSB, por RHs. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Como consequência do grande número de barragens incluídas nas classes de risco mais elevadas, 257 precisam apresentar o PAEBM (Figura 6). Destaca-se a RH São Francisco que agrega 31,9% das barragens sujeitas a tal exigência, seguida das RHs Atlântico Sudeste (19,1%), Paraná e Tocantins-Araguaia (10,9%), Amazônia (10,5%), Atlântico Leste e Paraguai (6,2%) Atlântico Sul (3,9%) e

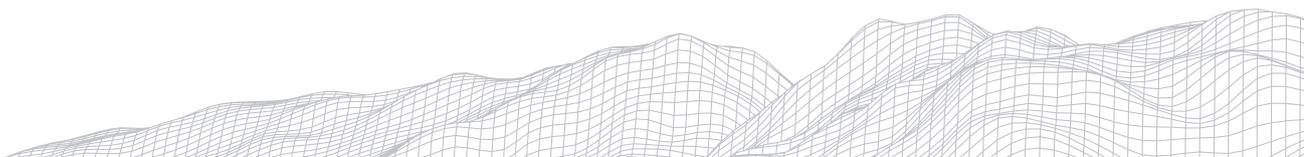
Atlântico Nordeste Ocidental (0,4%). Observa-se que as RHs São Francisco e Atlântico Sudeste se destacam pela quantidade e níveis de risco das barragens em suas bacias e também da necessidade do PAEMB. Cabe lembrar que nos últimos seis anos, algumas bacias destas RHs sofreram desastres e catástrofes socioambientais com uma certa frequência, o que reforça a preocupação com o risco de novos rompimentos.

Em 10 de setembro de 2014 se rompeu, na bacia do Rio das Velhas (RH São Francisco), município de Itabirito, a barragem de rejeitos de minério de ferro B1, da Herculano Mineração LTDA. Três pessoas morreram e seis mananciais e ecossistemas aquáticos foram impactados. Os danos só não foram maiores porque parte do rejeito foi retida pelas barragens B2, B3 e B4, situadas a jusante da B1 (PEREIRA, 2016; COTA, ROSA, ROMEIRO, MENDES, E MAGALHÃES JÚNIOR., 2019). Contudo, a B1 era enquadrada, quando se rompeu, na classe “D”, com “baixo” risco (CRI) e potencial de dano “médio” (DPA).

Pouco depois, em 05 de novembro de 2015, a bacia do Alto rio Doce (RH Atlântico Sudeste) no município de Mariana (MG), foi palco de um dos maiores desastres ambientais do país, causado pelo rompimento da barragem de Fundão, de responsabilidade das empresas Samarco, Vale e BHP. Inicialmente o fluxo viscoso atingiu a barragem de Santarém, a jusante, causando o seu galgamento e irrompendo em direção a rede de drenagem até alcançar o rio Doce (VERVLOET, 2016). Apesar de não ter sido rompida, Santarém teve a sua estrutura comprometida, aumentando a sua instabilidade e o fator de risco de rompimento. Com o impacto do rompimento, cerca de 45 milhões de litros de rejeitos liquefeitos foram lançados nos cursos d’água e 19 pessoas faleceram, além de centenas de desabrigados nos distritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo. Até a data do desastre, essa barragem tinha a CRI indicada como “baixa”, DPA “alto e classificação final “C” (ANM, 2020; PEREIRA, 2016).

Posteriormente, em 25 de janeiro de 2019, na bacia do Rio Paraopeba (RH São Francisco) houve o rompimento da barragem B-I, desencadeando o rompimento das barragens B-IV e B-IVA, a jusante, na Mina Córrego do Feijão da empresa Vale, município de Brumadinho (MG). Esta foi a maior tragédia nacional em termos sociais relacionada a desastres ambientais, com mais de 250 óbitos. A barragem era considerada de “baixo risco” (CRI) e “alto” dano potencial (DPA), com classificação B na matriz de integração de riscos e danos nacional (G1, 2019).

Os casos mencionados de rompimentos de barragens são exemplos recentes de desastres que nos levam a questionar a eficácia do modelo de classificação dos riscos e danos potenciais adotado pelo Estado. Afinal, se as barragens que se romperam apresentavam condições de “baixo” risco, ainda que com potencial de danos variando entre “médio” e “alto”, e classificação final “D”, “C” e “B”, respectivamente, a segurança de outras barragens no cenário nacional pode ser questionada. Além disso, não se pode esquecer que a classificação de riscos e danos potenciais se baseia em ameaças pontuais causadas por cada barragem inserida na PNSB. Dessa forma, não há como negligenciar que os efeitos adversos são sistêmicos ao longo da rede de drenagem, principalmente em sistemas que concentram mais de uma barragem. Logo, a magnitude e a probabilidade dos perigos e prejuízos podem ser ainda maiores devido ao potencial encadeamento dos efeitos danos causados pelo fluxo de rejeitos. Dessa forma, os riscos e danos potenciais mensurados devem contemplar a avaliação de barragens que se romperam a montante, já que os danos causados podem ser potencializados pela interação entre o grande volume de rejeitos liberados em alta velocidade a montante, com os depósitos estocados nas barragens a jusante.



### Considerações finais

A distribuição espacial das barragens de rejeitos no país mostra que há uma grande concentração em algumas bacias e RHs, revelando um panorama de certos eixos hidrográficos com maiores riscos e danos potenciais de rompimento e impactos socioambientais. Concentrações de barragens podem representar maiores riscos de encadeamento de efeitos adversos a jusante, independente do enquadramento de cada estrutura no modelo de classificação oficial.

A ausência de barragens na RH Uruguai e de barragens enquadradas na Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB nas RHs Atlântico Nordeste Oriental e Parnaíba, não significa um quadro de tranquilidade, já que os efeitos da mineração não se restringem à presença das barragens. Processos de avaliação de riscos e danos potenciais restritos aos processos de rompimentos de barragens de rejeitos levam à negligência de efeitos resultantes da implementação das estruturas e da integração/retroalimentação de processos sinérgicos oriundos da transmissão de matéria e energia ao longo das redes hidrográficas. Neste sentido, as medidas de prevenção e controle podem ser ineficazes em casos de ocorrência de desastres.

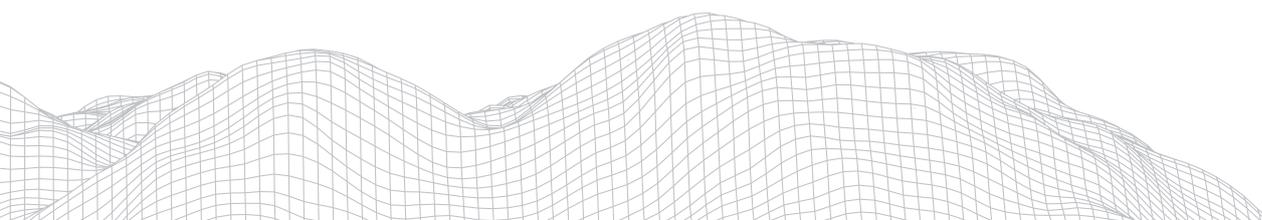
Em relação às barragens inseridas na PNSB (que possuem classes de riscos), a análise dos danos potenciais, pelo modelo oficial, não considera a localização dessas estruturas nos sistemas hidrográficos e a possibilidade de indução de um encadeamento de efeitos adversos ao longo dos vales fluviais em casos de rompimentos de barragens a montante. Portanto, apesar da matriz nacional de riscos e danos potenciais, juntamente com o PAEBM, contribuir com o maior controle das ameaças de rompimento, o modelo se mostra insuficiente para prevenção de desastres ambientais e garantia da segurança da população. Corroboram com tal afirmativa a identificação de casos de negligência do setor público e privado com barragens de risco elevado (exemplo da barragem classe "A" da Mundo Mineração), o número de barragens de risco classe "A" e "B" e os recentes desastres em Itabirito, Mariana e Brumadinho (MG).

Os resultados mostram que as RHs São Francisco e Atlântico Sudeste são as mais ameaçadas por riscos de rompimentos de barragens, com destaque para as bacias dos rios das Velhas, Paraopeba e Doce. Todavia, diante dos casos de negligência e incerteza do setor mineral e dos órgãos oficiais e considerando a quantidade de barragens não inseridas na PNSB (ainda que estas não sejam classificadas por seus riscos), outros sistemas hidrográficos poderiam ser incluídos como ambientes potencialmente em perigo.

A pesquisa aponta a necessidade de reavaliação, por parte dos órgãos responsáveis, dos critérios de classificação de riscos e danos potenciais associados às barragens de rejeitos. Para tanto, é importante que se avance na investigação de novas possibilidades de avaliação que contemplem as relações de causas e efeitos e a dinâmica sinérgica dos efeitos cumulativos ao longo dos sistemas hidrográficos.

### Agradecimentos

Ao CNPq pelo fomento ao Projeto "Registros de impactos do rompimento da barragem de Fundão nos sistemas hidrogeomorfológicos da bacia do Alto-Médio Rio Doce - MG, Brasil", e bolsas de pesquisa; ao Rivus - Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Recursos Hídricos.



## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: regiões hidrográficas brasileiras. Edição Especial. Brasília: ANA, 2015. 164p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **RESOLUÇÃO CNRH nº 143/2012**. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Disponível em: < <http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/1922-resolucao-n-143-de-10-de-julho-de-2012/file>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **RESOLUÇÃO CNRH Nº 132/2016**. Estabelece critérios complementares de classificação de barragens reguladas pela Agência Nacional de Águas – ANA, quanto ao Dano Potencial Associado - DPA, com fundamento no art. 5º, §3º, da Resolução CNRH nº 143, de 2012, e art. 7º da Lei nº 12.334, de 2010. Disponível em < <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2016/132-2016.pdf>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **RESOLUÇÃO Nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Disponível em:<<http://www.cnrh.gov.br/divisao-hidrografica-nacional>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Classificação Nacional de Barragens. SIGBM- Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração, 2020. Disponível em <<https://app.dnpm.gov.br/Sigbm/publico>> . Acesso 20 de fevereiro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Manual de fiscalização para barragens de mineração ANM - versão 2018**. Brasília: ANM, outubro de 2018. 72p.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **RESOLUÇÃO ANM Nº 13, DE 8 DE AGOSTO DE 2019**. Estabelece medidas regulatórias objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado “a montante” ou por método declarado como desconhecido e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/resolucao-anm-no-13-de-8-de-agosto-de-2019.pdf/view>>. Acesso em: 18 de dezembro de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Resumo campanha entrega DCE, setembro 2019a**. Disponível em: < <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/apoio>>. Acesso em: 18 de dezembro de 2019.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO PARÁ (ALEPA). **Comissão parlamentar de representação com finalidade de fiscalizar e vistoriar a situação das barragens e bacias de rejeitos da mineração existentes no estado do Pará, riscos e impactos ambientais**. Belém/PA: 2019. 90p.

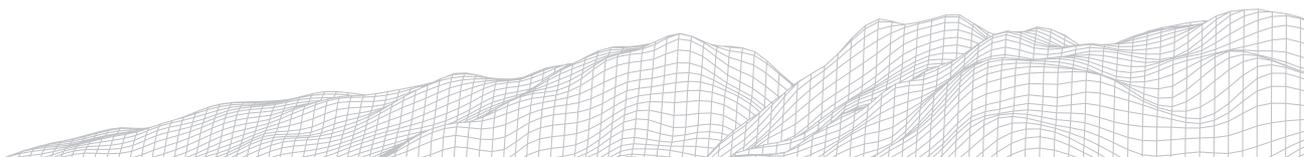
BRASIL. Lei n. 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, 21 de setembro de 2010.

CASTRO, F. V.; LOURENÇO, L. Resiliência, população e território: contributo conceptual para a terminologia dos riscos. **Territorium**, Coimbra, n.º 24, 2017. Disponível em <[https://digitalis-dsp.uc.pt/bitstream/10316.2/41205/1/Resiliencia\\_Populacao\\_E\\_Territorio.pdf](https://digitalis-dsp.uc.pt/bitstream/10316.2/41205/1/Resiliencia_Populacao_E_Territorio.pdf)>. Acesso em: 19 de janeiro de 2020.

COSTA, C. Brumadinho: Brasil tem mais de 300 barragens de mineração que ainda não foram fiscalizadas e 200 com alto potencial de estrago. **BBC**, Londres, 31 de janeiro de 2019. Disponível em:<<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47056259>>. Acesso em: 17 de dezembro de 2019.

COTA, G. E. M.; ROSA, N. M. G.; ROMEIRO, C. E.; MENDES, I. A. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Aspectos legais da segurança de barragens de rejeito de minério: implicações para a qualidade ambiental e usos múltiplos da água no Alto Rio das Velhas (MG). **GEOgraphia**, Niterói, v. 21, n. 45, p. 33-46, 2019. Disponível em <<https://www.researchgate.net/publication/333746710>>. Acesso em: 19 de janeiro de 2020.

GIRÃO, I. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: riscos socioambientais, vulnerabilidade e



suscetibilidade. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 71-83, 23 maio 2018.

KIERNAN, P. Barragens de rejeitos colossais elevam risco de acidentes como o de Mariana. 2016. **The Wall Street Journal**. Mariana, 4 de abril de 2016. Disponível em: <<https://www.wsj.com/articles/barragens-de-rejeitos-colossais-elevam-risco-de-acidentes-como-o-de-mariana-1459802807>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2019.

PEREIRA, O. F. M. 2016. **Análise da classificação de barragens de contenção de rejeitos no Brasil, quanto ao critério de categoria de risco**. 2016. 53p. (Dissertação de Mestrado Profissional - Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais) - Instituto Tecnológico Vale, Belém/PA.

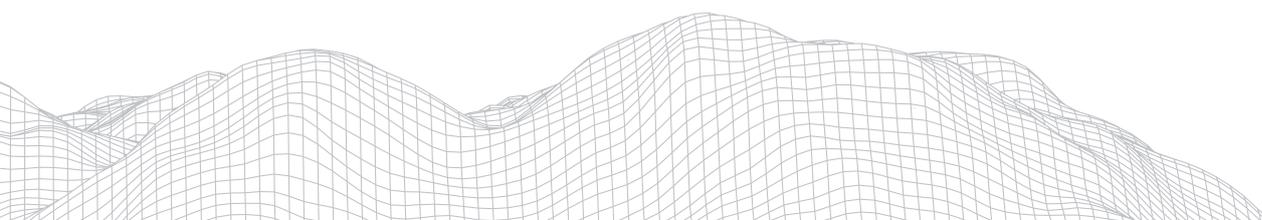
Pescadores temem que garimpo esteja poluindo rio do sudeste do Pará. **G1**, 12 de dezembro de 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2016/12/pescadores-temem-que-garimpo-esteja-poluindo-rio-do-sudeste-do-para.html>>. Acesso em: 17 de dezembro de 2019.

Samarco admite risco de rompimento nas barragens Santarém e Germano. **G1**, 17 de novembro de 2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/11/samarco-admite-risco-de-rompimento-nas-barragens-santarem-e-germano.html>>. Acesso em 15 de janeiro de 2020

SOUZA, K. R. G; LOURENÇO, L. A evolução do conceito de risco à luz das ciências naturais e sociais. **Territorium**. v. 22, p. 31, 2015.

TREVIZAN, K. País tem quase 200 barragens de mineração com alto potencial de dano. **G1**, 30 de janeiro de 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/01/30/pais-tem-quase-200-barragens-de-mineracao-com-alto-potencial-de-dano.ghtml>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2020.

VERVLOET, R. J. H. M. A geomorfologia da região do rompimento da barragem da Samarco: a originalidade da paisagem à paisagem da mineração. In: MILANEZ, B.; LOSEKANN, C. (org.). **Desastre no Vale do Rio Doce**: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição. Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e Imagem, 2016. p. 91-121.



# RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE USO SUSTENTÁVEL NO TIMBURI, MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP

1090

*João Osvaldo Rodrigues Nunes*

*Universidade Estadual Paulista*

*Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, CEP 19060-900*

*E-mail: joao.o.nunes@unesp.br*

*Melina Fushimi*

*Universidade Estadual do Maranhão*

*Cidade Universitária Paulo VI, Av. Lourenço Vieira da Silva, no 1000, Bairro Jardim São Cristovão*

*E-mail: melinafushimi@yahoo.com.br*

*Margarete Cristiane De Costa Trindade Amorim*

*Universidade Estadual Paulista*

*Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, CEP 19060-900*

*E-mail: margarete.amorim@unesp.br*

*Ana Luísa Pelosi Souza*

*Universidade Estadual Paulista*

*Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, CEP 19060-900*

*E-mail: ana.alps80@gmail.com*

*Ribas Dantas Do Nascimento*

*Universidade Estadual Paulista*

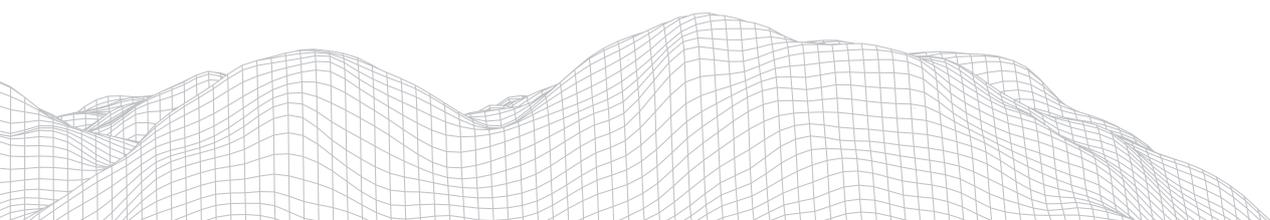
*Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, CEP 19060-900*

*E-mail: ribas.dantas@hotmail.com*

### Resumo

O município de Presidente Prudente-SP passou ao longo de sua história por intensos processos de desmatamento ocasionando graves problemas de erosão (laminar e linear), em solos com predomínio de classe texturas arenosas, oriundo dos arenitos da Formação Adamantina (Grupo Bauru), resultando na destruição de nascentes, assoreamento de inúmeros córregos etc. O presente trabalho tem por objetivo empregar técnicas de bioengenharia, para recuperação e controle das erosões lineares, com o uso de bambus (*Bambusa vulgaris*) e sacarias de juta (EMBRAPA, 1997), na recém criada Área de Proteção Ambiental e Uso Sustentável do Timburi, no município de Presidente Prudente-SP. Foram realizados trabalhos de campo para coleta de amostras de solos, montagem de 3 barramentos e de uma estação meteorológica automática em uma propriedade rural. A utilização da metodologia de barramento mostrou-se adequada as características físicas da área de estudo com resultados positivos para a contenção do sulcamento.

**Palavras-chave:** Geomorfologia; Solos; Erosão; Recuperação; Bioengenharia.



## 1. Introdução

A ocupação do Oeste-Paulista se deu no início do século XX sob a influência das atividades cafeeiras que se iniciavam devido ao estabelecimento das estradas de ferro na região. Com grande incentivo governamental e econômico, as terras do Oeste-Paulista tiveram uma ocupação acelerada, com a substituição das coberturas vegetais de Floresta Estacional Semidecidual (Bioma Mata Atlântica) e de cerrados, por pastagens e cultivos agrícolas (QUEIROZ NETO, 2001).

Os processos erosivos em geral não são somente fenômenos físicos, mas resultam em muitos problemas sociais e econômicos, sendo que a erosão dos solos é um fenômeno natural no qual ocorre a desagregação, remoção e transporte de partículas do solo pela ação combinada da gravidade, da água, do vento e de animais (BERTONI, LOMBARDI NETO, 1999). De acordo com Guerra e Jorge (2013), os problemas com a erosão só se iniciam quando as taxas de perda do solo ultrapassam os níveis naturais. Atualmente, pode-se atribuir o aumento dessas taxas às ações humanas praticadas de maneira não cuidadosa e, a partir disso, se faz necessária a utilização de medidas para estabilização dessas áreas para contenção do avanço dos processos erosivos (WEILL, PIRES NETO, 2007).

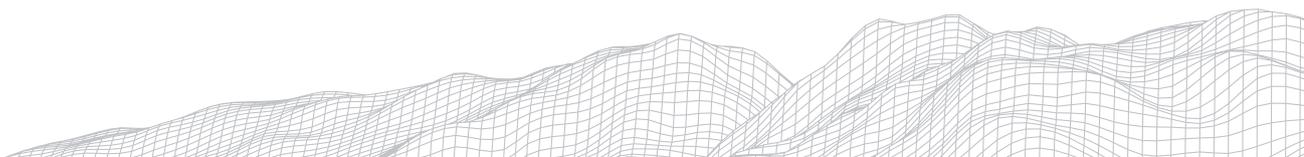
A maior parte das erosões encontradas na região do Oeste-Paulista é causada pelo escoamento superficial e concentrado da água. Guerra, Silva e Botelho (1999) dizem que o processo erosivo hídrico tem abrangência principalmente em áreas de clima tropical, devido à maior incidência de chuvas, como geralmente é encontrado no Brasil.

O solo é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados na produção de alimentos e, por isso, pode ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão, pelo uso e manejo inadequados. Desse modo, o conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo e os que permitem reduzi-las é de fundamental importância para o planejamento conservacionista (ROQUE et al., 2001).

Conforme Nunes et al. (2006) o problema da erosão deve-se ao fato de que a mesma ocorre de forma seletiva; num primeiro momento são carregadas as partículas mais finas, argila e matéria orgânica. Sendo assim, num primeiro momento, são carregadas as partículas ativas do solo, responsáveis pelo transporte dos nutrientes, água e sais minerais às plantas; uma vez que se estabeleça uma situação de perda dessas partículas, ocorrerá redução da fertilidade do solo, diminuição da capacidade produtiva e conseqüente comprometimento econômico e social.

A erosão linear ocorre com o processo de concentração do escoamento de água. Conforme esse escoamento se torna mais concentrado, tem-se o aprofundamento do canal de escoamento, que com o tempo formam os sulcos e as ravinas, frequentemente associados a um rápido aumento na quantidade de sedimentos transportados. Se não forem estabilizadas, as ravinas podem evoluir para o estado de voçorocas, que é uma forma erosiva de difícil contenção (GUERRA, SILVA, BOTELHO, 1999; WEILL, PIRES NETO, 2007).

Para estabilização dos processos erosivos podem ser utilizadas técnicas de bioengenharia que, segundo Martins (2013), são obras caracterizadas pela simplicidade na elaboração e por visarem estabilizar margens e encostas. Elas, além de terem grande sucesso em atingir seus objetivos, também auxiliam no aumento do teor de matéria orgânica e a biodiversidade da área. Segundo Santana (2011), as metodologias utilizadas na bioengenharia são vantajosas principalmente pelos aspectos técnicos, pois possibilita um aumento da proteção da superfície degradada contra os processos erosivos superficiais (laminares e lineares), bem



como também, aumentam a estabilidade das encostas. Ecologicamente, propicia melhores condições para o desenvolvimento de coberturas vegetais, melhorando os regimes hídricos do solo, a estrutura do solo, bem como criando habitats para espécies da fauna e da flora, pois utiliza materiais biodegradáveis.

No aspecto econômico, reduzem custos de construção e manutenção de obras de contenção onerosas, e fazem com que as áreas voltem a ser produtivas do ponto de vista ecológico. No plano estético, as estruturas mecânicas e edáficas montadas, interagem com a paisagem, auxiliando na restauração e conservação de encostas e margens de cursos e corpos d'água.

No caso das estruturas mecânicas de contenção, elas são utilizadas em processos erosivos lineares de pequeno e médio porte e visam reter, regular ou controlar o movimento da enxurrada. Desta forma, diminuem a velocidade do escoamento e o carreamento de sedimentos, aumentando a infiltração e, conseqüentemente, estabilizando o processo erosivo, possibilitando o estabelecimento da cobertura vegetal no entorno (BERTONI, LOMBARDI NETO, 1999; CAPECHE, 2008; TEIXEIRA, GUIMARÃES, 2012).

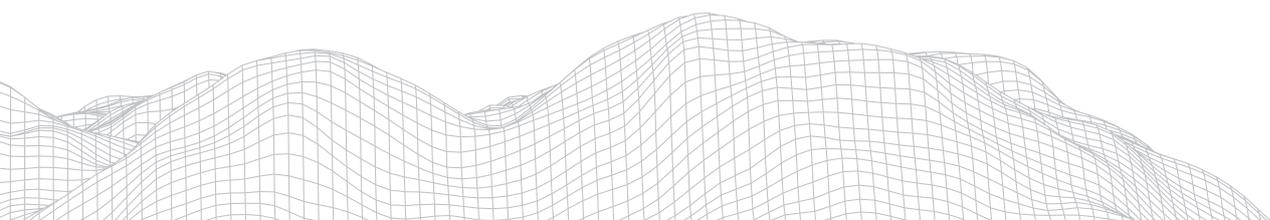
A utilização de paliçadas de bambu é uma alternativa de baixo custo utilizada em vários trabalhos, devido a sua eficiência para contenção das erosões, disponibilidade de acesso e facilidade na construção e manutenção das barreiras de contenção (BARBOSA, 2009, 2012; CAPECHE, 2008; SANTANA, 2011; TEIXEIRA, GUIMARÃES, 2012).

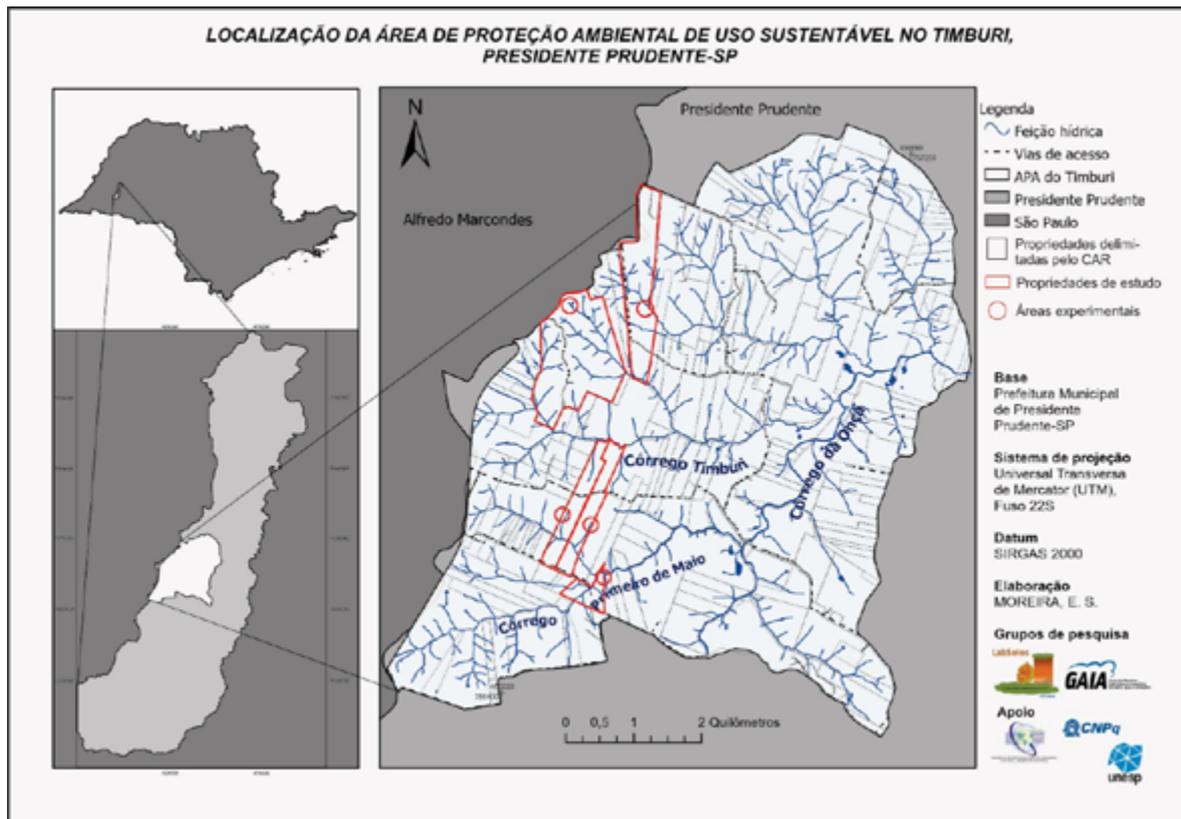
No quesito contenção dos processos erosivos tem sido utilizadas na área de pesquisa as técnicas mecânicas. A mecânica consiste na construção de paliçadas e sacos de rafia, com o intuito de criar barreiras físicas para o escoamento superficial, disciplinando-o (SANTANA, 2011; CAPECHE, 2008; TEIXEIRA, GUIMARÃES, 2012).

Neste sentido, uma vez estabelecido o quadro de comprometimento da sustentabilidade dos solos destinados à agropecuária no município de Presidente Prudente-SP, é notória a necessidade de se viabilizar estudos voltados à identificação, diagnóstico e possíveis contribuições no sentido de se reverter, em níveis toleráveis, o grau de degradação dos recursos naturais. Assim, no caso da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi (APA do Timburi), localizada no município de Presidente Prudente, objetiva-se identificar áreas degradadas por erosão hídrica e aplicar metodologias alternativas para recuperação de focos erosivos em seis propriedades rurais, sendo neste momento da pesquisa, a instalação em uma propriedade rural.

## 2. Área de estudo

A área de estudo está localizada na APA do Timburi, situada no município de Presidente Prudente-SP, com coordenadas geográficas aproximadas de 22°00'00"S e 51°22'00"O (FIGURA 1).





**Figura 1:** Localização da APA do Timburi no município de Presidente Prudente, SP, Brasil, com destaque para os fragmentos de Matas.

Fonte: Arquivo dos autores

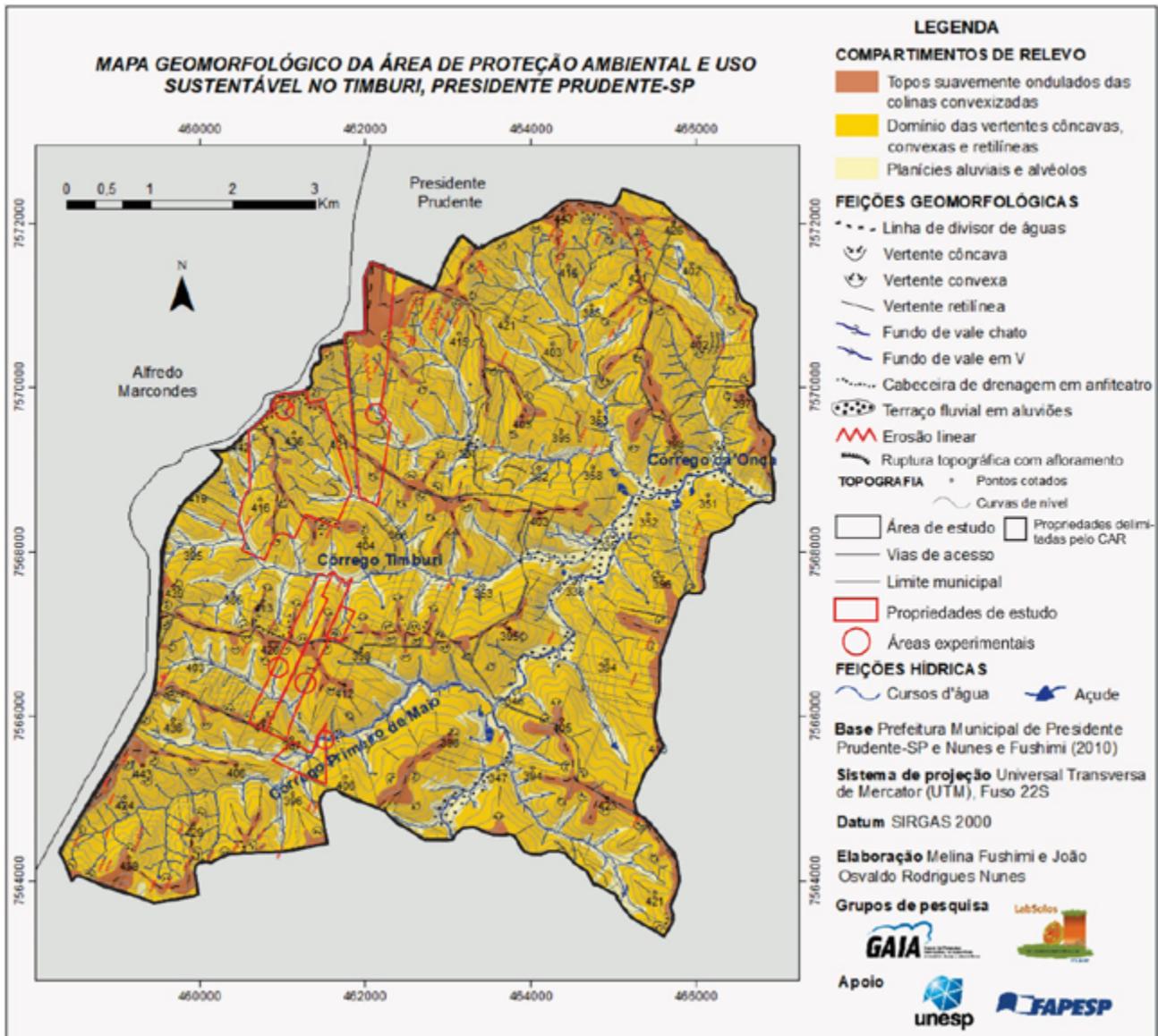
Na área da APA do Timburi predominam as rochas sedimentares da Formação Adamantina, pertencentes ao Grupo Bauru (IPT, 1981, p. 48), sendo constituída por:

*[...] arenitos finos a muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos com lentes de siltitos arenosos e argilítos ocorrendo em bancos maciços, estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte.*

Conforme Godoy (1999: 19), a Formação Adamantina:

*[...] caracteriza-se litologicamente pela ocorrência de bancos de arenito de granulação fina a muito fina, de cor rósea a castanho, com espessuras variáveis entre 2 e 20 metros e alternados com lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanha avermelhada a cinza castanho. Quanto à estrutura, as estratificações cruzadas são próprias dos estratos mais areníticos, ao passo que, nos termos lamíticos subordinados a eles, são mais comuns os bancos maciços ou dispostos em acamamento plano-paralelo, com a presença freqüente de marcas de ondas e microestratificação cruzada.*

De acordo com Nunes e Fushimi (2010), na APA do Timburi predominam relevos de colinas menores com rugosidade topográfica média, topos convexos, com predomínio de declividades acima de 20% e vertentes convexas, sendo que as côncavas são mais preponderantes nos setores de cabeceiras de drenagem em anfiteatros, vinculados aos canais de primeira ordem fluvial. Isto se reflete nas densidades de drenagem médias, com padrões dendríticos, dimensões interfluviais menores e morfologias de fundos vales encaixados em V (FIGURA 2).



**Figura 2:** Mapa geomorfológico da APA do Timburi no município de Presidente Prudente, SP, Brasil.  
Fonte: Arquivo dos autores

Quanto ao substrato geológico, que são as rochas sedimentares das Formações Adamantina (Grupo Bauru), predomina a Unidade de mapeamento KaV, sendo menos friáveis devido à presença maior do carbonato de cálcio (agente cimentante), formando os Argissolos e Neossolos Litólicos.

Em relação aos aspectos pedológicos, conforme Fushimi (2012), predominam três classes de solos, os Argissolos, os Neossolos Litólicos e os Hidromórficos.

Os Argissolos são suscetíveis à erosão, por apresentarem gradiente textural entre o horizonte A, E e Bt. Esses solos possuem baixa ou muito baixa resistência à erosão (LOMBARDI NETO et al., 1991, citados por OLIVEIRA et al., 1999), característica que exige práticas conservacionistas de suporte (curvas de nível, terraceamento etc.). Na área de estudo, são originários de rochas areníticas, com cimentação calcária do Grupo Bauru, e estão associados a relevos suavemente ondulados a ondulados. Os relevos suavemente ondulados apresentam-se em

forma de colinas com rampas de declives longos e topos levemente arredondados ou achatados, com a morfologia dos vales em berço muito aberto.

Em relação aos Neossolos são definidos por “Solos pouco evoluídos e sem horizonte B diagnóstico” (EMBRAPA, 1999, p. 225). Aqueles que apresentam maior ocorrência no Estado de São Paulo são os Neossolos Litólicos. No entanto, muitos são Neossolos Regolíticos com saprolito relativamente brando (apesar de manter a estrutura da rocha original) a baixa profundidade, não se caracterizando como Neossolos Litólicos. Conforme Fushimi (2012), na área de pesquisa, os solos rasos são mais frequentes em vertentes côncavas e convexas com declividades acima de 20%, associados aos Neossolos Litólicos.

Os Planossolos estão situados em planícies aluviais e no terço inferior das vertentes. Pela grande diferença textural entre o horizonte A ou horizonte E e o horizonte B, são vulneráveis à erosão hídrica.

A consistência do horizonte B seco é extremamente dura; em ambiente úmido é firme a muito firme e quando molhado, plástica a muito plástica. A porosidade deste horizonte é baixa, refletindo na redução da permeabilidade e dificultando o enraizamento de plantas com sistema radicular pouco agressivo.

Assim como alguns Planossolos, os Gleissolos são encontrados em várzeas e tem-se a presença do aquífero freático a pouca profundidade. Em razão da sua formação em sedimentos aluviais, apresentam textura errática ao decorrer do perfil e variações texturais abruptas entre os horizontes.

Pela posição no relevo e a facilidade de contaminação dos aquíferos, o uso e/ou ocupação em Planossolos e Gleissolos devem ser realizados de maneira cautelosa e racional.

São encontrados solos hidromórficos na área de estudo nos fundos de vales chatos, alvéolos e planícies aluviais em sua maioria extensas.

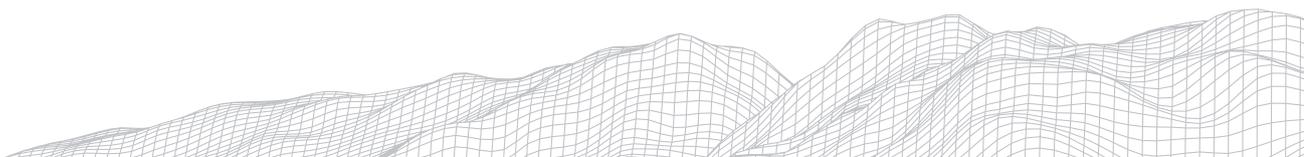
Conforme Fushimi (2012) estas características físicas indicam para a área da APA do Timburi média a alta vulnerabilidade ambiental a processos erosivos.

### 3. Metodologia

A caracterização geomorfológica foi elaborada de acordo com os dois primeiros níveis de abordagem proposto por Ab'Saber (1969): Compartimentação Topográfica e Estrutura Superficial da Paisagem.

As informações básicas sobre a geomorfologia, os tipos de solos e os processos erosivos, foram obtidos através de mapas temáticos de geomorfologia, do esboço simplificado das principais classes de solos, e da Vulnerabilidade Ambiental a Processos Erosivos Lineares do município de Presidente Prudente -SP na escala 1:25.000, elaborado respectivamente por Fushimi e Nunes (2010) e Fushimi (2012 e 2012).

O mapa geomorfológico foi elaborado com base nas fotografias aéreas do município de Presidente Prudente-SP na escala 1:25.000, utilizando estereoscópio de espelhos. O mapa do esboço simplificado das principais classes de solos foi elaborado a partir dos princípios da fotopedológica, associando as formas de relevo e as declividades do terreno. O mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares foi elaborado nos SIGs Arc Gis® ou QGis®, resultante da correção entre as variáveis geomorfologia, clinografia, curvatura do terreno, esboço simplificado de solos, uso da terra e cobertura vegetal, espacializadas em mapas temáticos e incluídas nos Planos de Informações (PI).

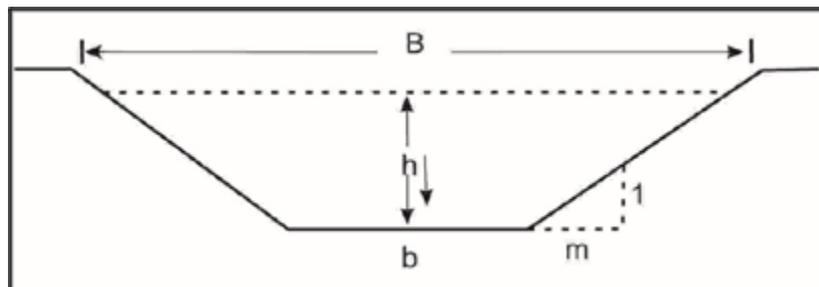


A localização das áreas com processos erosivos foi feita sobre imagens do Satélite GeoEye-1, na modalidade stereo, com resolução espacial de 50 cm, na composição colorida das bandas R, G, B e NIR, além dos trabalhos de campo.

As amostras de solos foram coletadas a montantes dos barramentos para contenção das erosões, a uma profundidade de 20 cm, utilizando um trado do tipo holandês. Foram realizadas análises texturais no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da FCT/UNESP, conforme o Manual de métodos de análise de solos (EMBRAPA, 1997) e Lemos e Santos (1996).

Também foi instalada uma Estação Meteorológica Automática Wireless Vantage Pro2 na área de pesquisa.

Para implementação das técnicas de barramento, adotou-se metodologia preconizadas pela EMBRAPA (2009), onde foram montadas barreiras de paliçadas de bambus (*Bambusa vulgaris*) e sacos de rafia e juta e pneus ao longo da vertente ravinada (FIGURA 3), considerando a dimensão das mesmas (profundidade e largura). O intuito é de diminuir a energia do escoamento concentrado superficial. A área de estudo foi cercada pelo proprietário evitando a entrada de animais (gado bovino) no local dos experimentos.



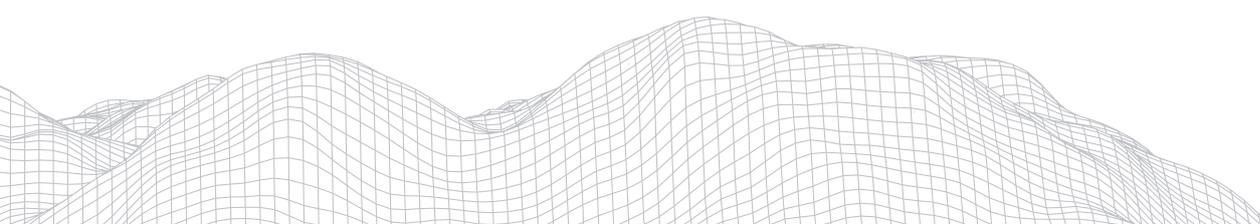
**Figura 3:** Medição das dimensões dos focos erosivos.  
Fonte: Embrapa (2008).

#### 4. Resultados e Discussões.

A área total da APA do Timburi tem 4.608,2 hectares sendo observadas as maiores ocorrências de processos erosivos nas cabeceiras de drenagens, em forma de anfiteatro, e nos terraços e planícies aluviais. Foram identificados 127 fragmentos de Mata Residuais compreendendo uma área de 518,12 ha ou 11,24%. Os principais cursos d'água são os Córregos do Leque, da Onça, Primeiro de Maio e Timburi, sendo este último o mais importante. No total a rede de drenagem apresenta 118,89 km de extensão.

Conforme Donaton (2013) na área da APA do Timburi, englobam além do Bairro do Timburi, também o Bairro do 1º de Maio, possuindo em torno de 82 produtores rurais. A economia da APA é baseada na agropecuária, com predomínio de pecuária de corte e leiteira e produção de hortaliças, frutas e plantio de batata doce (*Ipomoea batatas*).

Como dito anteriormente, a origem dos focos erosivos estão relacionados à retirada da mata, deixando as vertentes sem proteção, e, posteriormente, a ação das águas pluviais associada ao pisoteio do gado e aos cultivos agrícolas sem manejo e conservação dos solos de modo adequado.



As inúmeras alterações ambientais ocorridas na área da APA do Timburi, são identificadas no Mapa de Vulnerabilidade Ambiental aos Processos Erosivos Lineares do município de Presidente Prudente-SP (FUSHIMI, 2012), cujos níveis de vulnerabilidade predominantes são de alta a muita alta intensidade a processos erosivos.

Em visita à área de estudo, foram registrados assoreamentos em vários cursos d'água afluente do Córrego do Timburi e do Primeiro de Maio. Esses assoreamentos estão associados ao desmatamento nas cabeceiras de drenagens, em solos com predomínio de classe textural franco-arenosa e arenosa, onde sem implantação de técnicas de manejo e conservação, no período de chuvas torrenciais, ocorrem a maior parte dos processos erosivos pluviais. Por isso, o trabalho de recuperação das áreas degradadas, localizadas especialmente nas vertentes, onde estão as nascentes, apresenta-se como uma medida de grande importância na recuperação dos cursos d'água.

Do total de 82 propriedades rurais que compõem a APA do Timburi, tem sido implementadas as técnicas de controle de erosão em 6 propriedades, escolhidas pela comunidade, com maior quantidade de processos erosivos lineares e laminares. Neste momento da pesquisa, iniciada em outubro de 2019, foram executadas as montagens das paliçadas em uma propriedade rural.

A área escolhida apresenta, à montante dos barramentos, morfologia em forma de cabeceiras de drenagem em anfiteatro, cujas vertentes têm predomínio de formas concavas; declividades com mais de 20%; Neossolos Litólicos; cobertura vegetal de gramíneas e presença de gado bovino. Estes aspectos, em período de intensa pluviosidade (meses de janeiro e dezembro), ocasionam fluxos de escoamento superficial concentrado, gerando intensificação dos processos erosivos lineares do tipo sulcos e ravinas. Devido a isto, em vários pontos da área experimental em que os solos foram erodidos, apresentam afloramentos dos arenitos da Formação Adamantina (GRUPO BAURU). Neste aspecto, ocorre em determinados setores das vertentes, afloramento do aquífero freático suspenso, que está presente nos poros da rocha matriz. Esta é constituída por duas sub-unidades de mapeamento a IV e V, que se diferenciam pela intercalação maior ou menor entre bancos de sedimentação arenosos ou de siltitos e lamitos (IPT, 1981).

Em relação as características texturais dos solos coletados nos pontos a montante e a jusante dos 3 barramentos, conforme a Tabela 1, identificou-se o predomínio de classe textural Franco-arenosa e arenosa com percentuais de areia entre 600 a 800 g/kg-1. Os percentuais de silte variaram entre 100 a 200 g/kg-1, e os de argila de 80 a 180 g/kg-1. Importante destacar, que os solos foram muito alterados pela ação humana, apresentando materiais tecnogênicos, como carvão de queimadas, decorrente dos vários usos agropecuários ocorrido desde os anos 40. Como pode ser observado, os solos da área de estudo, além de apresentarem classes textural franco arenosa e arenosos estão muito degradados.

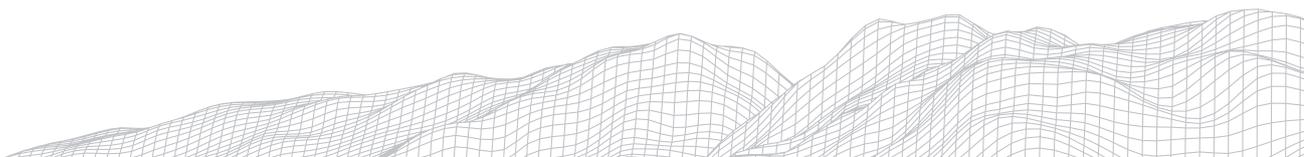


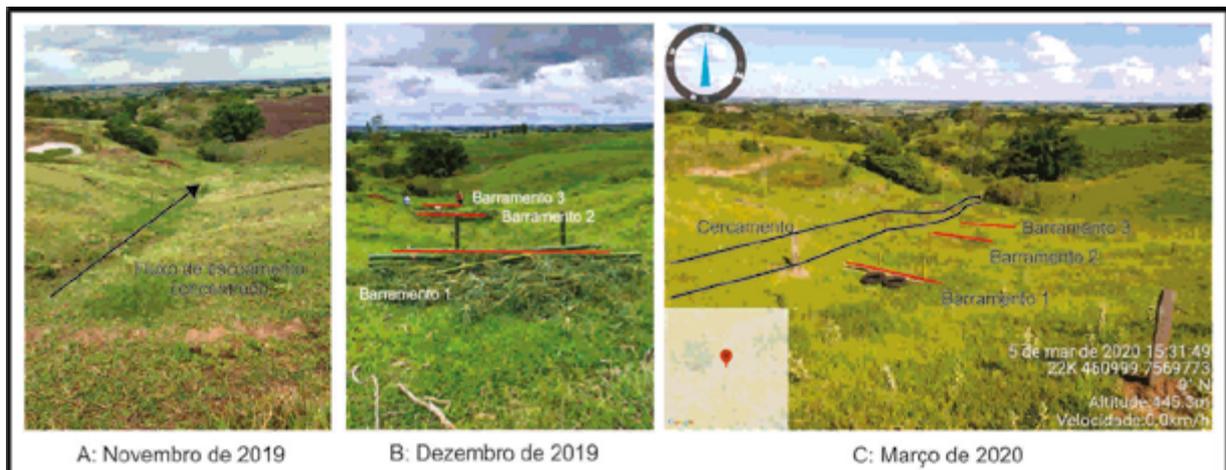
Tabela 1 - Análise granulométrica das amostras de solos dos barramentos a montante e a jusante.

Barramentos	Localização do ponto (UTM – zona 22K)		Argila g/kg <sup>-1</sup>	Areia g/kg <sup>-1</sup>	Silte g/kg <sup>-1</sup>	Classe textural
	Latitude (m S)	Longitude (m W)				
<b>1 (Montante)</b>	7569766	461006	114	784,5	101,5	Franco arenosa
<b>1 (Jusante)</b>	7569766	461006	120	776,4	103,6	Franco arenosa
<b>2 (Montante)</b>	7569750	461011	184	608,5	207,5	Franco arenosa
<b>2 (Jusante)</b>	7569750	461011	150	700	150	Franco arenosa
<b>3 (Montante)</b>	7569735	461018	80	800	120	Areia franca
<b>3 (Jusante)</b>	7569735	461018	128	754	118	Franco arenosa

Fonte: autores, 2020.

Como dito anteriormente, a escolha das vertentes com sulcamentos foi realizada em conjunto com o proprietário rural, visto que, no setor a jusante da mesma, encontra-se uma voçoroca vegetada, em estado de estabilidade dinâmica. Neste sentido, o proprietário escolheu o local para implantação dos barramentos, a fim de evitar a retomada do processo de voçorocamento à jusante.

Com a montagem dos três primeiros barramentos, sendo de montante para jusante, realizados no mês de dezembro de 2019, associado ao cercamento da área e retirada do gado bovino, foi possível observar, num período de 5 meses, deposição de sedimentos a montante de todos os barramentos, e consequente crescimento das gramíneas a montante e a jusante dos mesmos. Este aspecto é possível ser observado na Figura 4 através da sequência A, B e C.



**Figura 4:** Montagem dos 3 barramentos ao longo da vertente côncava concentradora de fluxo de escoamento superficial.

Fonte: Arquivo dos Autores

Na imagem A, que data de novembro de 2019, verifica-se a declividade acentuada das vertentes, sem cobertura vegetal de porte e solos exposto no setor a montante. Na imagem B, obtida no mês de dezembro de 2019, em que foi realizada a montagem dos 3 barramentos, é possível verificar o crescimento da

cobertura vegetal de gramíneas. Além disto, com a construção dos barramentos, ocorreu a quebra da energia cinética provocada pelo escoamento concentrado, permitindo maior deposição dos sedimentos a montante, bem como maior infiltração de água no solo.

Já na imagem C, obtida no mês de março de 2020, foram utilizados no barramento 1, dois pneus. O motivo é que os sacos de rafia têm um prazo de duração muito pequeno quando exposto ao tempo.

Além das análises texturais realizadas nas amostras de solos coletadas a montante e jusante das estruturas dos barramentos 1, 2 e 3, foi instalada uma Estação Meteorológica Automática Wireless Vantage Pro2 e Registrador de Dados para VP Usb UNICA, para monitorar os elementos do clima, a fim de analisar a frequência e a intensidade das precipitações no período de contenção dos processos erosivos, e identificar os sistemas atmosféricos atuantes.

### Considerações Finais

A Área de Proteção Ambiental do Timburi apresenta uma grande susceptibilidade a processos erosivos, considerando a sua constituição física, bem como ao histórico de uso e ocupação das formas de relevo, sendo esses os principais motivos encontrados para a ocorrência dos processos erosivos na área.

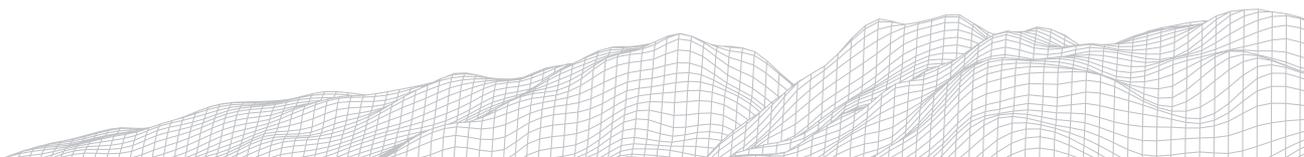
Os procedimentos de bioengenharia adotados na área têm permitido a estabilização do processo erosivo e a recuperação da área, considerando os aspectos físicos e sociais de forma integrada. O cercamento da área, com o impedimento da entrada do gado, foi o fator a apresentar resultados mais rápidos e expressivos, sendo auxiliado pelos outros procedimentos adotados.

Os barramentos de bambu com as sacarias de rafia e pneus retiveram uma quantidade de sedimentos das áreas a montante, possibilitando maior infiltração de água e crescimento da cobertura vegetal, especialmente nas vertentes, cujos solos com classe textural arenosa, caso não tenham nenhum tipo de manejo, com técnica de conservação adequadas, a probabilidade de ocorrer processos erosivos é elevada.

**É importante ressaltar que a APA do Timburi** é a primeira Área de Proteção Ambiental criada no município de Presidente Prudente-SP. Embora haja um conjunto de pesquisas acumuladas sobre a realidade do município, no que tange a APA do Timburi, por ser uma área pioneira, apresenta enorme potencial de estudos e pesquisas a serem realizados em conjunto entre a Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, a Prefeitura Municipal de Presidente Prudente e a comunidade de moradores dos Bairros 1o de Maio e Timburi

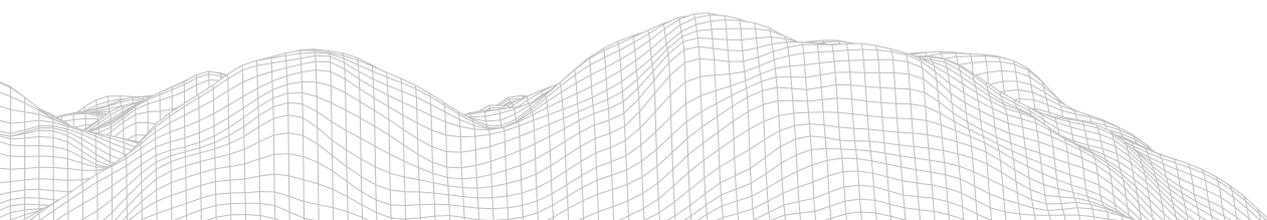
### Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela aprovação do Projeto Regular (Processo 2019/12164-4), que tem permitido a realização desta pesquisa, e a rede de pesquisadores QUESTÕES AMBIENTAIS URBANA do Grupo de Pesquisa GAIA da FCT/UNESP.



## Referências

- AB'SABER, Aziz Nacib. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. Geomorfologia**, São Paulo, no 18, p. 1-23, 1969
- ALMEIDA, F.F.M.; MELO, M.S. **A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico**. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT Mapa Geológico do Estado de São Paulo, São Paulo: IPT, 1981, v.1, p.46-81
- ARAUJO, G.H. de S.; ALMEIDA, J.R. de; GUERRA, A.T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. ed. 9. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.
- BARBOSA, A.C. **Bioengenharia utilizando bambus em faixas para o controle de processos erosivos: uma análise qualitativa**. Polibotânica, México, n. 33, 2012. Disponível em <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682012000100014&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682012000100014&lng=es&nrm=iso)>. Acesso em: 30 julho 2015.
- BARBOSA, A.C. **Contenção de Processos Erosivos Resultantes de Acidente Ambiental na Serra da Mantiqueira, SP**. 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 31 mar 2009.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. ed. 4. Paulo: Ícone, 1999.
- CAPECHE, L. C. *et al.* **Degradação do solo e da água: impactos da erosão e estratégias de controle**. In: TAVARES, Sílvia Roberto de Lucena [*et al.*]. **Curso de recuperação de áreas degradadas: A visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicações de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. p.105-132.
- DONATON, G. **Estratégias de reprodução social e econômica em pequenas unidades produtivas rurais: o caso dos Bairros Rurais 1º de Maio/Timburi e Ponte Alta/córrego da Onça no município de Presidente Prudente (SP)**. Monografia (bacharelado em Geografia). 2013. 112 f. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: 1997. 212 p.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Org. Fabio Cezar da Silva. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, 1999.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2006.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Forma de controle da erosão linear**. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br>> Acesso em: 15 de jan. de 2009.
- FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP**. 2012. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- GODOY, M. C. T. F. **Estudo hidrogeológico das zonas não saturada e saturada da Formação Adamantina, em Presidente Prudente, Estado de São Paulo**. 1999. 156 p. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.
- GUERRA, A.J.T.; JORGE, M. do C.O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.



GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. da; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Nascentes protegidas e recuperadas.** Curitiba: SEMA, 2010. 24 p. Disponível em: <[http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Cartilha\\_nascentesprotegidas.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Cartilha_nascentesprotegidas.pdf)> Acesso em: 30 de julho de 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000.** São Paulo: IPT, vol. I, 1981, p.46-8; 69 (Publicação IPT 1184).

LEMONS, R. C. de. SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.

MARTINS, S.V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2013.

NUNES, J. O. R.; FUSHIMI, M. **Mapeamento geomorfológico do município de Presidente Prudente-SP.** In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, III Encontro Latino Americano de Geomorfologia, I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia e I Encontro Ibero-Americano do Quaternário, 2010, Recife. Anais... Recife: UFPE, 2010.

NUNES, J.O.R.; PERUSI, M.C.; PETERLINI, G.H.C.; TIEZZI, R.O.; PISANI, R.J. e SANTANA, E.L. **Variações texturais dos Latossolos Vermelhos do Assentamento Rural Antônio Conselheiro-Mirante do Paranapanema/SP.** Geografia em Atos (UNESP), v. 1, p. 30-39, 2006.

OLIVEIRA, J. B. de. *et al.* **Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 112 p.

QUEIROZ NETO, J. P. de. **Erosão dos solos tropicais e seu controle: o exemplo do estado de São Paulo.** VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia, p.1-11, 2001.

ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P. & PRADO, R.M. **Fator Erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva.** R. Bras. Ci. Solo, 25:147-156, 2001.

SANTANA, C.J. **Técnicas de bioengenharia aplicadas às áreas de preservação permanente urbanas - Presidente Prudente, São Paulo.** 2011. 100 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 5 dez 2011.

SANTANA, M. A. ; QUEIROZ NETO, J. P. **Fatores responsáveis pela sensibilidade à erosão linear em Marília.** REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA, São Paulo, v. 9, p.21-33, 1995.

SANT'ANNA NETO, J. L. **A erosividade das chuvas no estado de São Paulo.** Revista do Departamento de Geografia (USP), SAO PAULO, v. 9, p.35-49, 1995.

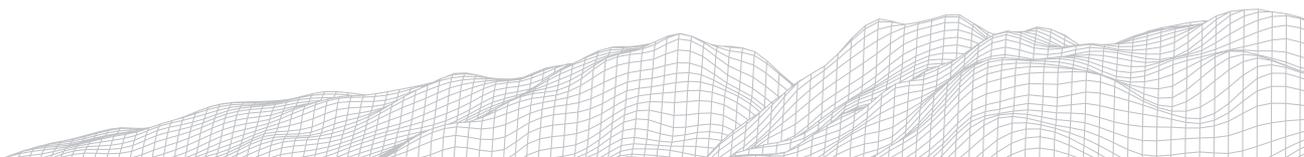
SCHLESINGER, S. **O gado bovino no Brasil.** 2009. Disponível em: <<http://www.boell-latinoamerica.org/web/592.html>> Acesso em: 30 de março de 2015.

Secretaria do Meio Ambiente - SMA. Relatório de Qualidade Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, 2007.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Adote uma Nascente.** São Paulo: 2015. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/adoteumanascente>></http:> Acesso em: 30 de julho de 2015.

TEIXEIRA, N. C.; GUIMARÃES, C. D. C. **Métodos de contenção e estabilização de processos erosivos avançados e voçorocas no Brasil.** UFSJ - MG, 28 out. 2012. 14 p. Disponível em: [http://www.iptan.edu.br/publicacoes/saberes\\_interdisciplinares/pdf/revista10/METODOS\\_DE\\_CONTENCAO.pdf](http://www.iptan.edu.br/publicacoes/saberes_interdisciplinares/pdf/revista10/METODOS_DE_CONTENCAO.pdf). Acesso em: 29 julho 2014.

TOMMASELLI, J.T.G.; FREIRE, O.; CARVALHO, W.A. **Erosividade da chuva na região oeste do estado de São Paulo.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Campinas, n. 7, 1999: 269-276.

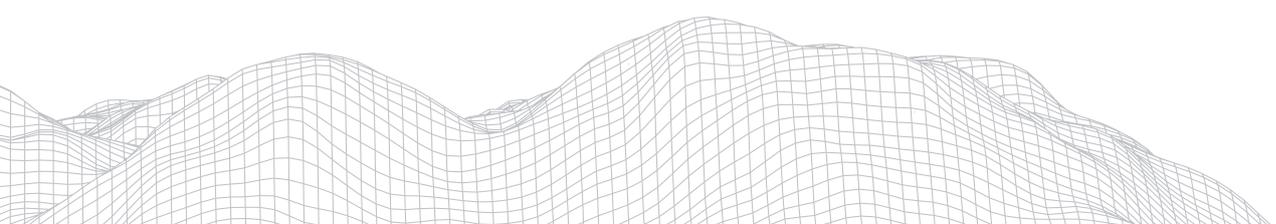


TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1977. p. 31-64.

VARCACEI, R.; SILVA, Z. de S. **A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica**. Revista Floresta. Rio de Janeiro, v. 27, n. 12, p. 101-114. 1997.

WEILL, M. de A. M; PIRES NETO, A. G. **Erosão e assoreamento**. In: SANTOS, Rozely Ferreira dos (org.). Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos. Brasília: MMA, 2007. p.39-58.

ZANZARINI, R.M.; ROSOLEN, V. **Mata ciliar e nascente no Cerrado brasileiro: análise e recuperação ambiental**. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA (EGAL). 12. 2009. Montevideu, Uruguai. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Impactoambiental/72.pdf>> Acesso em: 10 de abril de 2015.



# REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE O ESTUDO DA RELAÇÃO DO SOLO E O RELEVO NA OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTOS

1104

*Douglas da Silva Cabral*

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP / Serviço  
Geológico do Brasil - CPRM

Rua Costa, 55, Cerqueira César, São Paulo - SP, 01304-010

E-mail: [douglas.cabral@cprm.gov.br](mailto:douglas.cabral@cprm.gov.br)

*Selma Simões de Castro*

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Rua Carlos Gomes, 250 - Cidade Universitária, Campinas - SP,  
13083-855

E-mail: [scastro@unicamp.br](mailto:scastro@unicamp.br)

*Francisco Sérgio Bernardes Ladeira*

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

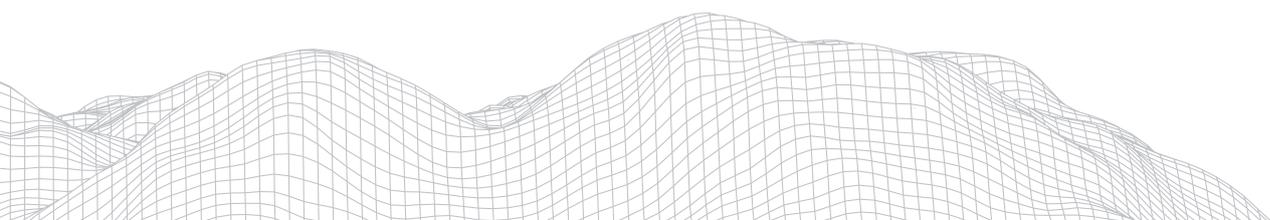
Rua Carlos Gomes, 250 - Cidade Universitária, Campinas - SP,  
13083-855

E-mail: [ladeira@unicamp.br](mailto:ladeira@unicamp.br)

### **Resumo**

A avaliação pedológica, aliada à geomorfologia, para a caracterização de deslizamentos em encostas é, ainda, pouco estudada, muito devido à escassez de mapas pedológicos em escalas adequadas. Nessa conjuntura, este trabalho visa realizar uma revisão bibliométrica utilizando as palavras chaves: “deslizamento”, “solo” e “relevo” na literatura nacional e internacional, visando detalhar os estudos que vêm sendo realizados nesse tema. Para tanto, realizou-se como procedimento metodológico uma busca nos bancos de dados da Web of Science e Scopus, entre os anos de 1996 e 2021, de modo a alimentar a revisão bibliométrica. Assim, objetiva-se caracterizar as publicações, analisar a produtividade e as tendências da pesquisa ao longo dos últimos anos, identificar as áreas temáticas, países de origem e apresentar as diferentes redes de co-autorias nesta temática.

**Palavras-chave:** Deslizamento, solo, relevo.



## 1. Introdução

Segundo Caputo (1987), escorregamento (*landslide*) é o deslocamento rápido de uma massa de solo ou de rocha ou ambos que, rompendo-se do maciço, desliza vertical e horizontalmente ao longo de uma superfície de deslizamento. A ocorrência dos deslizamentos está subordinada a uma série de fatores que determinam a suscetibilidade de uma área à ocorrência destes eventos. Dentre estes fatores, a caracterização do solo e as condições geomorfológicas são preponderantes para determinar o grau de suscetibilidade de uma encosta ao fenômeno (Bitar *et al.*, 2014). Porém, estudos que versem sobre a relação entre a pedologia, a geomorfologia e os movimentos gravitacionais são poucos, tanto no Brasil, como no exterior, publicados na literatura internacional. No Brasil, a escassez de mapas de solos em escalas adequadas pode explicar, ao menos em parte, tal situação.

É sabido que o relevo é considerado um importante fator na formação do solo, pois é responsável pelo controle de toda a dinâmica dos fluxos de água na paisagem, como lixiviação de solutos, atuação de processos erosivos e condições de drenagem (Anjos *et al.*, 1998). A análise bibliométrica também torna possível a avaliação estatística descritiva e quantitativa dos trabalhos selecionados (Demo *et al.*, 2017).

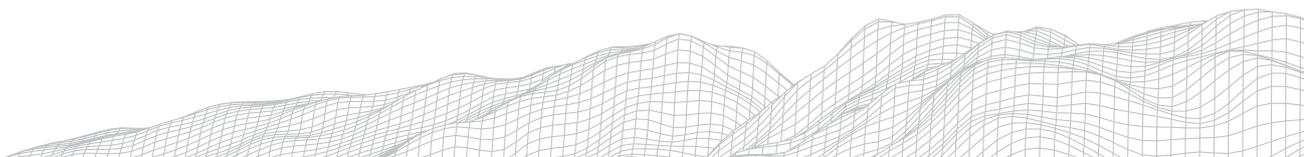
A bibliometria é a medida quantitativa das publicações científicas de um pesquisador ou de periódicos com seleção arbitrada, contidas em bases de dados e a medida qualitativa dessas publicações por meio de indicadores que incluem estudos comparativos de publicações e citações (Souza; Ribeiro, 2013). Com isso, é possível determinar, dentre outras características, quais os países de origem dos estudos, quais as áreas de pesquisas, ano de publicação e evolução dos trabalhos ao longo dos anos. Por fim, também é possível obter as relações entre os autores e coautores, determinando quais são os mais envolvidos com a temática e a relação entre eles. Além de tornar possível a realização de uma revisão bibliométrica consistente, também poder extrair referências importantes nesses trabalhos

Para uma análise bibliométrica consistente são propostas quatro etapas, a saber: a escolha da temática na literatura, a avaliação dos dados coletados, a análise e interpretação das informações e a apresentação dos resultados (Junior *et al.*, 2016). Com isso objetiva-se, através da revisão bibliométrica, obter-se uma caracterização dos trabalhos existentes e nortear a pesquisa, frente ao número grande de publicações existentes.

A revisão bibliométrica a que este estudo se propôs buscou, através da análise conjunta dos termos, em inglês, "*landslides*", "*soil*" e "*relief*", nas bases de dados da Web of Science e Scopus, obter o maior número possível de trabalhos nesta linha de pesquisa no período compreendido entre 1996 até os dias atuais, devido ao fato de buscar trabalhos mais recentes e num período com publicações mais constantes, pois anteriormente a 1996 as publicações referentes ao tema são escassas e dispersas ao longo dos anos.

## 2. Área de estudo

O trabalho não se dedica a estudar um local geográfico em específico, perfazendo sim uma revisão bibliométrica sobre um tema mais amplo e que seja adequado a todos os estudos que abordem a temática proposta. Nesta conjuntura, espera-se com essa análise propor caminhos que facilitem a busca por material que verse sobre movimentos gravitacionais, geomorfologia e pedologia, onde através do incremento de mais alguma palavra-chave que se deseje, possa fazer referência a localidades ou outros temas, em específico.



A revisão almeja analisar a temática da gestão territorial, focando os deslizamentos de terra e a relação destes fenômenos geológicos com os estudos de solo e o relevo já realizados. Avaliando o avanço destas pesquisas nas suas principais áreas de concentração, como a ciências da terra, engenharias, agronomia e outras de menor interesse na abordagem, em âmbito nacional e internacional.

### 3. Metodologia

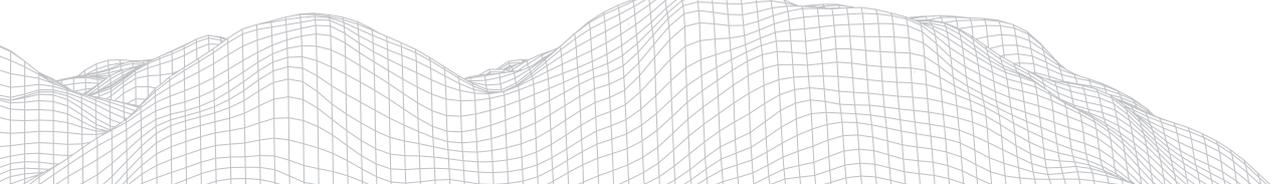
A análise bibliométrica consistiu, primeiramente, da avaliação do tema proposto e da escolha das palavras-chave que resultassem numa relação de busca satisfatória nas plataformas de pesquisas acadêmicas. A utilização das palavras-chaves e a forma como elas foram incorporadas na busca seguem critérios técnicos que direcionam o algoritmo das plataformas de busca a resultados mais, ou menos, interessantes. Assim, para este trabalho foram utilizadas três palavras-chaves na língua inglesa, a saber: “*landslides*”, “*soil*” e “*relief*”, acrescidas da conjunção aditiva “*and*”. Desta forma, buscou-se trabalhos que contivessem todas as palavras-chave, obrigatoriamente, podendo estas aparecerem no título, no resumo, nas palavras-chave do autor ou mesmo no *Keywords Plus*.

Inicialmente, a pesquisa procurou determinar qual plataforma de pesquisa de dados bibliográficos traria o melhor resultado para a revisão bibliométrica. Nesta conjuntura foram avaliadas duas das principais plataformas de pesquisas científica, Scopus e Web of Science. Por meio destas buscas foram obtidos, ao todo, 265 trabalhos na Scopus e 188 na Web of Science, na data de 15 de junho de 2021. Com estes resultados, partiu-se para uma análise mais detalhada desses números, buscando esmiuçar os motivos das diferenças entre as plataformas.

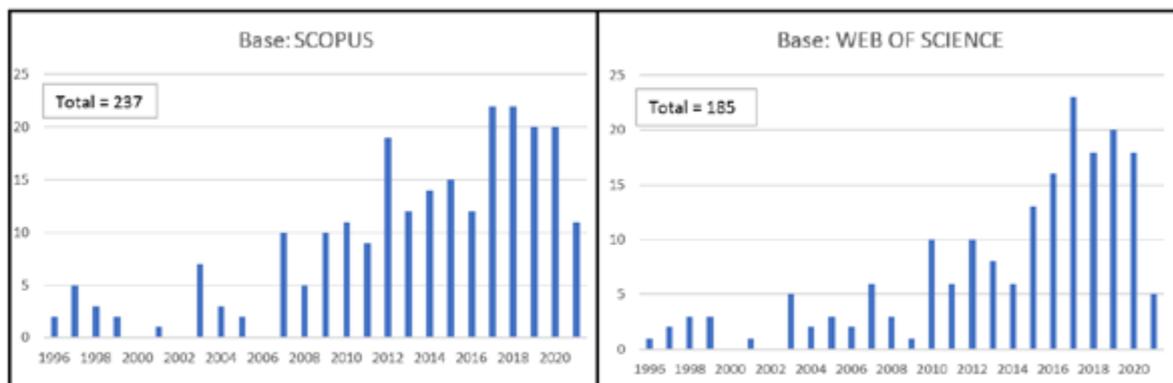
Primeiramente notou-se que a Scopus apresentava uma cronologia de trabalhos maior, onde o trabalho mais antigo existente na base de dados data de 1968, enquanto na Web of Science o trabalho mais antigo datava do ano de 1996. Restringindo as buscas nas duas plataformas para o período compreendido entre o ano de 1996 e 2021, obteve-se 241 trabalhos na Scopus. Desta forma, tornou mais justa a comparação entre as duas bases de dados e, ao mesmo tempo, eliminou-se os trabalhos muito antigos, supostamente desatualizados, trazendo uma perspectiva mais atual à análise bibliométrica.

Por fim, a pesquisa buscou limitar os trabalhos àqueles que continham estudos que não fossem revisões (bibliográficas ou bibliométricas), e com isso o número de trabalhos reduziu para 237 e 185 na Scopus e na Web of Science, respectivamente, conforme comparação apresentada na Figura 1. Assim colocado, ficou evidente a superioridade em número de publicações da base da Scopus, perfazendo quase trinta por cento a mais de trabalhos do que na Web of Science. Com isso a pesquisa bibliométrica foi construída sobre a base da Scopus e os resultados apresentados neste trabalho dizem respeito aos resultados e análises realizadas nesta plataforma de pesquisa de trabalhos científicos.

Após definida a base a ser utilizada, fez-se o uso da metodologia da *Systematic Review* (revisão sistemática), apresentada por Dybå e Dingsøyr (2008), que define as etapas de avaliação dos trabalhos, onde são extraídos os de maior relevância e interesse através de um processo de filtragem. Esse processo consiste em quatro etapas, onde na primeira há a identificação de todos os trabalhos relevantes na base de pesquisa selecionada (237 trabalhos, conforme Figura 1) seguida da segunda etapa, onde os títulos destas publicações são lidos e analisados, fazendo a exclusão daqueles que menos se relacionam aos interesses da pesquisa. Nesta etapa foram selecionados 37 trabalhos. Seguidamente, é realizada a terceira etapa, onde a análise é aprofundada, estabelecendo a leitura e avaliação dos resumos dos trabalhos pré-selecionados na segunda etapa. Aqui, 17 publicações foram escolhidas como sendo as que mais interessavam e apresen-



tavam maior engajamento aos objetivos propostos. Por fim, é a realizada a quarta etapa, onde estes trabalhos são avaliados por completo, através da leitura integral e minuciosa dos mesmos. Assim, fica evidente a busca pela classificação das publicações a fim de extrair apenas àquelas que sejam coerentes com o objeto da pesquisa.



**Figura 1:** Gráficos comparativos de publicações anuais entre as bases SCOPUS e WEB OF SCIENCE, no período compreendido entre 1996 e 2021.  
Fonte: Adaptado de *Web of Science* e *Scopus*.

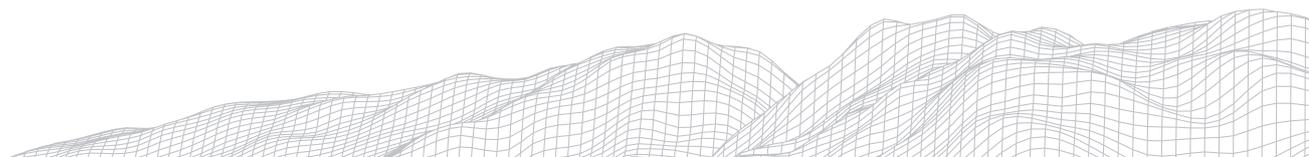
Por fim, os trabalhos selecionados foram avaliados quantitativamente por meio de softwares como *VOSviewer*, *Mendeley* e *Word Excel*. Estas análises permitiram discorrer a respeito de como a pesquisa tem se comportado e se desenvolvido. Também foi possível estabelecer os trabalhos e os autores mais citados, além de estabelecer teias de ligação através de trabalhos de coautoria. Assim, com a análise quantitativa dos dados, a revisão bibliométrica pode, ao final, determinar quais autores e instituições estão na vanguarda da pesquisa no tema, aliando a isto, informações importantes como a cronologia das pesquisas, países de origem e agências financiadoras.

#### 4. Resultados e discussão

Primeiramente, é possível notar através da análise dos gráficos apresentados na Figura 1 que há uma tendência clara de aumento do número de trabalhos relacionando as palavras-chaves utilizadas nesta pesquisa ao longo dos últimos 25 anos. Esta tendência é constatada tanto na base da Scopus, quanto na Web of Science. Tal informação é relevante, pois indica que o tema ganhou importância e também traz luz a questionamentos sobre a relevância da pesquisa ora proposta. Importante também ressaltar que, no gráfico, o ano de 2020 pode ter sofrido impactos relacionados a crise sanitária gerada pela pandemia da COVID19 e que o ano de 2021 encontra-se em curso e também sobre a influência da pandemia da COVID 19, explicando a relativa queda das publicações indicada nestes anos.

A análise dos dados obtidos na base de pesquisa Scopus indicou um número total de 237 publicações compreendidas entre janeiro de 1996 e junho de 2021, excluindo os trabalhos que tratam de revisões acadêmicas. Baseado nestes 237 trabalhos verificou-se que o país com maior número de publicações é a Índia, com 48 trabalhos, seguida pela China e Estados Unidos da América, com 23 e 19 publicações, respectivamente. Além disso, o Brasil aparece na oitava posição com 11 publicações ao todo.

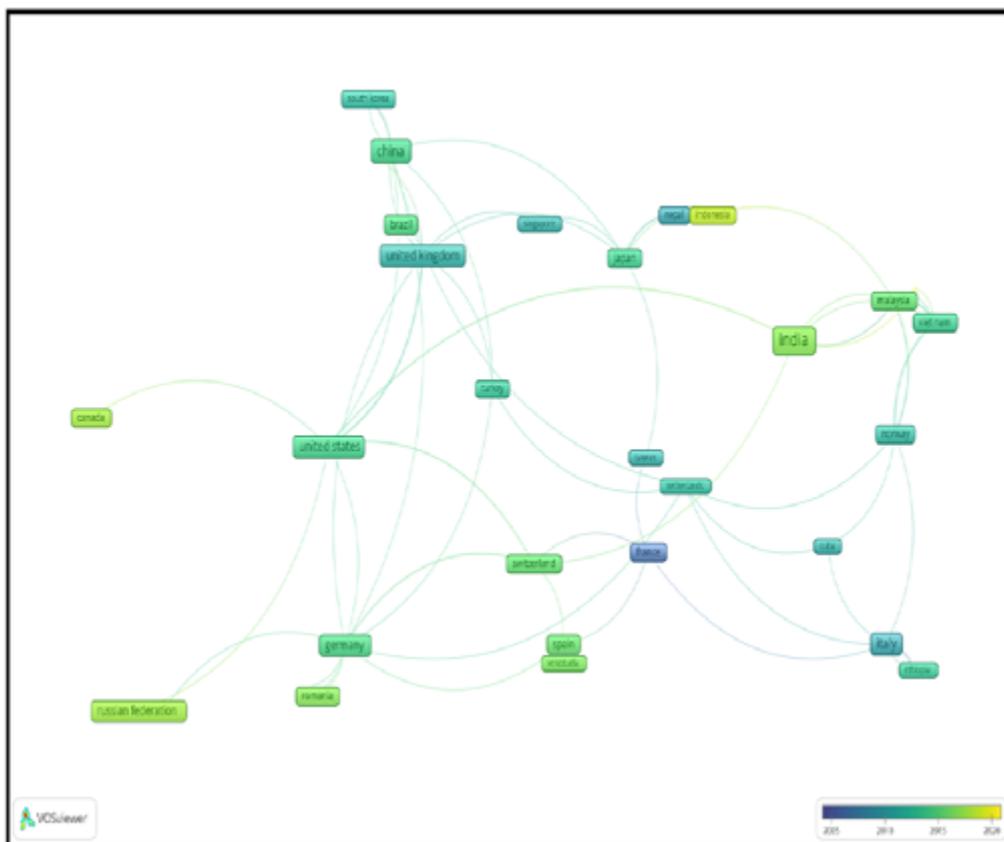
Adicionalmente à análise dos países de origem dos trabalhos foi possível, por meio do software *VOSviewer*, identificar as principais redes de ligação entre os trabalhos, tanto com relação aos países de origem, quanto à autoria destas



publicações. Nesta análise também foi possível relacionar a idade dos trabalhos através do VOSviewer, conforme demonstrado na Figura 2. Assim, é possível discutir estes resultados indicando um certo envelhecimento das pesquisas realizadas em países europeus, como França e Itália, e uma tendência de novos trabalhos em países asiáticos, como na Índia, que além de ser o país com o maior número de publicações, também apresenta uma tendência a trabalhos mais recentes. Essa relativa renovação dos trabalhos nos países asiáticos e americanos, em detrimento de envelhecimento das pesquisas nos países europeus possivelmente seja explicada pelo maior conhecimento que países mais desenvolvidos já detém sobre movimentos gravitacionais de massa, devido a políticas públicas mais eficientes e que foram tomadas primeiramente por eles, a fim de mitigar as consequências geradas pela ocorrência de desastres naturais.

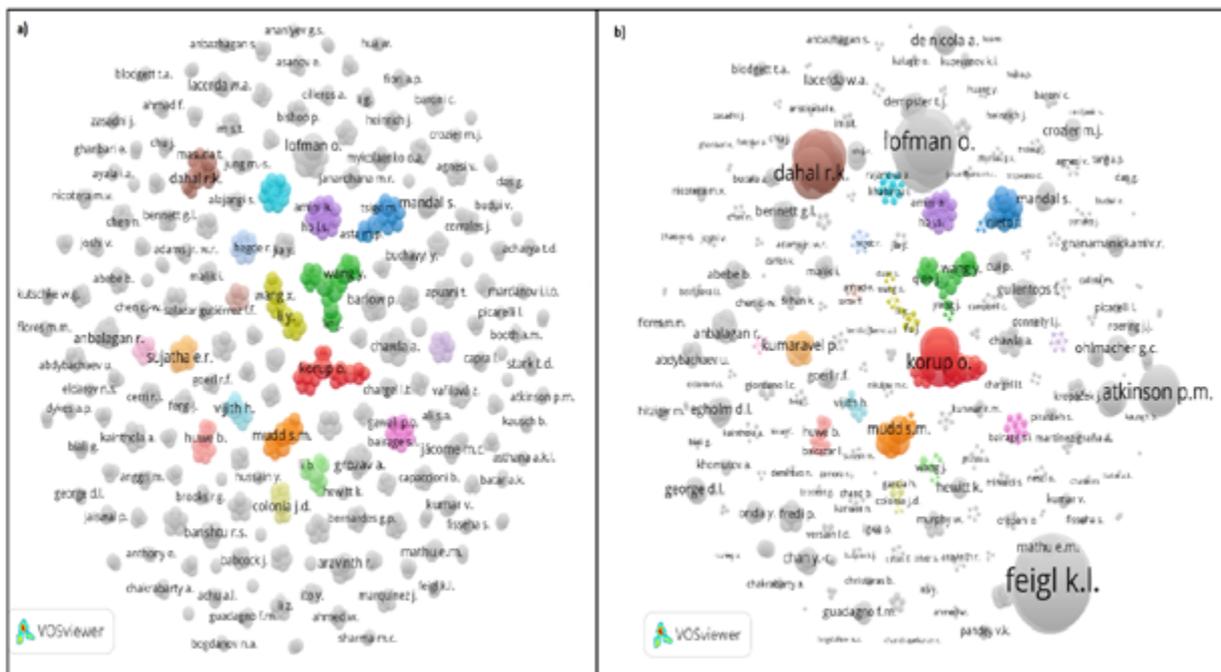
Também foram aferidos os principais autores e suas redes de publicações e citações. Estas informações são apresentadas na Figura 3, onde é possível notar que a maior rede de publicação é também a maior por citação, pertencente a Korup O., porém outros autores ganham destaque quanto a citações, como Lofman O., Dahal R.K. e Feigl K.L., indicando que estes autores, mesmo com um número de trabalhos não tão grande conseguiram destaque e relevância com suas pesquisas.

Ainda com relação às citações, avaliando a idade das publicações, nota-se que aquelas mais antigas tendem a ter um número maior de citações, o que é facilmente compreendido, pois as mais recentes tiveram menos tempo para serem analisadas e citadas por outros autores. Isto é importante na análise para evitar que trabalhos com poucas citações sejam desqualificados única e exclusivamente por este indicador. Daí a necessidade de uma análise conjunta dos dados para se obter resultados confiáveis a respeito da qualificação dos trabalhos avaliados.



**Figura 2:** Principais redes de publicações conjuntas entre países, segundo a idade das publicações.

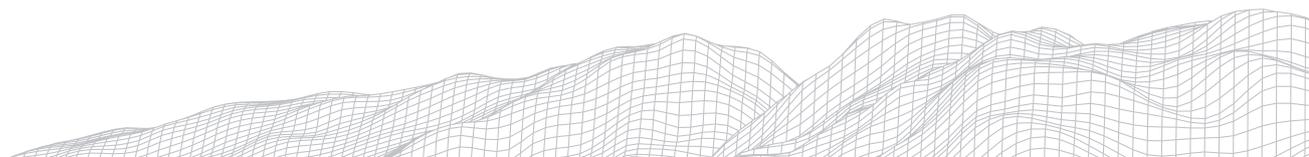
Após essa avaliação preliminar dos 237 trabalhos encontrados na base da Scopus optou-se por analisar aqueles que foram selecionados conforme os critérios descritos por Dybå e Dingsøyr (2008). Desta forma, foram selecionados 37 trabalhos através da leitura e interpretação dos títulos dos trabalhos e, na sequência, foram reduzidas e selecionadas 17 publicações através da leitura completa dos resumos. Nesta etapa de análise qualitativa, a leitura não se ateve de forma rígida apenas aos títulos e/ou resumos. Muitos destes trabalhos tiveram o seu conteúdo analisado de maneira mais criteriosa, buscando um melhor entendimento e uma classificação mais aprimorada destes, evitando que bons trabalhos fossem excluídos. Ressalte-se que os trabalhos deixados de fora desta lista poderão vir a incorporá-la no futuro, caso a pesquisa disponha de tempo e necessite de mais informações. Assim, no Quadro 1 são apresentadas as 17 publicações selecionadas, sendo estas as de maior relevância e que estão em melhor harmonia com a pesquisa aqui proposta.



**Figura 3:** a) Rede de autores por publicações e b) por citações.  
Fonte: Scopus

Esses trabalhos puderam ser analisados de maneira mais criteriosa através da leitura completa dos mesmos, além de análises realizadas através da utilização dos softwares VOSviewer e Mendeley. Com a utilização do VOSviewer foi possível estabelecer as mesmas análises anteriormente realizados com os 237 trabalhos obtidos na base da Scopus, mas agora contando apenas com os 17 selecionados. Assim, a Figura 4 apresenta o gráfico com a intensidade de citações por autor dentre os 17 trabalhos listados no Quadro 1.

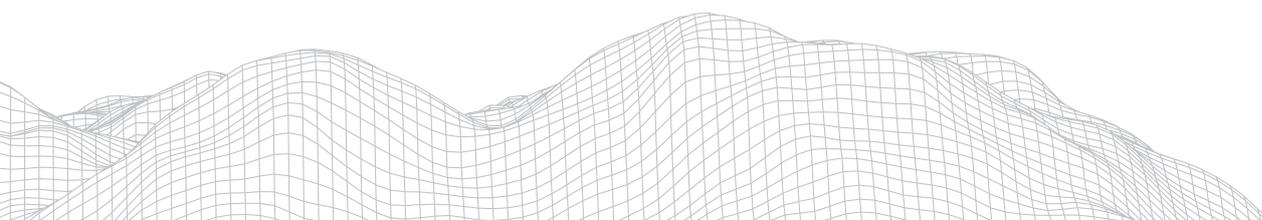
A análise da Figura 4 mostra que o mesmo autor (Korup O.), que apresentava o maior número de publicações entre os 237 trabalhos obtidos na base da Scopus, teve um trabalho selecionado entre os 17 mais interessantes à pesquisa. Desta forma, fica evidente que a análise obtida previamente na Figura 3 já indicava aquelas que seriam as publicações esperadas como mais interessantes.



### QUADRO 1

Relação dos trabalhos selecionados, com destaque àqueles de maior relevância

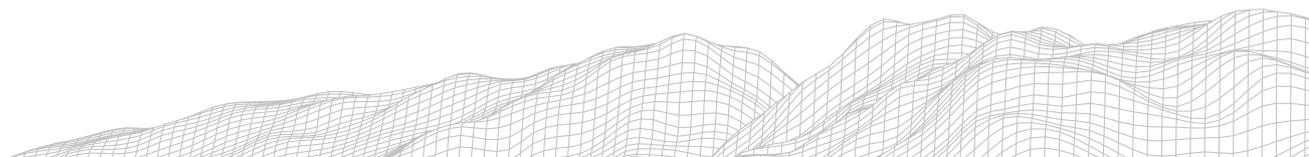
Artigo	Autores	País	Periódico	Impact Score**	Ano	Instituição
Evaluating pedogenesis and soil Atterberg limits for inducing landslides in the Western Ghats, Idukki District of Kerala, South India	Lalitha, M; Kumar, K S A; Nair, K M; Dharumarajan, S; Koyal, A; handal, S; Kaliraj, S; Hegde, R.	Índia	Natural Hazards	3,01	2021	ICAR - National Bureau of Soil Survey and Land Use Planning
Deer mountain case study: Integration of pipe and ground monitoring data with historical information to develop a landslide management plan	Babcock, J; Dewar, D; Webster, J; Lich, T.	Canadá	Proceedings of the Biennial International Pipeline Conference, IPC *		2020	Pembina Pipeline Corporation
Combination of decisive properties of soil in science and geotechnics	Gerber, W.	Alemanha	Springer Series in Geomechanics and Geoengineering	0,21	2019	Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL
Finite element modelling of a series of ground displacement episodes and stress relief procedures	Karimian, H; Barlow, P; Blackwell, C; Campbell, C.	Canadá	ASME-ARPEL 2019 International Pipeline Geotechnical Conference, IPG 2019 *		2019	BGC Engineering Inc.
Research concerning the improvement of the characteristics of soils affected by landslide	Biali, G; Cojocar, P; Schneider, P.	Alemanha	International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM	0,26	2019	Technical University Gheorghe Asachi Iasi
Geotechnical Characterization and Failure Mechanism of Landslide in Granite Residual Soil	Coutinho, R Q; Silva, M M; Santos, A N D; Lacerda, W A.	Brasil	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering	3,66	2019	Dept. of Civil Engineering, Federal Univ. of Pernambuco
Variability in soil physical properties in landslide-prone áreas	Fonseca, L D M; Lani, J L; Filho, E I F; dos Santos, G R; Ferreira, W P M; Trancoso Santos, A M R.	Brasil	Acta Scientiarum - Agronomy	1,23	2017	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Landslide: Mineralogical and Physical Investigation	Tudor, V; Grozav, A; Rogobete, G.	Alemanha	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering *		2017	Politehnica University Timisoara, Hydrotechnical Engineering Department
Analyzing rainfall-induced mass movements in Taiwan using the soil water index	Chen, C.-W.; Saito, H; Oguchi, T.	Japão	Landslides	5,72	2017	Center for Spatial Information Science, University of Tokyo



Mapping earthflows and earthflow complexes using topographic indicators	Rogers, J D; Chung, J.-W.	Alemanha	Engineering Geology	6,67	2016	Dept. of Geosciences and Geological and Petroleum Engineering, Missouri University of Science and Technology
What do yellowish-brown soils and stone layers tell us about Late Quaternary landscape evolution and soil development in the humid tropics? A field study in the Serra dos Órgãos, Southeast Brazil	Nehren, U; Kirchner, A; Heinrich, J.	Alemanha	Catena	5,25	2016	Technology Arts Sciences TH Köln, Institute for Technology and Resources Management in the Tropics and Subtropics (ITT)
Geomorphic appraisal of landslides on the windward slope of Western Ghats, southern India	Sajinkumar, K S; Anbazhagan, S.	Índia	Natural Hazards	3,01	2015	Department of Geology, University of Kerala
Comparison of three supervised learning methods for digital soil mapping: Application to a complex terrain in the Ecuadorian Andes	Hitziger, M; Ließ, M.	Alemanha	Applied and Environmental Soil Science	2,00	2014	Natural and Social Science Interface Group, Department of Environmental Systems Science, ETH Zürich
Quantifying the morphology of flow patterns in landslide-affected and unaffected soils	Bogner, C; Bauer, F; Trancón y Widemann, B; Viñan, P; Balcazar, L; Huwe, B.	Alemanha	Journal of Hydrology	5,76	2014	Ecological Modelling, BayCEER, University of Bayreuth
Landslide erosion controlled by hillslope material	Larsen, I J; Montgomery, D R; Korup, O.	Alemanha	Nature Geoscience	10,14	2010	Department of Earth and Space Sciences, Quaternary Research Center, University of Washington
Landslide initiation in saprolite and colluvium in southern Brazil: Field and laboratory observations	Lacerda, W A.	Brasil	Geomorphology	3,91	2007	Civil Engineering Program, COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa, UFRJ - Federal University of Rio de Janeiro
Control of soil properties on the Scottish debris flow geohazard and implications of projected climate change	Milne, F D; Davies, M C R.	Reino Unido	Landslides and Climate Change: Challenges and Solutions - Proceedings of the International Conference on Landslides and Climate Change		2007	Division of Civil Engineering, University of Dundee

\* Publicações em congressos e conferências.

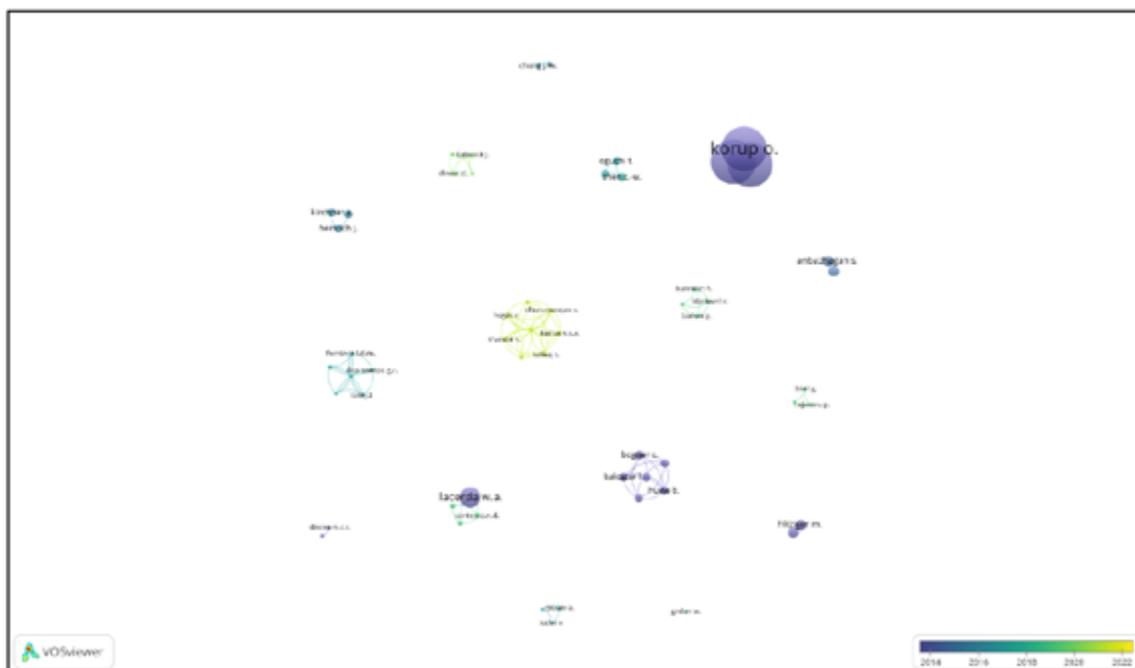
\*\* IS baseado na Scopus.



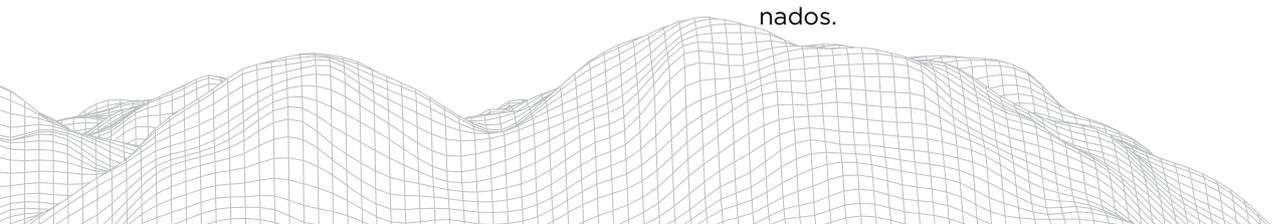
Outra análise comparativa que é possível realizar diz respeito aos países de origem das publicações. Porém, neste caso houve uma inversão, com a Alemanha sendo a origem do maior número de publicações, conforme Quadro 1, ao passo que o Brasil se mostrou, novamente, bem representado, com 3 publicações.

A Figura 4, nos dá ainda, a possibilidade de avaliar que os trabalhos selecionados não possuem relação entre si em eventuais redes que se cruzem. Essa informação é importante por mostrar que pesquisas independentes abordam o mesmo tema. Essa conjuntura é interessante por permitir a análise de trabalhos realizados por autores que não estão interligados em seus estudos, mostrando aspectos e abordagens diferentes sobre o mesmo tema, permitindo, após a análise mais aprofundada das publicações, avaliar os resultados obtidos e a concordância ou não destes. Esta mesma análise é comprovada quando se avalia no Quadro 1 as instituições as quais pertencem os autores principais, pois em nenhum dos 17 trabalhos selecionados há repetição das instituições de pesquisas, comprovando a independência das publicações sugerida na Figura 4.

Por fim, ainda no âmbito qualitativo, todas as publicações foram avaliadas com relação ao impacto dos seus periódicos de publicação. Esta análise também é apresentada no Quadro 1, onde foi possível notar que dos dezessete trabalhos, quatro foram apresentados em congressos e conferências e por isso não possuem fator de impacto, enquanto os treze trabalhos restantes tiveram suas publicações avaliadas quanto ao fator de impacto, tendo nove (em destaque no Quadro 1) delas score maior que 2,500 no *Journal Citation Reports (JCR)* da Web of Science, o que pode ser considerado um valor interessante, pois segundo a Capes - Qualis, o estrato A2 equivale ao fator de impacto superior a 2,500. Desta forma, e segundo a Capes, seriam seis publicações com fator de impacto equivalente ao estrato A1 (superior a 3,800) e outros três trabalhos com fator de impacto A2 (entre 2,500 e 3,799), indicando boa qualidade dos trabalhos. Além da avaliação do score, é nítida a relevância dos periódicos onde estes trabalhos foram publicados, estando a maioria deles entre aqueles de grande reconhecimento no meio acadêmico internacional.



**Figura 4:** Gráfico de intensidade de citações por autores, dentro dos autores dos 17 trabalhos selecionados.



#### 4. Considerações finais

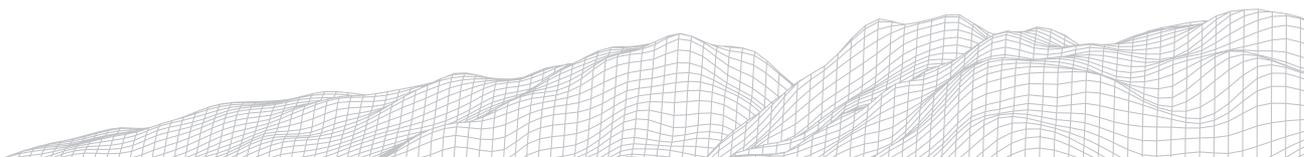
Este trabalho teve como objetivo orientar a pesquisa e tornar possível a análise de trabalhos existentes a respeito do tema proposto. Nesta conjuntura se mostrou de grande valor a metodologia apresentada, onde foi possível obter as publicações que melhor atendiam às necessidades impostas. Assim, através das várias análises realizadas foi possível avaliar, primeiro quantitativamente, as publicações existentes em duas bases de dados bastante influentes, a saber: Scopus e Web of Science, e na sequência, proceder uma análise qualitativa dos trabalhos disponíveis naquela base selecionada (Scopus).

Desta forma, foi avaliado qualitativamente, através da comparação dos autores mais citados e do fator de impacto dos periódicos nos quais eles foram publicados. Esta análise forneceu bons resultados, mostrando que, aproximadamente, dois terços dos trabalhos qualificados apresentam score considerado adequado, ou seja, acima de 3,000. Porém, não é possível dizer que exista publicações que tenham grande destaque sobre as demais, pois os dezessete trabalhos selecionados mostraram boa relação ao tema proposto. São trabalhos oriundos de instituições de pesquisas renomadas e provenientes de países que, no geral, estão entre os que mais produziram trabalhos científicos na área. A revisão bibliométrica também indicou que trabalhos referentes a autores com grande número de citações estavam entre os selecionados e que estes autores ao não estarem ligados em redes de coautoria, devem apresentar uma independência de pensamentos que, por sua vez, enriquece o debate. Assim, a revisão bibliométrica indica, além de selecionar trabalhos de interesse, um caminho para novas buscas de trabalhos. Este caminho perfaz autores com grande número de publicações e citações, mostrando o envolvimento deles ao tema. Mostra países como referência nos estudos, onde Índia, China, EUA, Alemanha e Brasil se destacam.

Com isso, conclui-se que revisões bibliométricas condicionam um caminho objetivo para a pesquisa acadêmica. Fornece, de forma metodológica, informações quantitativas e qualitativas a respeito dos estudos realizados, perfazendo uma ferramenta importante e de qualidade para a pesquisa acadêmica. Além disso, é uma ferramenta ampla e que permite inúmeras análises e avaliações, muito além das que foram apresentadas neste trabalho.

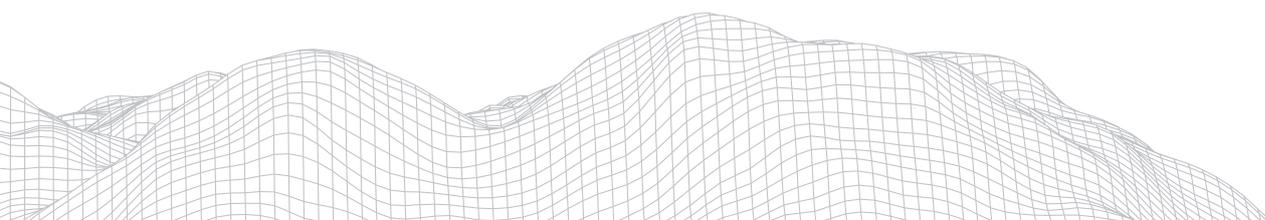
#### Agradecimentos

Registram-se os agradecimentos à Unicamp e ao Serviço Geológico do Brasil - CPRM pela viabilização deste trabalho. FSBL agradece a bolsa produtividade em pesquisa CNPq (#307951/2018-9).



## Referências

- Anjos, L. H. *et al.* **Landscape and pedogenesis of na Oxisol-Inceptisol-Ultisol sequence in Southeastern Brazil.** Soil Science Society of America Journal, v. 62, p. 1651-1658, 1998.
- Bitar, O.Y. (Coord.). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações-1:25.000: Nota Técnica Explicativa.** São Paulo, SP: IPT; Brasília, DF: CPRM, 2014 (Publicação IPT 3016).
- Caputo, H. P. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações.** Rio de Janeiro (RJ): LTC, 4ª edição, 1996.
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.** WEBQUALIS CAPES. Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>>. Acesso em junho de 2021.
- Demo, G., Oliveira, A. F., & Costa, A. C. (2017). Resiliência no trabalho: Revisão bibliométrica sistemática no contexto **brasileiro e itinerários da produção nacional.** Revista Psicologia: Organizações e Trabalho, 17(3), 180-189. doi: 10.17652/rpot/2017.3.12973.
- Dybå, T., & Dingsøyr, T. **Strength of evidence in Systematic Reviews in software engineering.** Proceedings of the Second ACM-IEEE international symposium on Empirical software engineering and measurement. Empirical Software Engineering and Measurement - ESEM'08, 178-187, 2008.
- Junior, C. M. *et al.* **As leis da Bibliometria em diferentes Bases de dados Científicos.** Revista de Ciências da Administração, v. 18, n. 44, p. 111-123, 2016.
- Scopus; <https://www.scopus.com>; acesso em 15 de junho de 2021.
- Souza, M. T. S. de; Ribeiro, H. C. M. **Sustentabilidade ambiental: uma meta-análise da produção brasileira em periódicos de administração.** Revista de Administração Contemporânea, v. 17, n. 3, p. 368-396, 2013.
- Web of Science; <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>; acesso em 15 de junho de 2021.



# TAXA DE MOBILIDADE DA LINHA DE COSTA DO LITORAL NORTE DO ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL

1116

*Christianne Maria da Silva Moura*

*Universidade Federal da Paraíba*

*Campus I - Lot. Cidade Universitária, PB, 58051-900*

*E-mail: cms@academico.ufpb.com*

*Maressa Oliveira Lopes Araújo*

*Universidade Federal da Paraíba*

*Campus I - Lot. Cidade Universitária, PB, 58051-900*

*E-mail: maressalopes49@gmail.com*

*Tatiana dos Santos Silva*

*Universidade Federal da Paraíba*

*Campus I - Lot. Cidade Universitária, PB, 58051-900*

*E-mail: annetatiana@hotmail.com*

*Diandra Soares de Araujo*

*Universidade Federal da Paraíba*

*Campus I - Lot. Cidade Universitária, PB, 58051-900*

*E-mail: diandra.soares@hotmail.com*

*Nadja Cecília de Freitas Silva*

*Universidade Federal da Paraíba*

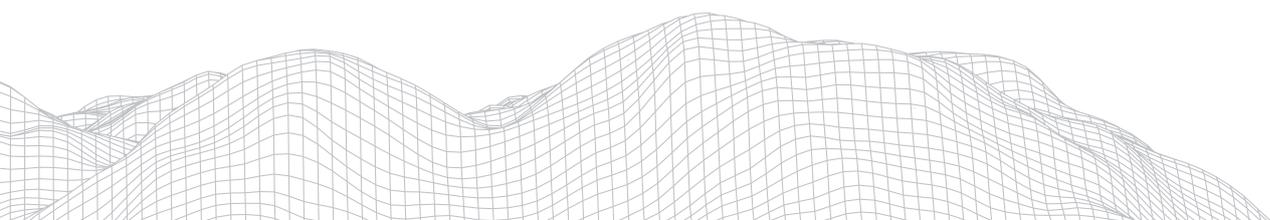
*Campus I - Lot. Cidade Universitária, PB, 58051-900*

*E-mail: nadja.cecilia@gmail.com*

### Resumo

O litoral da Paraíba possui cerca de 140 km de extensão de linha de costa e é composto, especificamente em sua porção norte, que é objeto deste estudo, pelos municípios de Mataraca, Rio Tinto, Baía da Traição, Marcação e Lucena. O objetivo é apresentar as taxas de variação da linha de costa do litoral norte paraibano. Para isso, foi realizada uma análise dos dados obtidos através da plataforma Aqua-Monitor, para um período de 32 anos, considerando as variações de linha de costa, entre os anos de 1984 e 2016. A plataforma contribui sinalizando as praias que possuem tendência à acreção, erosão ou estabilidade da linha de costa, com base na classificação de Esteves e Finkl (1998), adaptada por Luijendijk *et al.* (2018). As praias da área de estudo foram classificadas com tendência à acreção, à estabilidade, e à erosão da linha de costa. Os resultados apontaram que 45,9% das localidades analisadas apresentaram estabilidade sedimentar, 39,6% apresentaram acreção e 14,4% apresentaram tendência ao recuo da linha de costa.

**Palavras-chave:** Erosão costeira; Litoral Norte da Paraíba; Linha de costa



## Introdução

As zonas costeiras constituem uma das zonas terrestres mais povoadas e desenvolvidas do mundo, e podem ser consideradas uma das áreas de maior produtividade biológica do planeta. Historicamente, as atividades econômicas globais concentram-se na costa, onde se estabeleceu uma elevada quantidade e diversidade de usos. Esses usos incluem áreas de atividade petrolífera (extração e refino), portuária, agrícola e agroindustrial, pecuária, pesqueira, de aquicultura, extração mineral e vegetal, reflorestamento, exploração de salinas, de turismo, recreação e veraneio, entre tantas outras (LUIJENDIJK, 2018).

No Brasil, cerca de 26,6% da população reside em municípios da zona costeira e este fator está relacionado ao processo de ocupação do território (IBGE, 2010). Desta forma, devido ao processo acelerado de urbanização e das atividades econômicas na zona costeira, a ação antrópica vem desencadeando diversos problemas de impacto e degradação ambiental, à exemplo da intensificação da erosão costeira.

De acordo com o Guia de Diretrizes de Prevenção e Proteção à Erosão Costeira (BRASIL, 2018), “a intensa urbanização em direção à linha de costa vem causando alterações no litoral brasileiro, sobretudo seu deslocamento sobre o ambiente praias”.

É notável o desequilíbrio desse ambiente, com aumento nas taxas de erosão ao longo da costa, o que evidencia a perda de espaço físico para desenvolvimento das atividades econômicas e sociais (BRASIL, 2018).

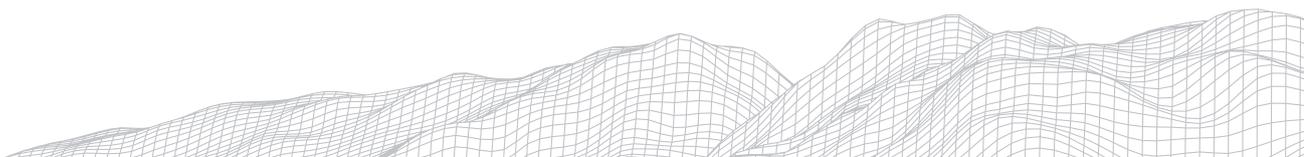
O aumento da erosão marinha é perceptível principalmente nas zonas urbanas e regiões metropolitanas, pela perda social e dos investimentos financeiros públicos e privados nestas áreas. (BRASIL, 2018, pág. 15).

A erosão costeira é um dos principais responsáveis pelos impactos que ocorrem na zona costeira, além de ocasionar problemas à praia, aos ambientes naturais, assim como, aos ambientes de uso da população, como estradas, casas e quiosques.

Dessa forma, Souza et al., 2005; Souza, 2009, destacam alguns problemas decorrentes da erosão, entre estes destacamos: a) redução na largura da praia e retrogradação ou recuo da linha de costa; b) desaparecimento da zona de pós-praia; c) aumento na frequência e magnitude de inundações costeiras; d) perda de propriedades e bens públicos e privados ao longo da linha de costa; e) destruição de estruturas artificiais paralelas e transversais à linha de costa; f) perda do valor imobiliário de habitações costeiras e do valor paisagístico da praia; g) comprometimento do potencial turístico da região costeira; h) prejuízos nas atividades socioeconômicas da região costeira; i) artificialização da linha de costa devido à construção de obras costeiras; e j) gastos com a recuperação de praias.

Segundo Dominguez *et al.* (2016, p.231), o litoral da Paraíba está situado em uma região do Brasil caracterizada por uma tendência de longo prazo para erosão da linha de costa. A quase ausência de terraços marinhos do Holoceno e do Pleistoceno, ao longo da zona costeira, é apontada como principal evidência para esta tendência de longo prazo para a erosão.

Nas últimas décadas, o litoral paraibano apresentou um crescimento populacional significativo, com conseqüente crescimento imobiliário, decorrente do desenvolvimento do turismo e abertura de novas estradas, possibilitando o acesso a áreas antes pouco habitadas. De acordo com o IBGE (2010), a população residente nos municípios costeiros da Paraíba corresponde a 3.766.528 habitantes.



Segundo Moura e Pereira (2020), na Paraíba, aproximadamente 24% da população do estado reside em nove municípios costeiros defrontantes com o mar que podem ou não estar em risco à erosão costeira, porém, até o momento não se tem o mapeamento, monitoramento e classificação desses indicadores ao longo de suas linhas de costa.

Assim, o desenvolvimento de pesquisas como essa que é apresentada revela um esforço em mapear áreas vulneráveis à riscos à erosão costeira ao longo do litoral do estado da Paraíba.

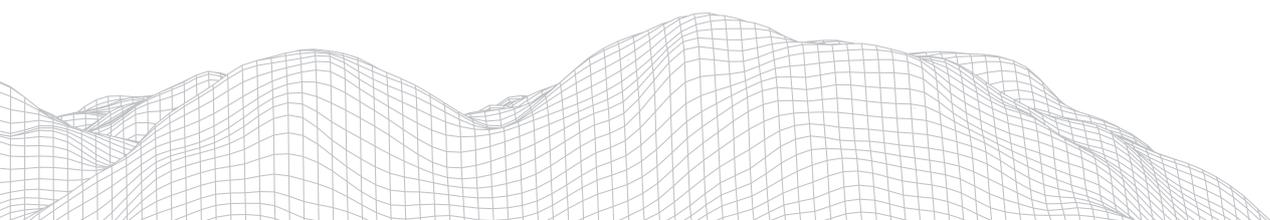
De acordo com o “Panorama da Erosão Costeira no Brasil” (DOMINGUEZ *et al.* 2018, pág. 11) “é nosso objetivo chamar atenção para o estado de transição climática que estamos vivenciando onde se destacam... a taxa de elevação do nível do mar dos atuais 3 cm/década para 6 a 12 cm/década, chegando até o final do século a um aumento absoluto previsto de 50 a 100 cm”. Segundo o Programa Nacional de Conservação da Linha de Costa (PROCOSTA/MMA) o litoral do Brasil chega a apresentar aproximadamente 40% das praias em processos erosivos (BRASIL, 2018).

É necessário desde já atentarmos para que em algum momento as nossas praias poderão perder a sua capacidade de resiliência a um provável aumento da intensidade dos processos costeiros, assim como, é necessário também entender que quanto mais cedo pudermos comprovar essas mudanças, maior será a capacidade de enfrentamento dos “problemas” decorrentes, bem como, propor estratégias de adaptação, frente à população diretamente afetada e reconhecidamente mais vulnerável.

Dominguez *et al.* (2018) apresentaram uma síntese do comportamento da linha de costa do estado da Paraíba buscando destacar trechos onde a dinâmica local pode significativamente alterar a posição da linha de costa em períodos curtos de tempo. Conforme os autores, a linha de costa paraibana, embora exiba baixa mobilidade, ainda assim está vulnerável a pequenas variações decorrentes por exemplo de mudanças no clima de ondas local, associadas ou não a uma possível elevação do nível do mar decorrente de mudanças climáticas previstas.

Neves *et al.* (2006) enquadraram as praias arenosas do litoral da Paraíba em quatro categorias (1) linhas de costa em erosão (2) linhas de costa em equilíbrio (3) linhas de costa em progradação e (4) linhas de costa estabilizadas por obras de engenharia. Deste modo, esses autores concluíram que dos 140 km de praias do litoral da Paraíba, cerca de 42% experimentam recuo da linha de costa, 33% experimentam progradação, 21% encontram-se em equilíbrio, e 4% estão estabilizados por obras de engenharia. Neves *et al.* (2006) destacam ainda os seguintes fatores como responsáveis pelos resultados apontados durante a pesquisa: concentração de energia de ondas devido ao fenômeno de refração em feições morfológicas submersas, ocupação desordenada da zona costeira, e retenção de sedimentos fluviais devido à construção de barragens.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é apresentar as taxas de variação de linha de costa do litoral norte paraibano, entre 1984 e 2016. Para tanto, ressaltamos que nenhum dado isolado pode explicar facilmente as tendências à erosão e/ou à acreção ao longo da área de estudo, em qualquer praia em particular. No entanto, os dados apresentados poderão contribuir na identificação de fatores naturais e antrópicos, e servir de ponto de partida para estudos mais aprofundados nesta região.



## 2. Área de estudo

O litoral da Paraíba compreende aproximadamente 140 km de linha de costa. Ao longo deste estão 68 praias, localizadas ao longo de nove municípios defrontantes com o mar, conforme apresentado (figura 1).

A área de estudo está localizada no litoral norte do Estado, e compreende os municípios de Mataraca, Baía da Traição, Marcação, Rio Tinto e Lucena.



**FIGURA 1:** Municípios costeiros do estado da Paraíba.

Fonte: <https://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/item/10607>.

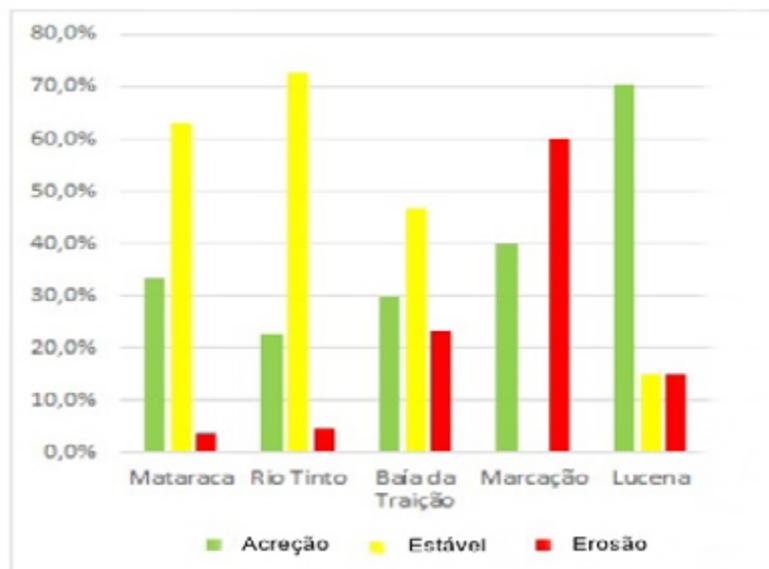
A forma de relevo que mais se destaca nesse trecho do litoral paraibano são as planícies costeiras interrompida por falésias, estando presente desde a praia do Forte até a praia de Barra de Camaratuba, trecho norte do litoral de Baía da Traição. Nas praias, as formas geométricas predominantes são de enseadas e pontas em forma de cúspides, ora interrompidos pelo avanço dos Baixos Planaltos Costeiros até o mar; ora pelas residências que bordejam a praia. A formação recifal (*beach rocks*) é observada em forma paralela à linha de costa da área de estudo, formando um alinhamento sul-norte.

No que tange à ocupação antrópica, destacamos o litoral de Baía da Traição, que assim como o litoral paraibano, passou por um processo de acentuação de adensamento urbano no mesmo período que o nordeste brasileiro, por volta da década de 70 do século passado. Assim como na maioria das cidades brasileiras o uso e ocupação do solo da área em estudo se deu de forma desordenada, sendo esse um problema que persiste até os dias atuais.

### 3. Metodologia

A primeira etapa do trabalho consistiu no levantamento de dados referentes à taxa média de variação de linha costa paraibana, a partir da plataforma “Aqua-Monitor” (disponível em: <https://aqua-monitor.appspot.com/>) para um período de 32 anos (1984 a 2016). A referida plataforma disponibiliza dados de variação de linha de costa a longo prazo, a cada 500 metros, ao longo das praias arenosas do mundo, com base nos resultados apresentados por Luijendijk *et al.* (2018).

Para cada transecto obtido ao longo da linha de costa é possível visualizar através de um gráfico, além de outras informações, a taxa média de variação de linha de costa em metros/ano (Figura 2).

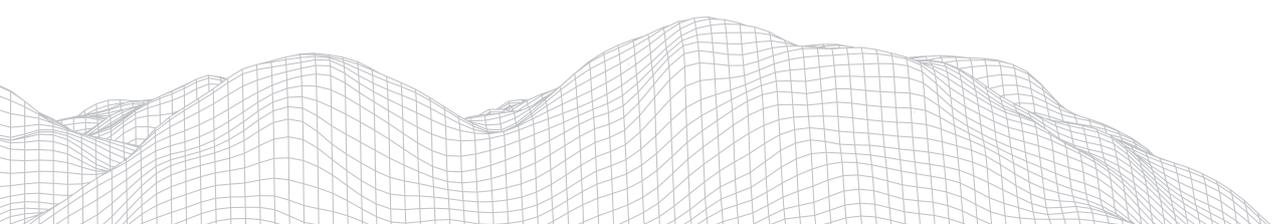


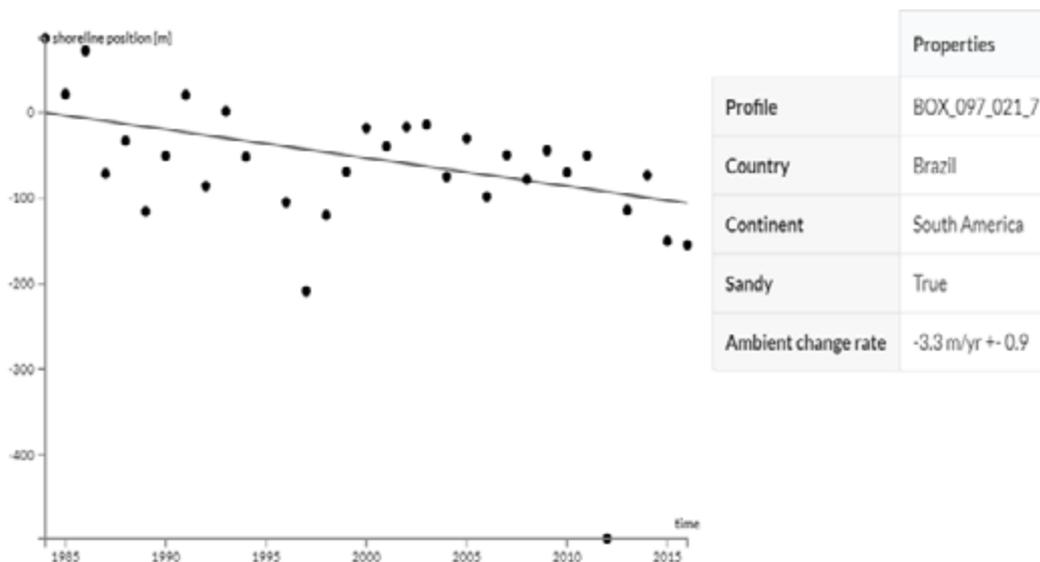
**FIGURA 3:** Variação da linha de costa por município do litoral norte da Paraíba, de 1984 a 2016.

Org. autores, 2021.

Na plataforma também é possível visualizar cada transecto que está representado por linhas de coloração diferenciadas, que evidenciam as tendências à acreção, erosão ou estabilidade, naquela localidade.

Com base nessas ferramentas, foram coletadas as taxas de variação da linha de costa para as praias do litoral norte paraibano. Esses dados foram posteriormente organizados em planilha eletrônica, e foi possível elaborar gráficos, a fim de agrupar as informações coletadas e classificar as linhas de costa como proposto por Esteves e Finkl (1998), adaptado por Luijendijk *et al.* (2018).





**FIGURA 2:** Gráfico e dados fornecidos pela Plataforma Aqua Monitor. Nesse exemplo os dados revelam tendência ao recuo de linha de costa com taxa maior que -3,0 m/ano entre 1986 e 2016.

Fonte: <https://aqua-monitor.appspot.com/>

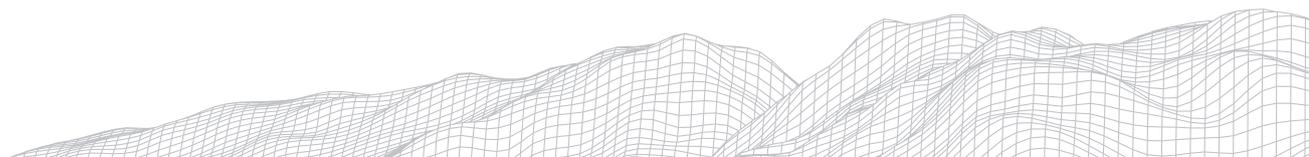
No total foram identificados 111 transectos praias (TP), ao longo da área de estudo, com espaçamento de 500 metros entre eles, distribuídos da seguinte forma, considerando a linha de costa dos municípios, de norte para sul: em Mataraca (TP1 a TP27), Baía da Traição (TP28 a TP57), Marcação (TP58 a TP62), Rio Tinto (TP63 a TP84) e Lucena (TP85 a TP111).

A etapa seguinte consistiu na classificação das praias da área de estudo conforme metodologia proposta por Esteves e Finkl (1998), adaptada por Luijendijk et al. (2018). De acordo com essa classificação as praias podem apresentar: acreção, quando a taxa for acima de 0,5 m/ano, estabilidade, quando a taxa estiver entre -0,5 e 0,5 m/ano, e erosão, quando a taxa for superior a -0,5 m/ano, podendo ainda ser classificada como: erosão intensa (entre -3,0 e -1,0 m/ano), erosão severa (entre -5,0 e -3,0 m/ano) e erosão extrema (acima de -5 m/ano).

#### 4. Resultados e discussões

A partir dos 111 transectos praias, foram obtidos os seguintes resultados: 39,63% das localidades foram classificadas como áreas em acreção, 45,94% estáveis, e cerca de 14,4% foram classificadas com recuo de linha de costa, acima de -0,5 m/ano, destes 8,1% foram considerados com tendência à erosão, 3,6% à erosão intensa, 1,8% à erosão severa, e 0,9% à erosão extrema.

A partir desses dados mais gerais, percebeu-se a necessidade de realizar uma análise mais detalhada, considerando as variações de linha de costa por município costeiro do estado, dando ênfase às localidades que apresentaram tendência erosiva no período considerado e que estão localizados no litoral norte do estado da Paraíba (Figura 3).



#### 4.1 Mataraca

A partir dos dados coletados, e com base na classificação proposta por Luijendijk et al. (2018), foi constatado que 63% das praias de Mataraca, apresentam uma tendência a estabilidade da sua linha de costa, cerca de 33,3% tendência a acreção, e 3,7% apresentaram uma taxa de mobilidade negativa superior a -0,5 m/ano.

A elevada taxa de mobilidade positiva verificada no transecto praiial (TP27) pode ser justificada pela sua proximidade à foz do rio Camaratuba, o que pode ter colaborado com a acreção sedimentar de cerca de 8,8 m/ano, nesse trecho da linha de costa de Mataraca. Se considerarmos todo o período de dados disponibilizados pela plataforma podemos sugerir uma acreção de quase 300 metros, em 32 anos, nessa localidade.

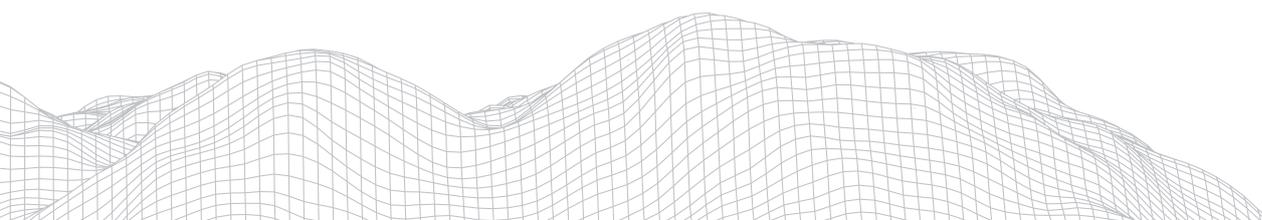
#### 4.2 Baía da Traição

Segundo Beltrão e Santos (2015) *apud*. Moura e Pereira (2020), as moradias localizadas no perímetro urbano do município, na enseada de Baía da Traição, apresentam vulnerabilidade à erosão costeira, com aproximadamente, 100 moradias e cerca de 400 pessoas ameaçadas por esse risco. Os autores destacam que o mar vem avançando nos últimos 20 anos, destruindo casas e estabelecimentos comerciais que antes ficavam a uma distância considerável do limite máximo da maré alta.

Ao longo dos 15 km de extensão de linha de costa deste município, foram coletados dados de 32 transectos praiiais, e as taxas de variação da linha de costa estão apresentadas na Figura 4.

De acordo com os dados levantados, 46,7% da linha de costa apresentou-se estável, 30,0% com acreção sedimentar, e 23,3% apresentou taxa de mobilidade negativa, sendo classificada com um percentual de 16,7% com erosão, e 6,6% com erosão severa, com taxas superiores a -3,0 metros/ano. Em alguns trechos (TP 48 e 55) a taxa de mobilidade negativa ultrapassou 90 metros, em um período de 32 anos.

Ainda sobre a erosão costeira em Baía da Traição, Moura e Pereira (2020), a partir do uso de geoindicadores de erosão costeira (identificados visualmente a partir de trabalhos de campo) 60% das praias de Baía da Traição sofrem algum efeito dos processos erosivos atuais ou pretéritos, e a grande incidência dos geoindicadores de alta intensidade à erosão costeira acentua-se principalmente em praias urbanas do município.





**FIGURA 4:** Mobilidade da linha de costa para os municípios de Mataraca e Baía da Traição - PB (1984 a 2016). Valores expressos em metros/ano.

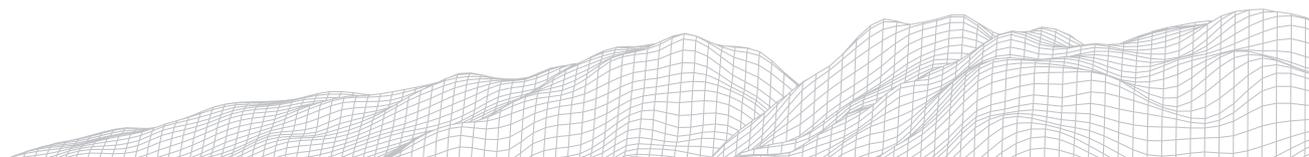
Org. autores, 2021.

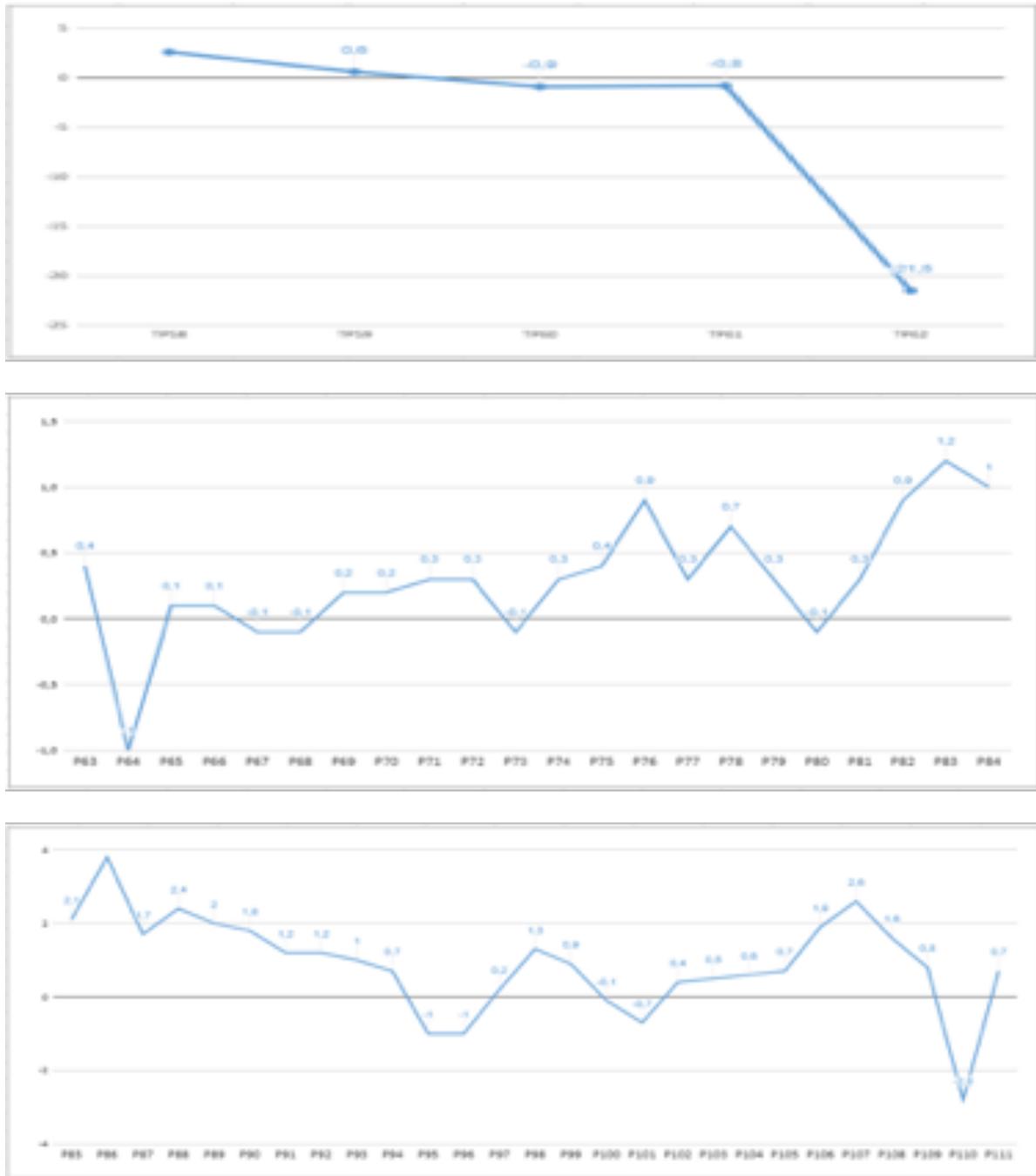
#### 4.3 Marcação

O município de Marcação apresenta uma linha de costa pequena, com aproximadamente 6 km de extensão.

Foram levantados dados de cinco transectos praias, que apresentaram grande mobilidade da linha de costa para o período analisado. As análises revelaram que aproximadamente 40% das praias do município de Marcação apresentaram recuo da linha de costa maior que -5,0 m/ano, chegando à variação de quase 30 metros, se for considerado todo o período analisado (32 anos).

Verificou-se também uma grande variação no transecto localizado no ambiente de foz do rio Mamanguape (limite sul deste município), o qual representou 20% dos dados considerados, com uma variação em torno de -21,5 m/ano.



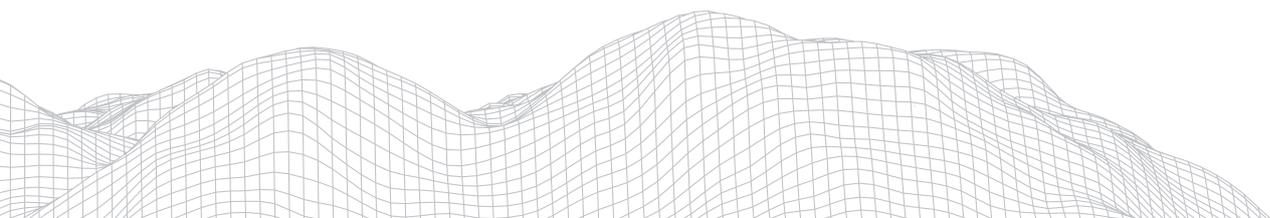


**Figura 5.** Mobilidade da linha de costa para os municípios de Marcação, Rio Tinto e Lucena. (1984 a 2016). Valores expressos em metros/ano.  
 Org. autores, 2021.

As demais localidades (40%) foram classificadas como áreas em acreção sedimentar ou progradação da linha de costa, chegando a 2,6 m/ano, o que equivale a mais de 80 metros, se for considerado todo o período dos dados.

#### 4.4 Rio Tinto

Foram considerados para esse município 22 transectos praias, ao longo de aproximadamente 11 km de linha de costa. A variação da linha de costa das praias deste município é apresentada na figura 5.



Assim como foi observado em Marcação, observou-se em Rio Tinto, em ambiente de desembocadura fluvial, uma variação de linha de costa classificada como erosão intensa com taxa média de -1,0 m/ano.

No geral, ao longo dos 32 anos de análise, as praias do município de Rio Tinto apresentaram-se estáveis (72,7%). Dessa forma, são as praias mais estáveis de toda linha de costa do litoral da Paraíba. Rio Tinto apresenta um pequeno percentual em relação à acreção sedimentar (22,7%) e, é o município que apresentou praias com a segunda menor taxa de recuo de linha de costa no estado (4,6%).

#### 4.5 Lucena

Ao longo de quase 16km de linha de costa do município de Lucena foram observados dados de 27 transectos praias. Eles apresentaram taxa de variação na linha de costa como apontado na figura 5.

De todo litoral paraibano, a praia de Lucena é a que apresenta o maior quantitativo de acreção sedimentar (70,4%). Um exemplo de maior acreção na praia de Lucena é o TP86, que obteve um total de 3.8 m/ano, o que equivale a uma acreção de 125,4 m durante os 32 anos de análise. No tocante à erosão, esta praia não apresentou um grande processo erosivo. Foi quantificado apenas quatro pontos com tendência ao recuo da linha de costa, sendo um trecho caracterizado com erosão (3,7%) e três localidades classificadas com erosão intensa (11,1%). As demais localidades foram classificadas como estáveis.

### 5. Considerações Finais

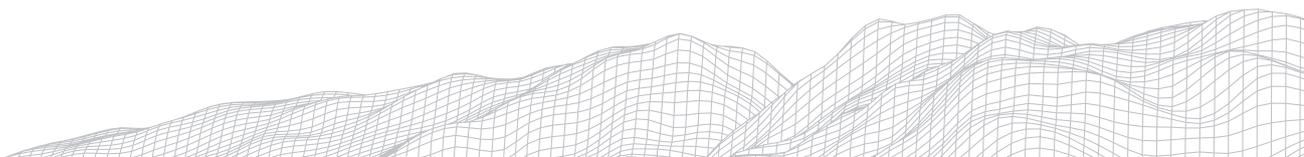
Para o litoral norte da Paraíba, 45,9% dos transectos praias analisados apresentaram estabilidade sedimentar, seguido de acreção da linha de costa, que totalizou 39,6%. Quanto as taxas de recuo de linha de costa, os dados revelaram que apenas 14,4%, ou seja, 16 localidades foram classificadas com tendência ao recuo, com valor acima de -0.5 m/ano.

Podemos concluir, com base no levantamento realizado, que predomina no litoral norte do estado, praias classificadas com tendência à estabilidade, predominância de acreção, no município de Lucena, e maior tendência ao recuo nos municípios de Baía da Traição e Marcação.

Os resultados obtidos para as localidades do município de Baía da Traição, corroboram com os resultados obtidos recentemente por Moura e Pereira (2020).

Através da metodologia aplicada, concluiu-se que, de fato há um processo contínuo de recuo de linha costa (de longo prazo), com destaque para o município de Baía da Traição. Dessa forma, tanto o uso dos geoindicadores de erosão costeira, utilizados recentemente em pesquisa por Moura e Pereira (2020), quanto os dados obtidos a partir da ferramenta Aqua Monitor, utilizada nessa pesquisa, mostraram-se como eficientes para darmos continuidade às pesquisas nessa área afim de determinar aspectos da vulnerabilidade da linha de costa paraibana.

Em função de entre as áreas estudadas, o segmento referente às praias do município de Baía da Traição sofrerem de forma mais severa com o processo erosivo, na região costeira norte do estado, as pesquisas, nessa área, estão sendo intensificadas pois a situação revelada já demonstra a necessidade urgente da elaboração de um plano de gerenciamento principalmente em pontos críticos da zona urbana do município, onde é comum a convivência da população com sérios danos em relação a imóveis, construções e obras públicas.



Apesar de esse estudo não identificar as causas da erosão costeira, nas referidas localidades, os resultados encontrados podem ser considerados iniciais para pesquisas futuras, uma vez que servem como subsídio para uma análise mais detalhada das praias do litoral norte da Paraíba. A intenção é que este estudo seja continuado confrontando os dados levantados até aqui, com os dados que serão levantados a partir de outras ferramentas que também permitam a quantificação das taxas de mobilidade da linha de costa.

### Agradecimentos

Agradecimento ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica, e a todos os colaboradores que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba.

### Referências

BRASIL. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. DOMINGUEZ, J. L. D. *et al.* Paraíba. In: MUEHE, D. (Org.) Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/329247970\\_Panorama\\_da\\_erosao\\_costeira\\_no\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/329247970_Panorama_da_erosao_costeira_no_Brasil). Acesso em janeiro de 2021.

BRASIL. **Guia de Diretrizes de Prevenção e Proteção à Erosão Costeira**. 2018. Brasília/DF, 2018. 111 p.: il ISBN 978-85-68813-13-3. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Final\\_Guia-de-Diretrizes\\_09112018-compressed.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Final_Guia-de-Diretrizes_09112018-compressed.pdf). Acesso em maio de 2021.

DOMINGUEZ, J. M. L. NEVES, S. M. BITTENCOURT, A.C.S.P. **Sandy Beaches of the State of Paraíba: The Importance of Geological Heritage**. In: SHORT, A. D. KLEIN, A.H.F. (Org.) Brazilian Beach Systems. Springer, 2016. P.231² 250.

ESTEVES, LS & Finkl, CW. **O problema das áreas criticamente erodidas (CEA): Uma avaliação das praias da Flórida**. *Jornal do litoral Pesquisa*, SI 26, 11-18 (1998).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/noticias/-censo>> Acesso em: Jul. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**. 2017. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/apps/regioes\\_geograficas/](https://www.ibge.gov.br/apps/regioes_geograficas/). Acesso em: Jun. 2021.

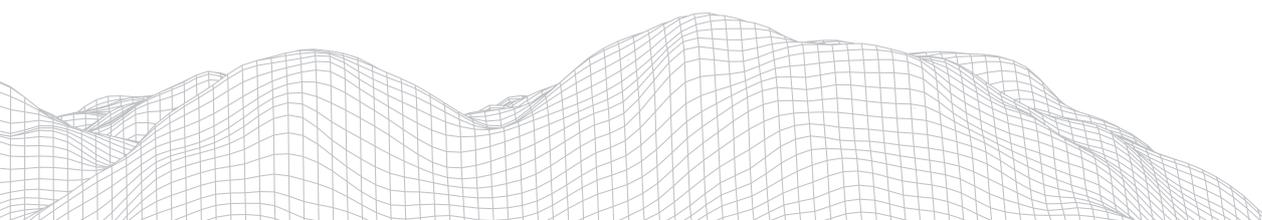
LUIJENDIJK, A; HAGENAARS, G; RANASINGHE, R; BAART, F; DONCHYTS, G; AARNINKHOF, S. **The State of the World's Beaches**. *Nature*. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-24630-6.pdf>. Acesso em: abril de 2021.

MARTINS, K.A. *et al.* **Determinação da Erosão Costeira no Estados de Pernambuco Através de Geoindicadores**. São Paulo. Vol.17, nº3 (Jul² Set) p. 533² 546. 2016.

Moura. C.M.S., P.G.C. **Riscos associados a erosão costeira no estado da Paraíba**. In: Climatologia geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais / Marcelo de Oliveira Moura... [*et al.*], (organizadores). - João Pessoa: Editora UFPB, 2020.

Souza, C.R de G. (2009) - **A Erosão nas Praias do Estado de São Paulo: Causas, Consequências, Indicadores de Monitoramento e Risco**. In: V.L.R. Bononi & N.A. Santos Júnior (orgs.). "Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Científico Acumulado". Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. (ISBN 978-85-7523-025-1).

Souza, C.R de G., Souza Filho, P.W.M., Esteves, S.L., Vital, H., Dillenburg, S.R., Patchineelam, S.M. & Addad, J.E. (2005) - **Praias Arenosas e Erosão Costeira**. In: C.R. de G. Souza, K. Suguio, A.M. Santos & P.E. Oliveira (eds.), "Quaternário do Brasil", p.130-152, Holos Editora, Ribeirão Preto, SP, Brasil. (ISBN-10: 8586699470).



# TRANSFORMAÇÕES ANTROPOGÊNICAS NAS ENCOSTAS: UM ESTUDO ASSOCIADO À EXPLORAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM ÁREAS DE CABECEIRAS DE DRENAGEM

1128

*Juliana Mendes Frechiani*

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES, 29075-910

E-mail: julianamfrechiani@gmail.com

*Eberval Marchioro*

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

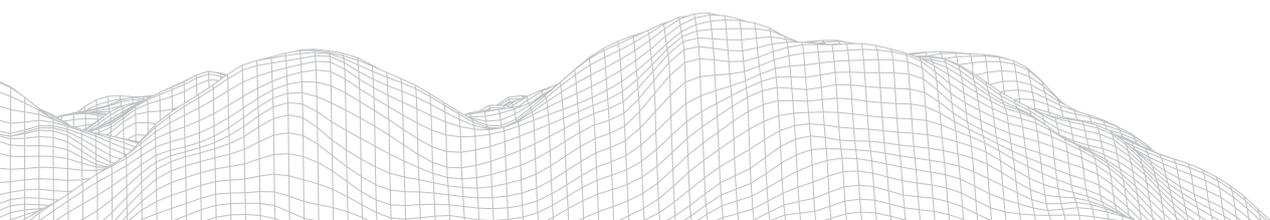
Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES, 29075-910

E-mail: ebervalm@gmail.com

### Resumo

O trabalho tem por objetivo demonstrar como a ação humana foi importante na transformação da paisagem, principalmente nas áreas de cabeceiras de drenagem no distrito de Itaoca, em Cachoeiro de Itapemirim-ES. Além do mais, este artigo utiliza-se de parâmetros morfométricos afim de comprovar as alterações antrópicas sobre os canais fluviais, assim como a reconstrução da hierarquia fluvial a partir de Strahler (1957) para os anos de 1970, 2007/08 e 2012/15. Como resultado, observou-se que a diminuição da mata nativa e a mata nativa em estágio de regeneração, assim como o aumento da mineração foi determinante para a mudança de padrões de drenagem, densidade de drenagem e de perfis topográficos.

**Palavras-chave:** cabeceiras de drenagem, parâmetros morfométricos, antropogeomorfologia.



## 1. Introdução

A evolução das ferramentas úteis para caça e processamento de alimentos do *Homo erectus* (HOOKE, 1994) transformou a ação antrópica sobre o meio físico no período do Paleolítico. Posteriormente, com a sedentarização e fixação do homem sobre o ambiente, através da criação dos primeiros espaços agrícolas, este se converteu definitivamente como agente geológico-geomorfológico na Idade Média (NETO, 2008).

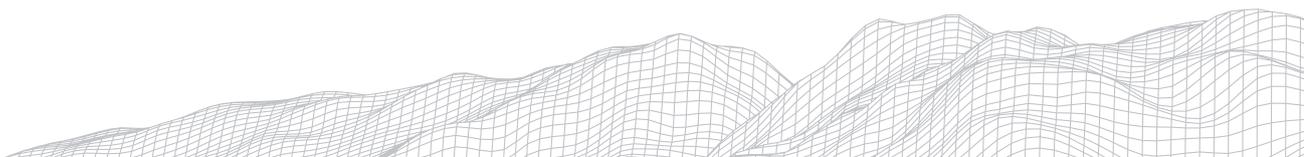
Impulsionados pela Revolução Industrial, a relação do homem sobre o meio físico se intensificou movida pelo crescimento acelerado da população e apropriação dos recursos naturais para diferentes fins (NIR, 1983). Na Geografia, estas ações são denominadas como Antropogeomorfologia ou Geomorfologia Antrópica/Antropogênica, onde considera o homem como agente geomorfológico, esculpido do relevo e transformador do sistema morfológico em diferentes análises de escalas espaço-temporais (NIR, 1983).

Para Goudie e Viles (2016), a Antropogeomorfologia foi um termo proposto no século XX por Golomb e Eder (1964), sendo considerada como o estudo do papel humano na criação de formas de relevo e na modificação da operação de processos geomorfológicos. Dentre as atividades que impulsionam a transformação da paisagem, encontra-se a mineração que conforme Dulias (2016), permite ao homem a apropriação do meio físico fazendo com que ele decida sobre a localização dessas formas, seu tamanho, forma e tempo de construção.

Qualquer mudança no meio físico, acarreta alterações significativas na paisagem como um todo, uma vez que tudo está interligado. Sobre a temática, Nir (1983) afirma que “toda mudança na natureza ou mesmo na intensidade de um processo específico, afeta o sistema e, em condições críticas ou limitantes, pode alterar radicalmente todo o sistema ou até destruí-lo”.

Neste contexto, a Geomorfologia é uma importante ferramenta pois aborda interações na paisagem, uma vez que os processos físicos são, em parte, responsáveis pela dinâmica do espaço (PEDROSA, 2014). O relevo é dinâmico, sendo resultado da troca de fluxos internos e externos de energia e matéria (WARNAVIN e ARAUJO, 2016) resultando em um novo modelado, seja de gênese natural ou antrópica. Além disso, Simon e Lupinacci (2019) enfatizam que o relevo se encontra em constante processo evolutivo de ordem natural. Contudo, o constante uso que a ação humana impõe estabelece uma nova dinâmica a essa evolução, perturbando de forma significativa a escala temporal da mesma.

Atualmente, o distrito de Itaoca é um exemplo peculiar da transformação ocasionada pela ação humana na morfologia, onde num intervalo de quarenta anos observamos uma alteração completa da paisagem. Isto se deve ao fato de uma economia local e regional pautada na extração e beneficiamento de rochas ornamentais, não medindo consequências socioambientais e morfológicas, por exemplo. Diante do exposto, o trabalho pretende demonstrar através da transformação das encostas e por consequente, das cabeceiras de drenagem, através da ação humana sobre o relevo. Para tal, define o impacto da mineração na paisagem baseada em três fases principais (RODRIGUES, 2005): a análise pré-mineração (pré-intervenção), a mineração ativa com a ação antrópica e pós mineração, contribuindo assim para o entendimento peculiar da evolução da morfologia antropogênica quando comparada a morfologia original.



## 2. Área de Estudo

De acordo com o Sindicato da Indústria de Rochas Ornamentais, Cal e Calcários do Espírito Santo (SINDIROCHAS), no início de 2020, o estado do Espírito Santo manteve a hegemonia de maior exportador de rochas no Brasil e principal produtor, processador e exportador de rochas ornamentais do Brasil.

Nas exportações de rochas em blocos e chapas, o estado detém a liderança e o município de Cachoeiro de Itapemirim é o segundo maior, perdendo apenas para o município de Serra, que devido à realização de obras de logística, principalmente o contorno do Mestre Álvaro e de incentivos fiscais.

Nesta perspectiva, o distrito de Itaoca pertencente ao município de Cachoeiro de Itapemirim, localizado ao sul do estado do Espírito Santo, é um dos principais produtores de rochas ornamentais, tanto em blocos como em chapas. Possui limites distritais são com São Vicente ao norte, Gironde a leste, Cachoeiro de Itapemirim ao sul e oeste com Coutinho e Conduru. Em 2015, devido a Lei nº 10.399, Itaoca teve o desmembramento de parte do seu território ao norte para o município de Vargem Alta, o qual faz divisa.

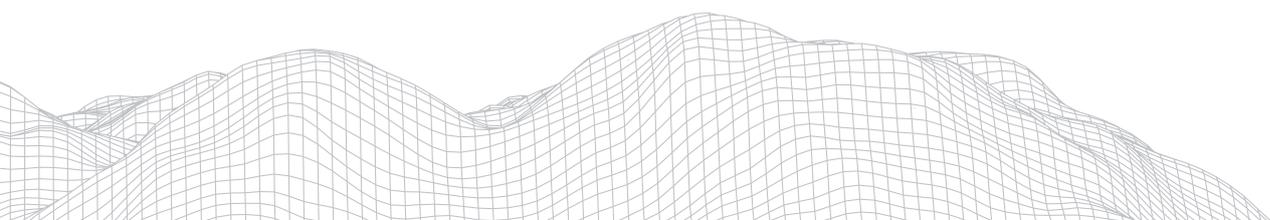
O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é o tropical (Aw), com estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e a estação seca no inverno, de maio a outubro, influenciando a vegetação com formação da Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa (RADAMBRASIL, 1983). Apesar da hidrografia, Itaoca está localizado na unidade de planejamento dos recursos hídricos do Baixo Rio Itapemirim.

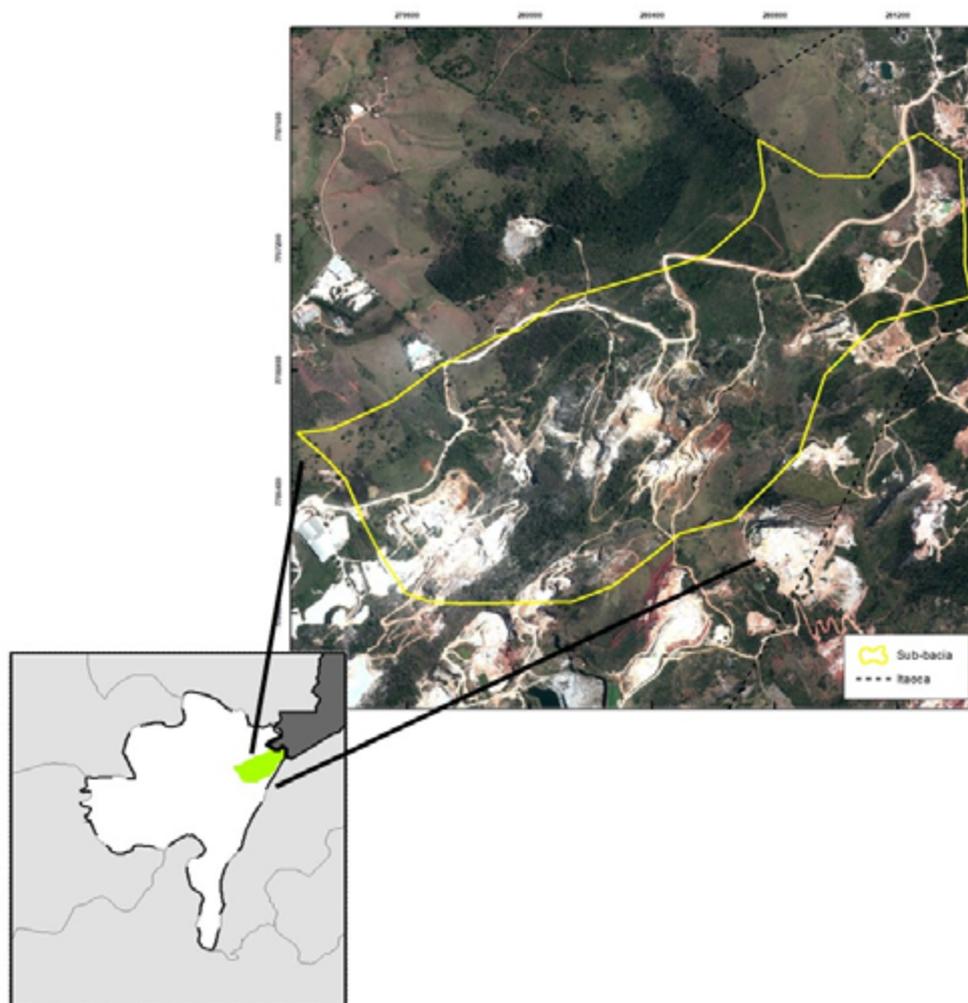
Os grupos litológicos inseridos são o Tonalito Alto Guandu, Itálva São Joaquim, Itálva Serra da Prata, Pedregulho Gabro, e São Fidélis gnaíse homogêneo (CPRM, 2018). Já a geomorfologia encontra-se caracterizada pelo domínio morfoestrutural Cinturões Móveis Neoproterozóicos, caracterizado pela Faixa de Dobramentos Remobilizados na Região de Serras da Mantiqueira/Caparaó, sendo composta unidades Serras e Planaltos conforme o IBGE (2006). Os solos encontrados são os Argissolo Vermelho Eutrófico Abrupto, Argissolo Vermelho Eutrófico Típico e Chernossolo Argilúvico Órtico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013).

De acordo com o antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), no ano de 2014, o distrito de Itaoca se caracterizava com as seguintes substâncias minerais em ordem de predomínio: granito, granodiorito, calcário, mármore, argila, calcita, gnaíse, areia, ouro, gabro, minério de ouro e por último calcário calcítico.

Na análise de aspectos socioeconômicos, e como dito anteriormente, Itaoca apresenta a economia local voltada para a extração e beneficiamento de rochas, com finalidade na ornamentação e consequente decoração de ambientes principalmente para atender ao mercado exterior, e construções e obras de arte. Além disso, o uso e cobertura de terra de 2019 reflete o predomínio de pastagem, mata nativa, mata nativa em estágio inicial de regeneração e mineração.

No trabalho, foi utilizado o recorte de uma sub-bacia localizada a nordeste do distrito, conforme a Figura 1, que foi impactado diretamente pela mineração, afetando as cabeceiras de drenagem devido a alteração do uso e cobertura da terra e também do relevo, criando uma nova dinâmica local.





**FIGURA 1:** Mapa da sub-bacia de estudo.

### 3. Metodologia

A orientação metodológica se desenvolveu respaldada na abordagem de Sistemas Controlados através dos princípios da visão integrada da Teoria Geral dos Sistemas, onde o homem intervém no modelado terrestre. Para a realização do estudo, foi proposta análise morfológica com ênfase na evolução do relevo antrópico numa escala de análise 1:10.000, num intervalo temporal entre 1970-2007/08-2012/15.

Num primeiro momento, foi realizada a reconstrução da altimetria com equidistância de 5 metros e do ortofotomosaico da década de 1970 de maneira independente através de um software fotogramétrico *Agisoft PhotoScan, versão 1.4*. As demais bases cartográficas foram feitas o download através das seguintes fontes e escalas (quadro 1):

**QUADRO 1:** Principais bases de dados cartográficos

Dados Cartográficos	Fonte/Ano	Escala	Resolução
Fotografias Aéreas	IDAF (1970)	1:20.000	600X600 dpi
Imagens Aéreas (Ortofotos)	IEMA (2007/2008)	1:25.000	1 m
Curvas de Nível (5 m)	IEMA (2007/2008)	1:25.000	5 m
Imagens Aéreas (Ortofotos)	IEMA (2012/15)	1:5.000	25 cm
Curvas de Nível (5 m)	IEMA (2012/15)	1:5.000	5m

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

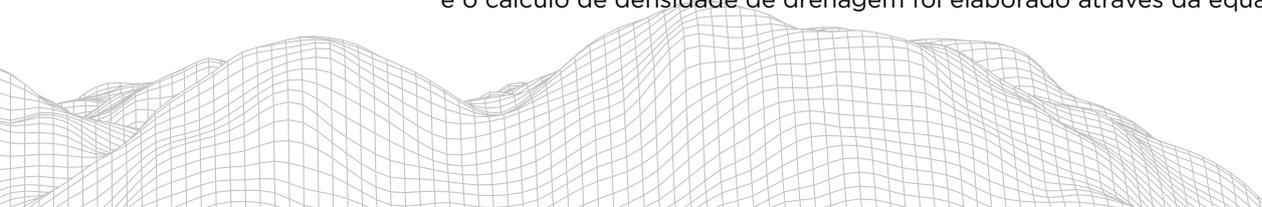
O processamento no software de imagens incluiu as seguintes etapas:

- 1) Carregamento de fotos no software;
- 2) Remoção de imagens desnecessárias;
- 3) Alinhamento de fotos selecionadas;
- 4) Construção de nuvem densa de pontos;
- 5) Construção do modelo poligonal em 3D;
- 6) Geração de textura;
- 7) Construção de modelo de elevação digital (MDE);
- 8) Construção da ortofotomosaico.

Para o uso e cobertura da terra, foi realizado o mapeamento através de fotointerpretação na escala 1:5.000 com a utilização do software ArcGis™ 10.5 (ESRI, 2016). Além disso, utilizou-se definições do mapeamento de 2012/15 para o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) do estado do Espírito Santo e, também foi utilizada pontuais descrições e cores do Manual Técnico do Uso da Terra do IBGE (2013).

A reconstrução dos canais fluviais foi feita através de fotointerpretação e observação das curvas de nível para 1970, 2007/08 e 2012/15. A partir disso, a hidrografia foi interpretada através de parâmetros morfométricos (análises quantitativas), sendo avaliados a área de drenagem, perímetro, comprimento do canal principal, comprimento total dos canais, densidade de drenagem, altitude média da bacia e a hierarquia fluvial a partir de Strahler (1957).

Os parâmetros como área de drenagem e perímetro foram feitos de forma automática através da ferramenta *Calculate Geometry* nos atributos dos *shapes* selecionados. O comprimento do canal e o total foi realizado através do *Measure*, e o cálculo de densidade de drenagem foi elaborado através da equação:



$$Dd=Lb/A$$

Onde: Dd = densidade de drenagem;  
Lb = comprimento total dos rios ou canais existentes na bacia;  
A= área da bacia.

Para Christofolletti (1979), a densidade de drenagem expressa a quantidade disponível de canais de escoamento, já para Cardoso et al. (2006), este estudo indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo assim o índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem.

O mapeamento das lagoas antrópicas deu-se através da correlação do surgimento desta morfologia em áreas de atividade minerária em Itaoca, utilizando-se ferramentas do software ArcGis TM 10.5 [ESRI, 2016]. No trabalho, estas formas foram definidas como corpos d'água antropogênicos, ou seja, se desenvolvem durante ou pós atividade de mineração. Este tipo de análise foi realizado através de foteointerpretação e do período estudado.

### 3. Resultados e Discussões

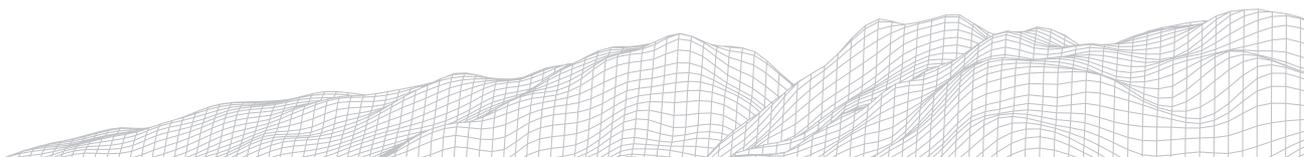
A sub-bacia está localizada ao extremo nordeste de Itaoca, e em 1970, seu uso e cobertura da terra estava configurado majoritariamente por pastagem, mata nativa, mata nativa em estágio inicial de regeneração e ainda de forma incipiente por mineração (Figura 2).

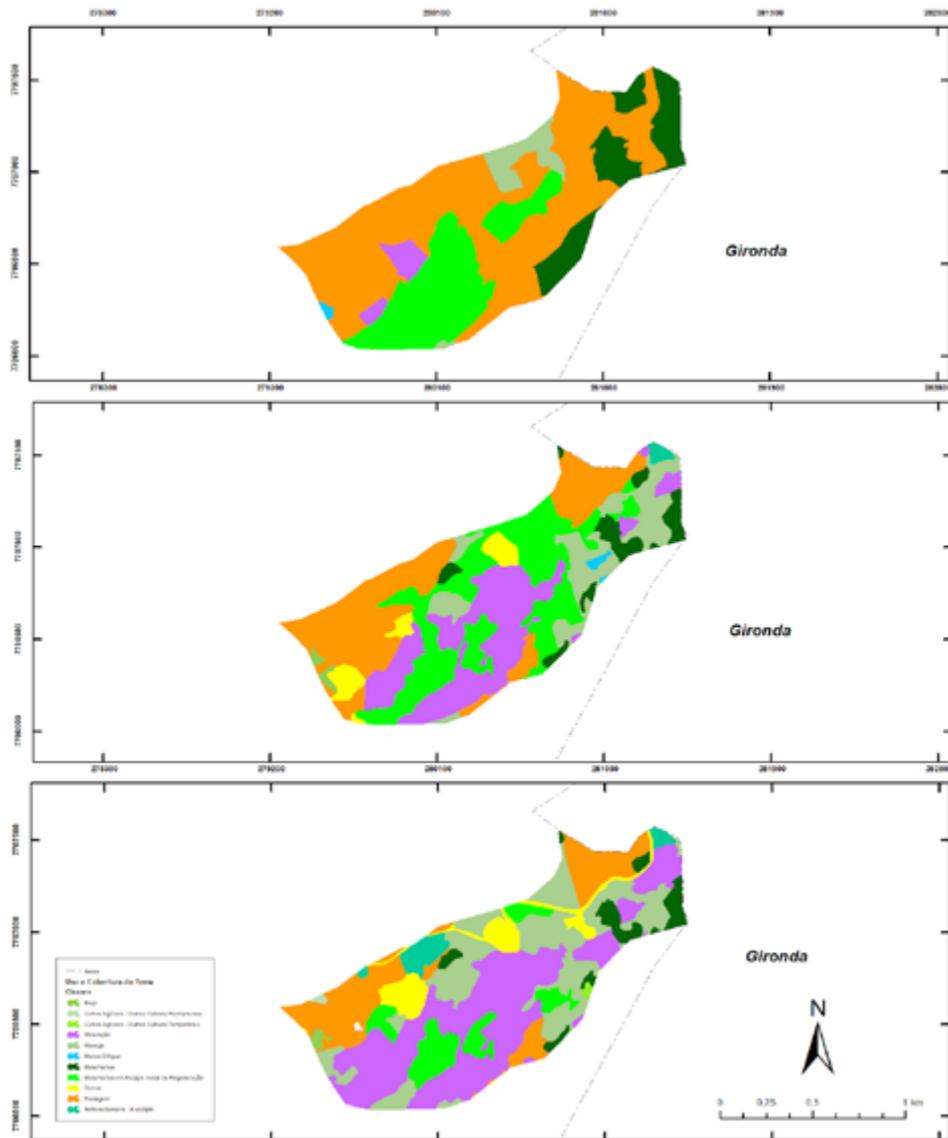
Observa-se que nas áreas de maior preservação de florestas, há maior número de nascentes, pois a vegetação representa uma espécie de “obstáculo” ao escoamento da água superficial, diminuindo sua velocidade, e permitindo maior tempo para infiltração no solo, abastecendo o lençol freático, e gerando maiores taxas de absorção (WARD, 1967).

Em 2007/08, a transformação da paisagem torna-se aparente, principalmente pela diminuição da pastagem e aumento do desmatamento, ocasionando transformações de áreas de mata nativa em macega e reflorestamento de eucalipto, por exemplo. Além do mais, é notória a ampliação da mineração neste período e em 2012/2015, impactando a morfologia de maneira contundente.

O surgimento da Vila de Itaoca esteve intrinsecamente ligado à exploração de rochas ornamentais, segundo Moulin e Minayo-Gomez (2008). Embora 40% dos impostos arrecadados do município de Cachoeiro de Itapemirim no período sejam provenientes de Itaoca, o distrito ainda carecia dos investimentos públicos em saúde, educação e saneamento básico.

Estas alterações antrópicas são responsáveis pela redução da evapotranspiração, diminuição da capacidade de infiltração de água no solo, reduzindo o abastecimento do lençol freático e limitando a circulação de água (RODRIGUES E GOUVEIA, 2013).

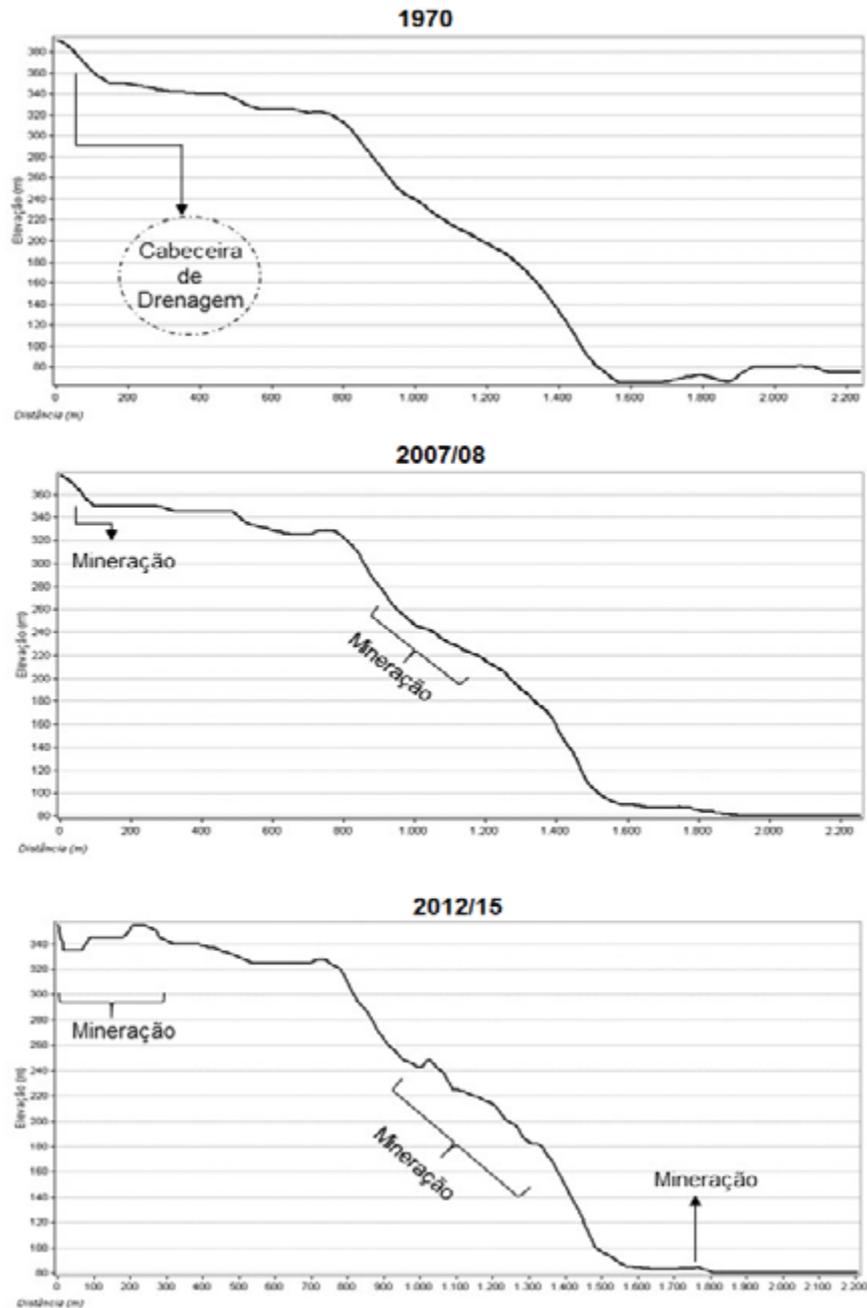




**FIGURA 2:** Uso e Cobertura da Terra da sub-bacia entre 1970, 2007/08 e 2012/15.

. Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A partir da criação do perfil topográfico da sub-bacia (figura 3), foi possível concluir que as nascentes se encontravam em superfícies elevadas em 1970, superiores a 380 m de altitude, e estavam em áreas com cobertura vegetal, sendo importante para a recarga e produção de água na bacia hidrográfica. Cabe salientar que conforme o documento de *Avaliação das oportunidades da restauração de paisagens e florestas para o Estado do Espírito Santo (2017)*, o Ministério do Meio Ambiente em 2007 declarou esta área como de alta prioridade para conservação baseado em conceitos como representatividade, complementariedade, insubstituibilidade, eficiência, flexibilidade e vulnerabilidade.



**FIGURA 3:** Perfil topográfico da Sub-bacia em 1970, 2007/08 e 2012/15.

. Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Observa-se que em 2007/08, as nascentes da encosta foram impactadas diretamente pelo desmatamento e mineração, onde a altitude obteve uma redução de cerca de 20 metros, influenciando assim, os cursos d'água o impedimento de escoar seguindo seu fluxo natural. A cerca de 2012/15, a ampliação desta atividade, como também a construção de estrada, proporcionaram o desaparecimento assim como em 2007/08 das cabeceiras de drenagem.

Os efeitos da mineração na sub-bacia permitiram o aparecimento de lagoas antrópicas, que são determinantes para o entendimento da paisagem atual, pois seu surgimento pode estar ligado ao desaparecimento das cabeceiras

de drenagem e a criação da nova dinâmica hidrogeomorfológica local. As lagoas antrópicas são corpos d'água oriundos das atividades antropogênicas que alteram o perfil topográfico, ocorrendo durante atividade de mineração e podem manter-se mesmo após a inatividade da exploração na localidade.

Durante o período analisado, notou-se a mudança no tamanho e formato de algumas lagoas, entretanto mesmo com o avanço da mineração algumas permanecem com suas dimensões e formas inalteradas.

#### *4.1 Análise de parâmetros morfométricos*

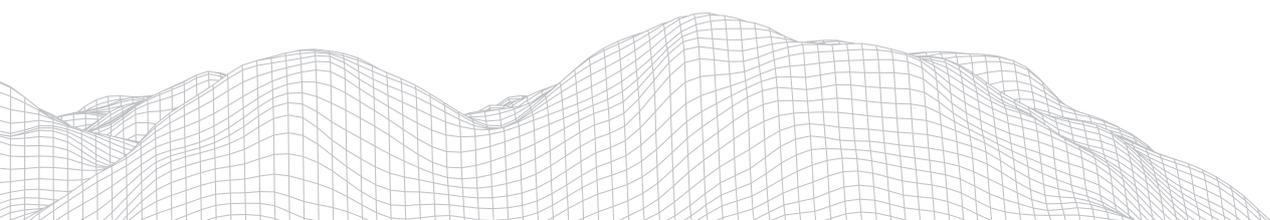
A Sub-bacia possui uma área de 1,59 km<sup>2</sup> e o perímetro de 6,08 km, onde as mudanças na hidrografia foram notadas a partir de análises quantitativas, pois os parâmetros morfométricos permitiram caracterizá-la e agrupá-la em padrões espaciais (OLIVEIRA et al., 2007).

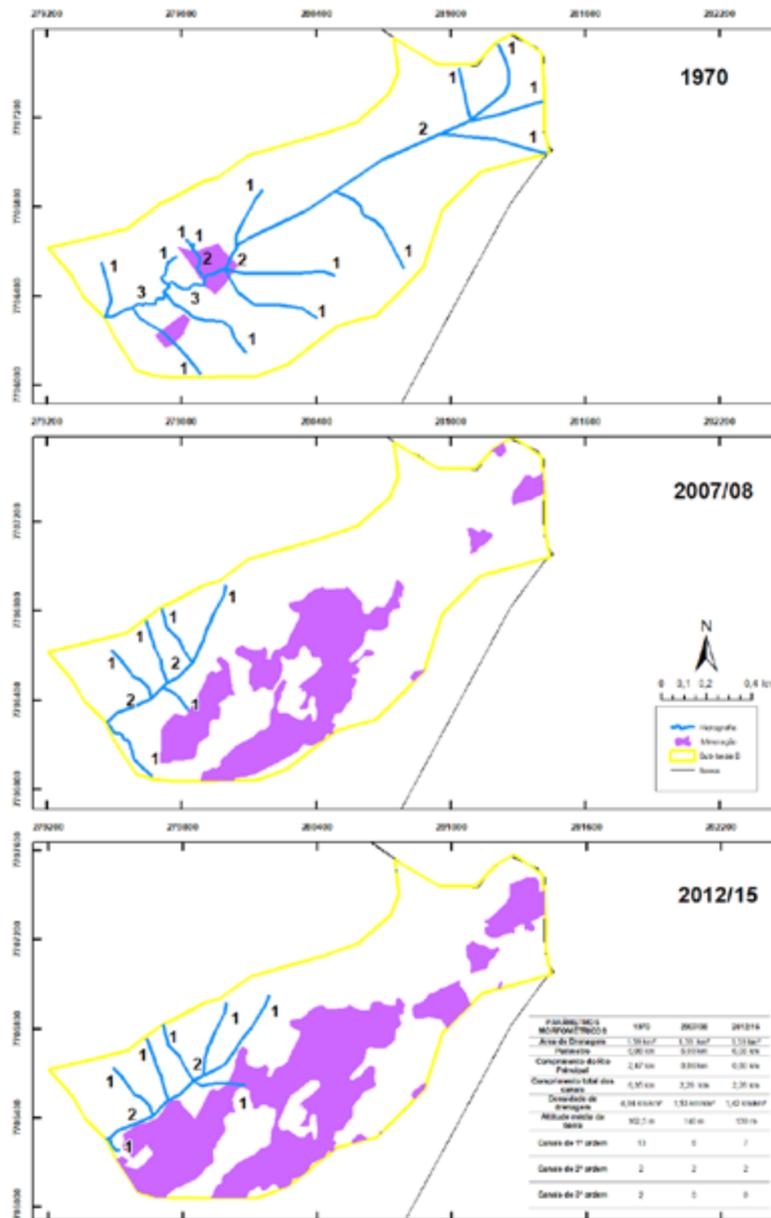
O comprimento do rio principal em quarenta anos obteve uma redução de 1,6 km, devido as intensas escavações da encosta provenientes da mineração das rochas ornamentais. Além do mais, observa-se que entre 1970-2007/08-2012/15, o comprimento total de canais diminuiu em torno de 4 km, principalmente pelo avanço da exploração em áreas de canais de primeira ordem (cabeceras de drenagem), que ocupam geralmente áreas íngremes e declivosas, sendo altamente sensíveis a alterações antrópicas.

Outro parâmetro morfométrico que foi influenciado foi a densidade de drenagem, que conforme Cardoso et al. (2006) indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. Entre 1970 a 2012/15, a sub-bacia reduziu a densidade de drenagem em torno de 1,50 km/km<sup>2</sup>, fomentada pela destruição parcial da bacia hidrográfica.

A altitude média da bacia foi impactada à medida que a mineração avançava sobre a morfologia, diminuindo 30 metros ao longo de quatro décadas e influenciando diretamente na hierarquia fluvial da sub-bacia.

Em 1970, observa-se que a sub-bacia foi classificada como de 3<sup>a</sup> ordem fluvial, possuindo o dobro do número de cabeceras de drenagem de 1<sup>a</sup> ordem quando comparado a 2007/08 e 2012/15. Nestes últimos períodos, nota-se a ampliação de um canal de 1<sup>a</sup> ordem possivelmente devido a criação da nova dinâmica local (figura 4):





**FIGURA 4:** Hierarquia fluvial e parâmetros morfométricos da sub-bacia

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

As ordens hierárquicas menores são as mais sensíveis ao processo da mineração, pois se trata de cabeceiras de drenagem muito delicadas e com pequena resiliência às modificações antrópicas. Estas alterações ocasionadas pela retirada da Mata Nativa, assim como novas configurações de uso e cobertura da terra, acarretaram o aumento do escoamento superficial, ou seja, propiciou a diminuição no tempo de concentração da água na sub-bacia (RODRIGUES E GOUVEIA, 2013).

Como já ressaltado por Frechiani e Marchioro (2017), a ação antropogênica de mineração contribuiu para o surgimento de feições geomorfológicas que modificaram as relações hidrológicas e erosivas das encostas, tal como as lagoas e as escarpas de mineração. Sendo assim, a ação humana foi determinante na transformação do sistema natural, principalmente no que se refere a rede de drenagem, pois a mineração é uma eficaz esculpadora do relevo, criando formas antropogênicas.

A partir da alteração do uso e cobertura da terra, os canais fluviais foram impactados de maneira direta, influenciados pela diminuição da mata nativa e mata em estágio inicial de regeneração entre os anos de 1970 a 2012/15. Além do mais, observou-se que num intervalo de quarenta anos, os canais de primeira e segunda ordem foram destruídos, reconfigurando a sub-bacia a um novo fluxo de matéria e energia, por exemplo.

Como possível resultado desta transformação, as lagoas antrópicas surgiram onde eram as rotas preferenciais dos canais fluviais, e agora são “alimentadas” por lençol freático, pela criação de novas rotas de escoamento superficial, e também podem estar ligadas a presença de chuvas armazenadas nestas superfícies côncavas (figura 5). A variação na coloração destas lagoas conota a grande presença de sedimentos orgânicos e inorgânicos em suspensão relacionados a uso e cobertura da terra em torno da lagoa.



**FIGURA 5:** Extração de rochas ornamentais e calcário no distrito de Itaoca, Cachoeiro de Itapemirim-ES

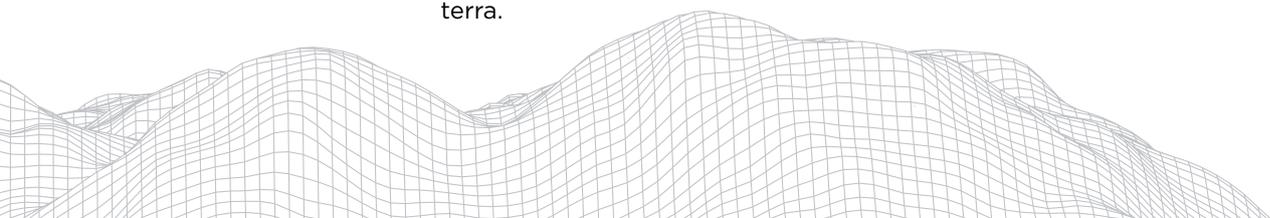
Fonte: Arquivo dos autores.

Por fim, é de suma importância considerar o peso da extração de rochas ornamentais para a economia do estado do Espírito Santo. No entanto, é muito relevante considerar o documento de *Avaliação das oportunidades da restauração de paisagens e florestas para o Estado do Espírito Santo* (2017), no qual o Ministério do Meio Ambiente, em 2007, declara esta área como de alta prioridade para conservação, visando preservar e minimizar os impactos ambientais relacionados à mineração.

### **Considerações finais**

A extração mineral na área da bacia hidrográfica promoveu alterações no sistema hidrogeográfico, ocasionando a mudanças na troca de matéria e energia que se repercutiram sobre o comprimento dos canais, na densidade de drenagem e hierarquia fluvial. Ainda como resultado deste processo, surgiram lagoas de mineração, que possivelmente estão associados a acúmulo de águas pluviais, drenagem de águas superficiais e subterrâneas.

Também, com o avançar da exploração de rochas ornamentais para fins comerciais foi possível identificar a ampliação das áreas de mineração, que promovem de maneira geral a alteração nas relações hidrológicas da bacia hidrográfica, uma vez que promove uma profunda alteração no uso e cobertura da terra.



Em síntese, recomenda-se a partir deste trabalho, a observância as normas ambientais para exploração e recuperação das áreas de mineração, buscando minimizar as alterações de provenientes da extração mineral.

### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo financiamento da pesquisa de mestrado.

### Referências

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

DULIAS, R. **The Impact of Mining on the Landscape: A Study of the Upper Silesian Coal Basin in Poland**. Poland, 209 p, 2016.

ESPÍRITO SANTO. **Avaliação das oportunidades da restauração de paisagens e florestas para o Estado do Espírito Santo, Brasil**. [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <[https://infofl.org/sites/default/files/202004/forest\\_landscape\\_restoration\\_opportunities\\_assessment\\_in\\_espirito\\_santo\\_state.pdf](https://infofl.org/sites/default/files/202004/forest_landscape_restoration_opportunities_assessment_in_espirito_santo_state.pdf)>. Acesso em: 2 jun. 2021

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRECHIANI, J. M.; MARCHIORO, E. **Análise da evolução do relevo antropogênico em Itaoca, Cachoeiro de Itapemirim (ES)**. In: XI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2016, Maringá. Geomorfologia, compartimentação da paisagem, processos e dinâmica, 2016.

GOUDIE, A.S; VILES, H.A. **Geomorphology in the Anthropocene**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, New York, 380 p, 2016.

HOOKE, R.LeB, 1994. On the efficacy of humans as geomorphic agents: *GSA Today*, v. 4, p. 217, 224-225.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso Da Terra**. Rio de Janeiro, 2013.

MOULIN, M. das G. B.; MINAYO-GOMEZ, C. **Pedras sobre vidas: vítimas e viúvas na indústria de mármore em Itaoca (ES)**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 1361-1369, jul./ago. 2008. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63013434>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

NETO, R. M. **A Abordagem Sistêmica E Os Estudos Geomorfológicos: Algumas Interpretações E Possibilidades De Aplicação**. *Geografia*, v. 17, n. 2, p. 67-87, 2008.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. D. Reidel publishing Co., Keter publishing, Jerusalém, 165 p., 1983.

OLIVEIRA, S. N. Delimitação automática de bacias de drenagem e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrológicamente corrigido. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.8, n.1, p. 3-21, 2007

PEDROSA, António de Souza. **A geomorfologia perante a ciência geográfica: algumas reflexões**. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 409-417, 2014.

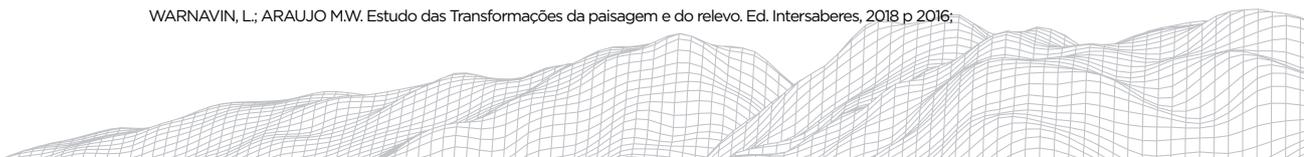
RODRIGUES, C.; GOUVEIA, I. C. M. C. Perspectiva geomorfológica na análise das intervenções antrópicas nas paisagens. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. (Org.). *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 66-68.

SIMON, A. L. H.; LUPINACCI, C. M.; (Org.). *A cartografia geomorfológica como instrumento para o planejamento*. 1ed. Pelotas. : Editora UFPel. 2019v.1.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *New Haven: Transactions: American Geophysical Union*, 1957v.38. p. 913-920.

WARD, R. C. 1967. *Principles of Hydrology*. Mc Graw - Hill, London, 403 p.

WARNAVIN, L.; ARAUJO M.W. *Estudo das Transformações da paisagem e do relevo*. Ed. Intersaberes, 2018 p 2016:



# UM BREVE HISTÓRICO DE EPISÓDIOS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS NA ÁREA CENTRAL DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO E AS POLÍTICAS PÚBLICAS DE DRENAGEM URBANA

1141

---

*Fernanda Figueiredo Braga*

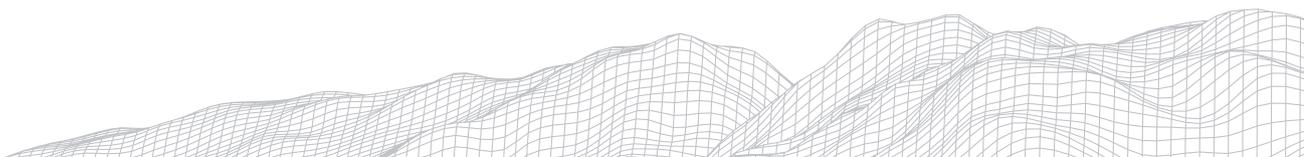
*Universidade Federal Fluminense*

*R. Passo da Pátria, 152-470 - São Domingos, Niterói - RJ, 24210-240*

*E-mail: braga\_fernanda@hotmail.com*

### Resumo

A cidade do Rio de Janeiro já possuía áreas naturalmente suscetíveis a inundações, antes mesmo de sua ocupação pelos colonizadores portugueses. Esse problema foi agravado pelo adensamento urbano do núcleo inicial de ocupação da cidade, dando forma a seu atual centro, objeto do levantamento do presente artigo. As políticas públicas de drenagem urbana, não obstante, acompanharam essas modificações, buscando desenvolver diagnósticos e propor soluções para tais eventos.

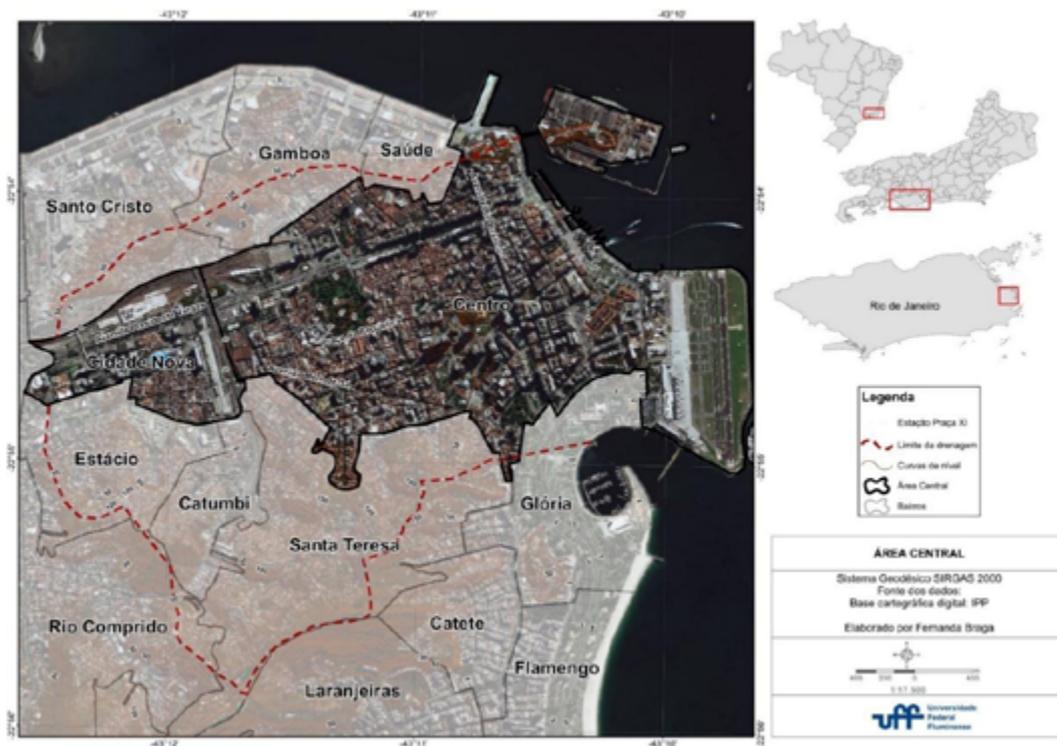


## Introdução

Neste artigo será apresentado um breve histórico de notáveis inundações e alagamentos que ocorreram no Rio de Janeiro, afetando diretamente a Área Central, e as políticas públicas de drenagem urbana que se sucederam, até a elaboração mais recente do Plano Diretor de Manejo de águas pluviais da cidade. Esse levantamento histórico busca compreender como as intervenções humanas alteraram a drenagem local, interferindo nas ocorrências de alagamento, a fim de contribuir para estudos e futuras políticas públicas relacionadas a esse tema.

## Área de estudo

O recorte espacial abarca os bairros do Centro e Cidade Nova, cujos terrenos aplainados e alagáveis formam uma extensa área de convergência de fluxos, que partem dos bairros adjacentes Santa Teresa, Catumbi, Estácio, Santo Cristo, Gamboa e Saúde, onde encontram-se os divisores da drenagem local. A linha pontilhada na Figura 1 delimita esquematicamente os limites desta área de convergência de fluxos, que compõem uma rede de drenagem.



**Figura 1:** Mapa de localização da Área Central do Rio de Janeiro.  
Fonte: Fernanda Braga.

Esta área é caracterizada por um ambiente de clima tropical, de verões tipicamente chuvosos, e solos úmidos, cujas antigas lagoas, brejos e alagadiços representavam entraves ao estabelecimento das primeiras construções urbanas, iniciadas no século XVI.

As condições climáticas do Estado do Rio de Janeiro, onde o município do Rio de Janeiro se insere, são definidas, segundo Dereczynski et al. (2009), pela atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que confere situação de estabilidade na maior parte do tempo. Esta estabilidade é interrompida com a chegada de sistemas frontais, ciclones extratropicais e outros sistemas meteorológicos, que podem causar precipitações com intensidades diárias variadas.

Os estudos de Dereczynski et al. (2009) e de Armond e Sant'Anna Neto (2017) indicam que os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das chuvas intensas, que criam situações de alagamentos, inundações e deslizamentos de encosta em diferentes pontos da cidade.

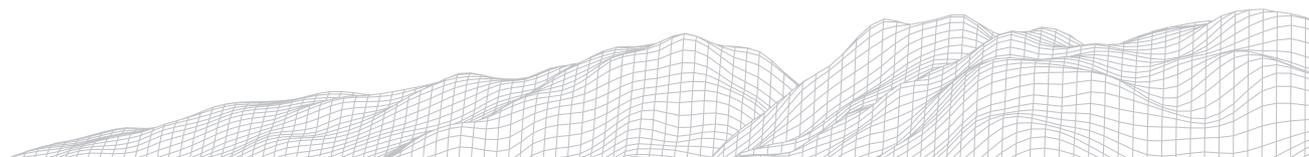
Brandão (2001) salienta que as precipitações mais intensas ocorrem em quase todos os meses do ano, embora as chuvas com registros superiores a 100mm/24h sejam mais frequentes entre janeiro e abril. Dereczynski et al. (2017, p.25) em levantamento recente, listou os eventos de precipitação diária igual ou superior a 100mm, no município do Rio de Janeiro, em um período entre 1881 e 1996, onde é possível observar a sua frequência (tabela 1).

**Tabela 1:** Eventos de total pluviométrico diário igual ou superior a 100 mm, no período entre 1881 e 1996, no município do Rio de Janeiro. As células em amarelo destacam os eventos mais intensos.

Data	Chuva Diária (mm)						
08/02/1931	136,2	18/03/1967	105,2	01/05/1976	106,0	12/02/1988	125,2
28/03/1936	148,0	19/03/1967	139,0	02/04/1977	241,5	20/02/1988	126,8
10/02/1938	119,0	03/04/1967	107,2	19/11/1977	132,0	22/02/1988	110,0
30/01/1940	112,4	27/04/1967	146,4	22/01/1979	162,0	11/06/1989	126,0
07/05/1941	124,0	17/11/1967	110,2	17/12/1979	100,0	20/12/1989	100,4
25/01/1947	107,5	02/03/1968	130,1	27/08/1980	103,5	19/04/1990	154,4
05/05/1950	118,4	18/03/1968	124,9	13/10/1980	140,6	17/02/1991	109,6
25/01/1955	116,4	02/12/1968	106,9	12/11/1980	150,0	19/02/1991	113,5
22/12/1958	114,2	03/04/1969	107,2	03/12/1981	230,0	29/03/1991	126,0
12/01/1959	103,0	04/04/1969	131,2	08/12/1981	157,9	06/04/1991	104,5
19/03/1959	147,2	14/01/1971	106,2	03/01/1982	180,0	27/04/1991	104,5
16/01/1962	167,4	26/02/1971	287,7	03/12/1982	104,0	05/01/1992	135,0
18/12/1964	130,6	27/02/1971	118,6	20/03/1983	125,6	06/01/1992	159,0
20/01/1965	155,4	24/04/1971	152,0	24/10/1983	120,0	07/07/1992	130,4
04/03/1965	111,4	28/05/1971	142,4	24/01/1985	126,2	09/10/1992	103,5
11/01/1966	102,0	12/10/1971	103,0	25/01/1985	115,0	27/03/1994	138,0
12/01/1966	166,2	13/10/1971	112,0	26/01/1985	108,8	09/06/1994	156,9
27/03/1966	149,2	20/02/1972	119,4	12/04/1985	112,0	12/08/1994	123,3
01/07/1966	112,6	03/11/1972	108,1	02/09/1985	136,8	20/11/1994	128,0
24/01/1967	177,0	17/01/1973	147,4	16/04/1986	124,9	20/08/1995	116,2
18/02/1967	113,2	24/03/1973	103,8	23/04/1986	103,9	21/09/1995	119,3
19/02/1967	154,6	19/07/1973	176,1	10/02/1987	167,3	07/01/1996	113,7
20/02/1967	180,6	02/01/1975	115,5	04/04/1987	102,2	04/02/1996	123,8
21/02/1967	152,0	04/05/1975	133,5	07/06/1987	101,4	13/02/1996	201,2
		19/11/1975	132,0	03/02/1988	184,0	14/02/1996	193,1

Fonte: Dereczynski et al. (2017, p.25)

Os autores destacam que o valor máximo registrado nesse período foi superado no dia 06 de abril de 2010, com um total diário de 360,2 mm no Sumaré, 303,0 no Jardim Botânico e 248,0 em Santa Teresa, salientando que os totais pluviométricos, embora sejam uma referência para avaliar os danos causados pelas chuvas, não expressam necessariamente a criticidade de seus impactos. As chuvas mais impactantes na cidade, segundo suas análises nesse período, ocorreram em janeiro/1966, fevereiro/1988 e fevereiro/1996. A publicação ressalta ainda que:



*Os resultados do levantamento dos 82 eventos extremos no período estudado neste trabalho indicam que, como esperado, a maior parte ocorreu no verão (DJF - 40%) e outono (MAM - 40%). Os demais casos ocorreram na primavera (SON - 10%) e no inverno (JJA - 10%). Isso mostra que apesar do reduzido número de casos no inverno, esses podem ocorrer nessa estação, causando sérios danos a população, como observado em junho de 1989, com 9 vítimas de desabamentos. Dessa forma, além das medidas de prevenção adotadas durante o verão, medidas de precaução deveriam ser adotadas nos demais meses do ano, inclusive no inverno e primavera. Dereczynski et al. (2017, p.29)*

O sítio urbano do Rio de Janeiro passou por profundas transformações, desde a sua fundação, no século XVI. Segundo Geiger et al. (2001, p.3), o processo do crescimento desta cidade foi marcado pelo rebaixamento de pequenos morros e pela execução de diversos aterros sobre as orlas da baía de Guanabara, do mar e de planícies pantanosas, que compunham principalmente os terrenos de seu antigo núcleo de ocupação. Os autores exemplificam tais intervenções citando o desmonte do morro do Castelo (que constitui atualmente uma área edificada no Centro), os aterros realizados entre os bairros da Saúde e do Caju (que abrigam desde o começo do século XX o porto moderno da cidade) ou ainda, os aterros do século XIX (em planícies alagadiças, onde se edificou a chamada Cidade Nova). Para eles, o relevo tem grande influência na forma tentacular na qual a cidade se desenvolveu, com seus eixos de circulação ajustados pelas planícies e vales, entre morros e montanhas. Salientam ainda que o relevo, responsável pela compartimentação física deste espaço urbano, também se refletiu em uma compartimentação social, em virtude da prática de ocupações seletivas de classe.

Atualmente, a área central é caracterizada por um alto nível de urbanização, que reflete a sua função na cidade. Neste cenário, destacam-se as edificações, que se aglomeram na paisagem e elevado grau de pavimentação do terreno. Além disso, o processo de verticalização intenso pelo qual passou este local, traduz sua a centralidade

### **Metodologia**

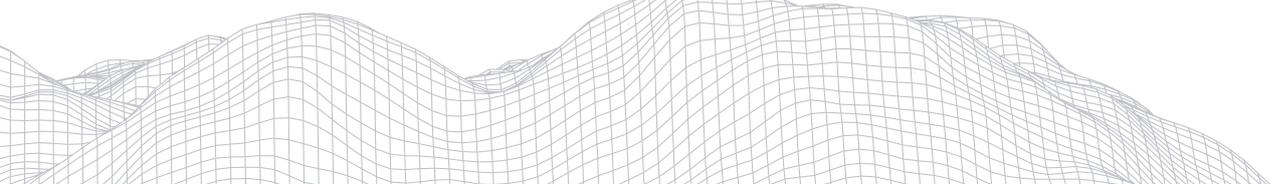
Foi realizado um levantamento de mapas, documentos, ilustrações, sites e bibliografias, que abordam as inundações e alagamentos na cidade do Rio de Janeiro, bem como as respectivas políticas de drenagem que ocorreram em diferentes contextos históricos, e que identificam as transformações pelas quais a área central da cidade do Rio de Janeiro atravessou, desde a sua fundação, no século XVI.

### **Resultados e discussões**

#### **Histórico dos alagamentos e as políticas públicas de drenagem urbana**

A história da cidade do Rio de Janeiro é marcada, desde os primeiros registros, pelas narrativas sobre suas inundações. Segundo Maia (2012, p.247), na época de sua fundação, em 1575, o padre José de Anchieta já descrevia a fúria e a intensidade com que a água das chuvas atingia a cidade “[...] choveu tanto que se encheu e rebentaram as fontes [...]”.

A posição geográfica da cidade do Rio de Janeiro, que lhe confere um clima tropical com temperaturas e umidade elevadas, associada às características de seu sítio, criam um cenário propício à ocorrência de inundações. Os relatos sobre estes eventos precedem a imprensa, e embora não estejam acompanhados de dados mais precisos sobre os registros pluviométricos, disponíveis somente a partir de 1851, com a implantação de estação meteorológica no Rio de Janeiro, mostram a dimensão e os danos causados pelas grandes chuvas. Estes antigos registros, segundo Costa (2001), provinham da narrativa de cronistas ou de viajantes estrangeiros, em seus diários de viagem.



O autor afirma que a primeira enchente histórica que se tem notícia ocorreu no século XVI. Foi descrita por cronistas no século seguinte como uma grande ressaca em época de maré alta e uma chuva muito intensa, seguida de alagamentos.

*“(...) contam uma ressaca, em data não precisa, em período de maré alta, e uma chuva muito intensa de tal forma que, vencido pelo mar, o cômodo da rua Direita (atual rua Primeiro de Março), e com alagamentos dos charcos da cidade veio a atingir e transbordar as lagoas de Santo Antônio (largo da Carioca), do Boqueirão (Passeio Público) e do Outeiro (rua do Lavradio), interligando-as e formando um lagomar de toda zona baixa da cidade. Estendeu-se até a Prainha (praça Mauá) e à lagoa da Sentinela (Frei Caneca), de forma que os morros então habitados, do Castelo (ruas Graça Aranha e México), de São Bento (São Bento) e de Pedro Dias (rua do Senado) se transformaram em ilhas” (Costa, 2001. p. 79).*

Segundo Baltazar Lisboa (apud Maia, 2012, p.250), outro evento notável ocorreu no dia 14 de abril de 1756, que ele descreveu como: “tão grande e copiosa chuva, precedida de veementes concussões de ar e espantosos furacões por três dias sem interrupção (...) desde então as águas cresceram de tal maneira, que inundaram a rua dos Ourives [atual Miguel Couto] e entraram pelas casas adentro, por não caberem mais nas valas”, o que obrigou moradores a abandonarem suas casas, refugiando-se nas Igrejas.

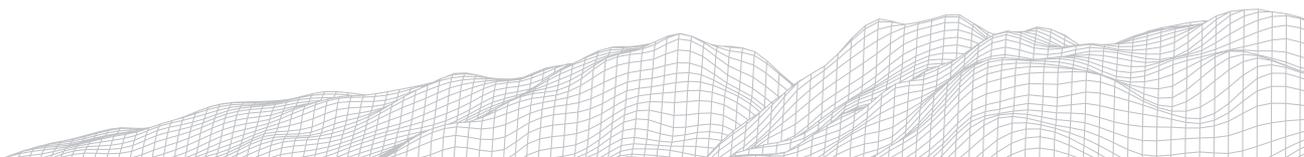
Brandão (1997 e 2001), distingue três períodos, referentes aos grandes eventos chuvosos, de acordo com as diferentes fases de expansão da cidade do Rio de Janeiro (tabela 2):

**Tabela 2:** Períodos de chuvas intensas, associados as fases de expansão da cidade do Rio de Janeiro.

1851 - 1900	1901 - 1940	1941 - 1997
<p>A implantação das linhas de bonde e o estabelecimento de indústrias impulsionam, a partir de meados do século XIX, a efetiva expansão da malha urbana da cidade, que até então limitava-se ao Campo de Santana. Este período é marcado ainda por grande incremento populacional, cujo número de habitantes aumenta de 200 mil para meio milhão em 1890. Na maior parte dos anos desse período, os totais pluviométricos dos quatro meses mais chuvosos (dezembro a março) correspondem a cerca de 60% do total de chuva precipitada durante todo o ano, em alguns casos chegando a 90%. Catástrofes causadas por fortes eventos chuvosos, acompanhados de grandes transtornos, com vítimas fatais são registradas desde 1851, quando do início do funcionamento das estações meteorológicas da cidade, com destaque para 26 de abril de 1883 e 20 de abril de 1888, com índices de 223mm e 97,5mm, em 24 horas, respectivamente, inundando toda a cidade; e 12 de maio de 1897, onde pouco mais de quatro horas de chuva foram suficientes para alagar diversas ruas do centro.</p>	<p>Nesse período intermediário há uma grande expansão urbana, com crescimento verticalizado, aparecimento do automóvel, incremento das atividades industriais, início do processo de favelização etc. Por isso os problemas ambientais agravaram-se como os de poluição do ar, da água e do solo, enchentes, e deslizamentos de terra. Sete temporais, segundo a autora foram destaque nos noticiários locais, dentre eles os de 17 de março de 1906, com 165mm precipitados em 24 horas, e 3 de abril de 1924 e 17 de janeiro 1944, ambos com 172mm/dia. Em todos estes temporais houve registro de transbordamento do canal do Mangue.</p>	<p>Período marcado pelo agravamento de relevantes questões urbanas, com a grande intensificação do processo de verticalização, impulsionado pela valorização do preço da terra; aumento vertiginoso da frota de automóveis; proliferação das favelas e bairros periféricos, com consequente crise dos transportes e habitação; e problemas ambientais, com destaque para as ocorrências de enchentes, que passaram a ocorrer com mais frequência. Foram registrados, neste período, temporais de grande intensidade, com fortes impactos sobre a cidade, três dos quais (1966, 1988 e 1996) permanecem na memória do carioca contemporâneo como verdadeiras calamidades. Segundo a autora, nos anos 90, bem como nos anos 80, a década mais quente e úmida dos últimos 140 anos, foram detectados eventos pluviais concentrados de grande impacto, pelo menos uma vez por ano.</p>

**Fonte:** Dereczynski et al. (2017, p.25)

Segundo Abreu (1997), a escassez de água para consumo, até o século XIX, contrastava com a sua abundância em períodos chuvosos e o único sistema de drenagem existente apresentava problemas por ser limitado a inúmeras valas que não conseguiam drenar as águas pluviais em virtude da pouca declividade e proximidade com o nível do mar.



*“No século XVII já se reconhecia a necessidade de se disciplinar a distribuição das edificações até então feitas a esmo (...). Nesta ocasião também foram abertas valas, para águas servidas e dejetos diversos. As valas foram conseqüentemente a primeira rede de esgotos sanitários a céu aberto que teve a cidade. Esse sistema de drenagem era problemático, pois as valas, quase ao nível do mar, tinham pouca declividade, o que comprometia sua função de drenagem. Na ocupação do espaço contra o mar há que assinalar os múltiplos acréscimos de terrenos ocorridos na orla litorânea, e que iriam acrescentar mais um tipo de dificuldade ao escoamento das águas pluviais” (Santos, 1999, p.7).*

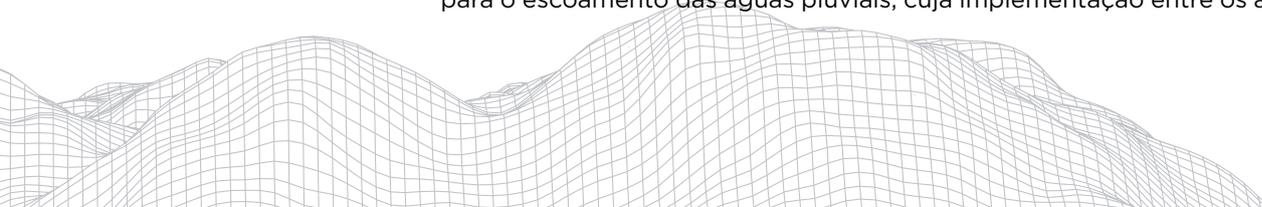
Após uma grande inundação, conhecida como “águas do Monte”, foi elaborado, a pedido de D. João VI, o primeiro relatório, apontando as causas e soluções para o recorrente problema na cidade. Maia (2012, p.253) ressalta a gravidade desse episódio, descrevendo as chuvas incessantes que atingiram a cidade durante sete dias (10 a 17 de fevereiro de 1811) e seus efeitos. A autora relata que os rios das redondezas da cidade, com um volume nunca visto antes, inundaram os arrabaldes, levando todas as pontes de madeira e inutilizando caminhos importantes para a circulação. As ruas da chamada cidade velha transformaram-se em verdadeiros rios caudalosos, onde pescadores conseguiam navegar.

Em 4 de julho de 1811, de acordo com Abreu (1997), o relatório é finalizado, apontando como causas da catástrofe: a topografia da cidade (com rupturas abruptas de gradiente), a proximidade com o nível do mar e a sujeira no então sistema de drenagem da época. As soluções sugeridas referiam-se ao nivelamento do solo da cidade, à abertura de um canal de drenagem no Mangal de São Diogo e de valas auxiliares à vala mestra, bem como o redirecionamento das águas das chuvas, para sua melhor distribuição entre as valas de drenagem. Para tanto, recomendou-se o alteamento da cidade em alguns lugares e o rebaixamento em outros, evitando que toda a água escoasse para um único eixo de drenagem.

No entanto, somente a partir de 1850, com a expansão da malha urbana, o crescimento populacional causado pelas migrações e as grandes epidemias que assolavam a cidade, foram efetuados os projetos de melhoramentos urbanos, que embora tivessem como principal motivação o problema de higienização do centro, também atuavam na questão das inundações. Essas ações incluíam nivelamentos do solo para evitar poças, drenagem superficial, disposição final adequada dos dejetos urbanos, entre outros. A mais relevante foi a instalação da rede de esgotos e galerias pluviais, reforçada na penúltima década do século XIX com o surgimento de esgotamento exclusivo para as águas pluviais, e a construção do Canal do Mangue.

Segundo Telles (1994, p.359), em 1835, o governo foi autorizado a contratar o serviço de esgoto sanitário pluvial do Rio de Janeiro com João Frederico Russel. Realizado somente em 1855, de maneira experimental, empregou-se um “moderno sistema de tratamento chamado à época de main drainage”, experiência bem sucedida, atestada por engenheiros ingleses do Civil Engineer Institute, de Londres. Seu contrato, assinado em 1857, foi transferido, em 1862, para a Companhia The Rio de Janeiro City Improvements Company Limited.

Iniciadas em 1864, pela empresa de capital inglês, as obras de implementação da rede de esgotos e galerias pluviais, com o chamado sistema misto inglês, obedeceram ao plano organizado pelo Engenheiro Eduardo Gotto, que tinha por objetivo “a evacuação das águas servidas, o esgoto das águas pluviais e o dessecamento do solo” (Alcântara, 1953, p.20). Segundo o autor, três anos mais tarde, mesmo com as obras concluídas, os problemas de inundações permaneceram atingindo a área central da cidade. Por isso, em 1874, foi nomeada pelo Conselheiro Costa Pereira, então ministro da Agricultura, Comércio e Obras Públicas, uma comissão de engenheiros, com o intuito de estudar um novo plano para o escoamento das águas pluviais, cuja implementação entre os anos de 1877



e 1886, alterou e complementou a estrutura já existente. No entanto, parte das medidas sugeridas pela comissão para solucionar o problema das enchentes não foi executada devido ao seu alto custo. Em 12 de maio de 1897, a cidade é atingida por intenso temporal, com um total diário de 216mm de chuva, cujos relatos apontam a ocorrência de inundação em diversos pontos da Área Central e geraram críticas contundentes da imprensa à administração pública.

*“Inundações em grande número de ruas, principalmente as da Cidade Nova. As águas subiram até 1 metro em muitos lugares. No dia seguinte poucos transeuntes, atravessando rios de águas barrentas. Em grande número de casas, móveis nadando sobre as águas. A cidade se transformou em um imenso lago. Muitos trovões. Transbordamento do canal do Mangue. Todas as ruas do centro da cidade bem como São Cristóvão, Ruas do Matoso, Laranjeiras, Catete, Senado, Riachuelo, Inválidos, Rezende, Monte Alegre, Santa Thereza, Travessa do Senado, Catumby, Paula Mattos e outras ficaram completamente cheias, trazendo sérios e lamentáveis prejuízos aos moradores pois as casas dessas ruas encheram, levando na correnteza objetos, roupas etc.” (Dereczynski et al., 2017, p.22)*

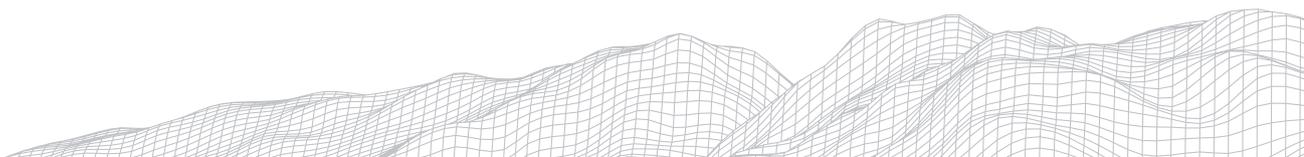
No início do século XX, caracterizado por grandes transformações promovidas pelas reformas urbanas, sobretudo no governo de Pereira Passos, agravou-se o problema de circulação de águas, potencializando as inundações urbanas. A dinâmica de drenagem superficial e subterrânea, neste contexto, foi modificada pontualmente, buscando adequar-se às novas demandas decorrentes da expansão da cidade, ao aumento demográfico e às próprias intervenções já executadas. Passos foi duramente criticado por priorizar em seu planejamento o aspecto estético da cidade, com excessivas obras de embelezamento. O Jornal do Brasil (1915) noticiava em suas páginas um grande temporal que assolou a população carioca, no mês de janeiro, causando alagamentos em diversos pontos da cidade, inclusive na área central. Nesta reportagem o prefeito Pereira Passos é apontado como responsável pelo cenário caótico instaurado na cidade e acusado de ignorar a geografia e as constantes inundações decorrentes das chuvas de verão.

Nas décadas seguintes, se destacaria um relevante projeto sobre a questão da drenagem. Elaborado pelo arquiteto-urbanista Alfredo Agache, de 1928 a 1930, o chamado Plano Agache foi, segundo o IPP (2005), o primeiro plano de urbanização sistemática da Cidade do Rio de Janeiro.

Nele estão listadas as causas para os problemas de escoamento das águas pluviais e as inundações.

*“Um pouco após o começo do aguaceiro, a terra arrastada pela enxurrada deposita-se nessa parte do seu curso, reduzindo-lhe a secção. Como o enorme volume líquido não pode ser contido, transborda de cada lado para as ruas confinantes, reflui à montante, enche as galerias das águas pluviais que deságuam no leito dos rios, espalha-se na via pública pelos bueiros e poços de visita, e invade as propriedades circunvizinhas.(...) A situação é ainda agravada pela vizinhança dos morros, pois, as águas que escorrem das suas encostas ou que descem das ruas muito íngrimes, arrastam uma grande quantidade de terra e detritos diversos que se depositam nas sarjetas de modo a obstruir as aberturas dos ralos. Essas águas ficam estagnadas nas partes planas em volta da base dos morros formando charcos muito insalubres. (...) Quando chuvas intensas e prolongadas coincidem com uma maré equinocial, que vem impedir o livre curso dos rios para a baía, reúnem-se aí as piores condições para que a inundação atinja o máximo” (Agache, 1930, p. 269).*

Agache (1930, p.269) aponta ainda, como causas diretas da inundação: o aumento da impermeabilidade associada à superfície edificada; a ampliação da extensão da rede pluvial, que facilita o escoamento das águas superficiais para os bairros novos, contribuindo assim para o aumento do volume máximo a ser evacuado; o aumento da superfície da cidade resultante dos aterros; e a insuficiência da rede de escoamento das águas pluviais e defeito das canalizações.



Para tanto, propõem diversas medidas, algumas delas listada por Abreu (1997) como: a criação de reservatórios nas encostas dos morros, formando patamares para fazer a água descer de forma mais controlada, a erradicação de favelas e principalmente a remodelação total da rede de drenagem, algo que está em pauta até hoje.

Segundo Mascarenhas (2009), em entrevista concedida ao Jornal O Globo, este plano foi o último planejamento de drenagem urbana da cidade integrado com o seu crescimento. A proposta de remodelação total da rede de drenagem até hoje não ocorreu na prática, sendo executadas somente intervenções pontuais.

Em 1966, um dos maiores temporais da história da cidade marca a criação da Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro. Segundo Dereczynski et. al. (2017, p.25) foram registrados 102 mm e 166,2 mm de chuva, nos dias 11 e 12 de janeiro, respectivamente, ocasionando diversos transtornos, dentre os quais: a paralisação temporária dos meios de transportes, alagamentos e deslizamentos, que totalizaram 117 mortes.

Amante (2006, p. 153) ressalta que, as obras públicas que buscavam atenuar problemas de circulação da água, desde o plano Agache, encontravam as mesmas conclusões e soluções sugeridas e experimentadas no restante do século XIX e ainda nos últimos anos do século XX. Para a autora, este projeto trata de questões de debate atual, cristalizados em programas públicos como o programa Rio-Cidade. Este programa, iniciado durante a gestão do Prefeito César Maia (1993- 1996), contou com um plano de obras específico para o centro, abrangendo a Avenida Rio Branco e alguns pontos adjacentes.

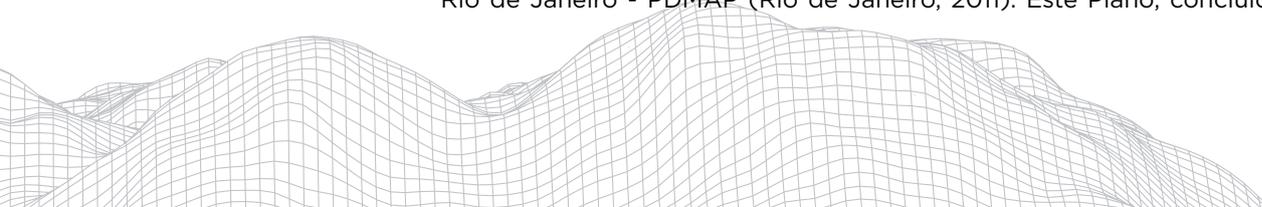
Segundo Soter (1996, p. 53) a revitalização proposta buscava consolidar a imagem da cidade, destacando-se as medidas de embelezamento. A drenagem urbana também sofreu alterações, com a implementação de 0,4 km de galerias pluviais no centro, atendendo a uma área fundamental de circulação de veículos e pessoas, mas ainda insuficiente para a resolução do problema dos alagamentos da área central.

Em 1992, foi instituído pela Lei Complementar nº 16/92, o Plano Diretor Decenal da Cidade do Rio de Janeiro, que estabeleceu diretrizes para a gestão do sistema de esgotamento sanitário e pluvial, a fim de, entre outras ações, elaborar um Plano de Drenagem Urbana para a cidade (Rio de Janeiro, 1992).

Após as chuvas históricas de 1996, que segundo Dereczynski et. al. (2017, p.25) registraram um total de 394,3 mm em 48 horas, foram criados o Sistema Alerta-Rio, com a função de alertar com antecedência as autoridades sobre a possibilidade de temporais, e a Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro - RIO-ÁGUAS:

*“Uma emblemática chuva, em 1996, foi o marco para que saísse do papel a criação de um órgão específico para o combate a enchentes no Rio. A Fundação Rio-Águas foi criada para que a história daqueles dias não se repetisse. Bairros inteiros ficaram embaixo da lama, lixo e destruição por todo lado. Carros foram arrastados e empilhados pela força da água, centenas de pessoas ficaram desabrigadas, ocorreram desabamentos, quedas de barrancos e pedras e mortes. Como resposta, dois anos depois, a Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro - Rio-Águas foi criada, pela Lei nº 2.656 de 23 de junho de 1998, como órgão municipal encarregado da gestão de manejo de águas pluviais e do sistema de esgotamento sanitário, bem como para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbano da cidade” (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2018).*

Sob responsabilidade deste órgão, em 2011, é instituído pela lei complementar nº 111/2011, o Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais para a Cidade do Rio de Janeiro - PDMAP (Rio de Janeiro, 2011). Este Plano, concluído em 2014,



consiste no mapeamento e no diagnóstico das bacias hidrográficas do município, através do levantamento de dados e desenvolvimento de estudos, cujos resultados dão suporte aos projetos e obras de manejo de águas pluviais urbanas (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2018).

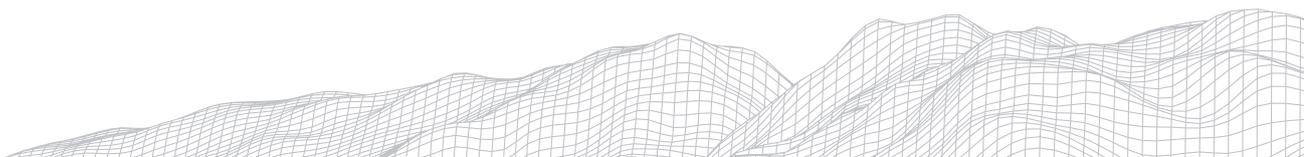
## CONCLUSÕES

No passado, a combinação de características climáticas, de relevo e de drenagem representavam uma grande resistência à ocupação da cidade do Rio de Janeiro. A partir do século XVI, quando se inicia esse processo, a configuração do espaço físico passa por contínuas e profundas transformações, impulsionadas por diversos interesses, que se associam a diferentes contextos políticos e socioeconômicos. De desmontes e aterros a asfaltamentos e construção de drenagens artificiais, a paisagem se modifica, mas a questão dos alagamentos e inundações, permanece presente no cotidiano da cidade.

Além de ser uma grande metrópole, adverte Baptista (2010), o município do Rio de Janeiro demanda uma infraestrutura de drenagem mais complexa que a adotada em outras áreas. Isso se deve a uma conjunção de fatores, que incluem a sua topografia, chuvas intensas, problemas de maré e de manejo dos resíduos sólidos. Nos períodos de maré alta, as galerias pluviais do centro não conseguem lançar as águas na Baía de Guanabara, local de deságue direto ou indireto dessa estrutura de drenagem urbana. Sem espaço para escoar, ocorre o transbordamento.

A questão do lixo é outro aspecto relevante neste contexto. No caso da área central, devido ao seu caráter comercial, há uma ampla circulação diária de pessoas e a geração de grande quantidade de resíduos sólidos, que interferem na quantidade de lixo acumulado, afetando diretamente a eficiência das galerias pluviais.

Gomes (2013, p.8) destaca ainda que são necessárias, para além do planejamento adequado das redes de drenagem urbanas, “ações não estruturais, como educação ambiental, ordenamento que controle a erosão, o lixo e o esgoto sanitário na rede pluvial”, o que pode contribuir para controle dos alagamentos e para a durabilidade dos sistemas implementados.



## REFERÊNCIAS

ABREU, M. de A. **A cidade e os temporais: uma relação antiga**. In: ROSA, Luiz Pinguelli; LACERDA, Willy Alvarenga (Coord.). *Tormentas cariocas*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1997. p.15-20.

AGACHE, Donat-Alfred. **Inundações e escoamento das águas pluviais**. In: *Cidade do Rio de Janeiro*. Extensão. Remodelação. Embelezamento. Paris: Foyer Brésilien,

1930. Disponível em: < [http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo\\_digital/div\\_obrasraras/or1355316/or1355316.pdf](http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_obrasraras/or1355316/or1355316.pdf) >. Acesso em: 30 jul. 2017.

ALCÂNTARA, Ulysses M. A. de Alcântara. **As Primeiras galerias de águas pluviais**

**do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, Revista Municipal de Engenharia, Vol. XX, no 1,

1953 [janeiro/março]. p. 18 -28.

AMANTE, F. O. de. **A água no espaço urbano: uma abordagem sócio-ambiental e sua aplicação na Grande Tijuca**. 2006. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. **Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidades para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 20, 2017, p. 5-28.

BAPTISTA, Márcio Benedito. **Rio começa a criar Plano Diretor de Drenagem**. Portal Exame, 12 abr. 2010. Entrevista. Disponível em: <<http://portalexame.abril.com.br/economia/noticias/rio-investira-r-10-milhoes-plano-diretor-drenagem-548616.html>> . Acesso em: 15 maio 2010

BRANDÃO, A. M. de P. M. **Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro**. In: CUNHA, Sandra B. da; GUERRA, Antônio J.T. (Orgs.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

\_\_\_\_\_. **As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência**. In: ROSA, Luiz Pinguelli; LACERDA, Willy Alvarenga (Coords.). *Tormentas Cariocas*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1997.

COSTA, Helder *et al.* **Enchentes no estado do Rio de Janeiro - uma abordagem geral**. Rio de Janeiro: Semads, 2001

DERECZYNSKI, C. P.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C. O. **Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.24, n.1, 24-38, 2009.

DERECZYNSKI, C. P.; CALADO, R. N.; BARROS, A. B. **Chuvas Extremas no Município do Rio de Janeiro: Histórico a partir do Século XIX**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, V.40, p.17-30, 2017.

GEIGER Pedro, ARUEIRA, Luis Roberto, ALEM, Adriano. **Mapa social da cidade do Rio de Janeiro**. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: [http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/2325\\_Mapa%20social%20da%20cidade%20do%20Rio%20de%20Janeiro.pdf](http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/2325_Mapa%20social%20da%20cidade%20do%20Rio%20de%20Janeiro.pdf). Acesso em: 15/08/2018.

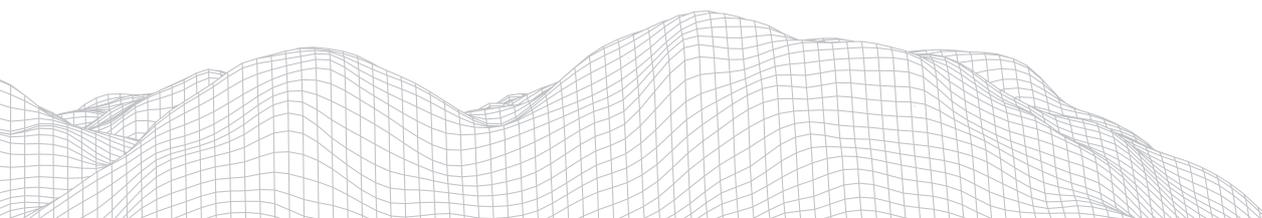
GOMES, Antônio Humberto Porto. **Grupo de Trabalho Cidade Nova - Manejo de águas pluviais**. Fundação Instituto de Águas do município do Rio de Janeiro - Rio Águas. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS (Rio de Janeiro, RJ). **Um plano de obras exemplar**. Rio de Janeiro: IPP, 2005. (Coleção Rio estudos, n. 148). Disponível em: <http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/>. Acesso em: 17/01/2009.

JORNAL DO BRASIL. **A inundações enche de lodo e de desespero a habitação da**

**pobreza**. Rio de Janeiro. 04 jan. 1915. Disponível em:

<<http://www.jblog.com.br/hojenahistoria.php?itemid=6751>>. Acesso em: 20 ago.



2017.

MAIA, Andréa Casa Nova. **Imagens de uma cidade submersa: o Rio de Janeiro e suas enchentes na memória de escritores e fotógrafos**. Revista Escritos, ano 6, n°6, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em : <http://www.casaruibarbosa.gov.br/escritos/numero06/artigo11.php>. Acesso em: 15/08/2018

MASCARENHAS, Flávio César Borba. **Entrevista concedida a Luiz Ernesto**

**Magalhães**. Rio de Janeiro, Jornal O Globo [Caderno RIO], 23 jan. 2009. p. 13.

PSMB - Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio De Janeiro. **Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas**. Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro , Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas/exibeconteudo?id=5825189>.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO [homepage na Internet]. Rio de Janeiro, [acesso em: 24 jan. 2018] . Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas>

Rio de Janeiro. **Lei complementar nº 16/1992** , 04/06/1992, Dispõe sobre a política urbana do município, institui o plano diretor decenal da cidade do Rio de Janeiro, e da outras providências. Disponível em: <http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/573ad0b372ea8c96032564ff00629eae/758414dfee085d47032577220075c7e4?OpenDocument>

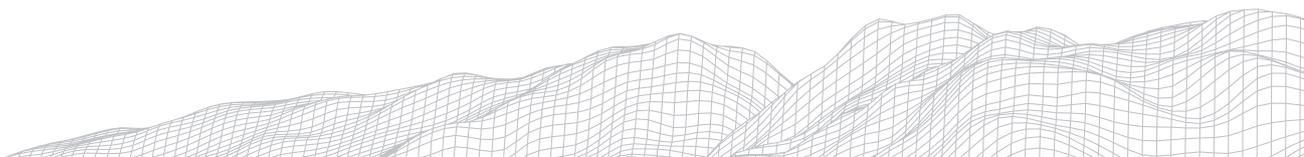
Rio de Janeiro, **Lei complementar nº 111/2011**. 01/02/2011, Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: <http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/a99e317a9cfec383032568620071f5d2/cdd6a33fa14df-524832578300076df48?OpenDocument>

SANTOS, MÁRCIA PINHEIRO. **O Saneamento frente às situações de emergência motivadas pelas enchentes - Caso do Município do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em ciências da saúde pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.

SOTER, Ana (Coord.), Rio Cidade: **O urbanismo de volta às ruas**. Rio de Janeiro:

Mauad editora , Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 1996.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **(1925) História da Engenharia no Brasil – século XX**. 3ª. Ed. Rio de Janeiro: Clube de Engenharia / Clavero, 1994.



# USO E COBERTURA DA TERRA: OS PARÂMETROS NATURAIS E ANTROPOGÊNICOS NA BORDA ORIENTAL DA CHAPADA DO ARARIPE (CE)

1153

---

*Bárbara Gabrielly Silva Barbosa*

*Universidade Federal de Pernambuco*

*Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE,*

*50670-901*

*E-mail: barbara.gbarbosa@ufpe.br*

*Carlos de Oliveira Bispo*

*Universidade Federal de Pernambuco*

*Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE,*

*50670-901*

*E-mail: carlos.bispo@ufpe.br*

*Fabrizio de Luiz Rosito Listo*

*Universidade Federal de Pernambuco*

*Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE,*

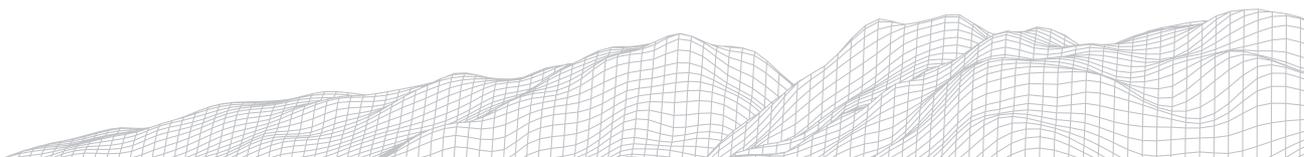
*50670-901*

*E-mail: fabrizio.listo@ufpe.br*

### Resumo

A Borda Oriental da Chapada do Araripe caracteriza-se como ambiente de exceção climática no Semiárido Nordeste. Desde o século XX, as atividades agrícolas, sem manejo adequado, estão presentes na região e acarretam danos ao ambiente natural. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi cartografar as principais atividades desenvolvidas na região, destacando as consequências físicas e sociais do manejo inadequado da terra. O mapeamento de uso e cobertura da terra foi realizado a partir da fotointerpretação de imagens de satélite, pesquisas prévias e trabalho de campo, realizado em novembro de 2020, respeitando as orientações dos órgãos de saúde na contenção da COVID-19. Destaca-se, dentre os resultados obtidos, que mais de 60% da área de estudo foi modificada pela intervenção humana, no qual há nos setores mais suscetíveis a movimentos de massa, imóveis residências de alto padrão. Deste modo, a presente pesquisa poderá contribuir no melhor gerenciamento, por parte do poder público, de toda a borda oriental da Chapada do Araripe.

**Palavras-chave:** Atividade antrópica, Chapada do Araripe, Uso e Cobertura.



## 1. Introdução

As interferências antrópicas decorrentes do manejo inadequado da terra influenciam diretamente na deflagração de processos morfodinâmicos (MICHEL *et al.*, 2014). A retirada da vegetação, por exemplo, desencadeia intensos processos de desequilíbrio ambiental, conforme já verificado por diversos autores (GUIDICINI e NIEBLE, 1983; RODRIGUES, 1998 e TABALIPA e FIORI, 2008).

Neste sentido, a cobertura vegetal apresenta-se como o meio mais simples e eficiente contra a ativação e a intensificação dos processos de erosão e de movimentos de massa. As florestas desempenham um papel importante no mecanismo de resistência do solo e a retirada de corpos arbóreos reduz o coeficiente de segurança. Para Augusto Filho (1994), um dos efeitos favoráveis são a redistribuição da água da chuva e o acréscimo da resistência do solo devido à presença das raízes. O desmatamento causa a redução nos efeitos mecânicos do sistema radicular por deterioração dos tecidos vegetais, fazendo que os efeitos climáticos ocorram diretamente na superfície do solo (GUIDICINI e NIEBLE, 1983; RODRIGUES 1998; TABALIPA e FIORI, 2008).

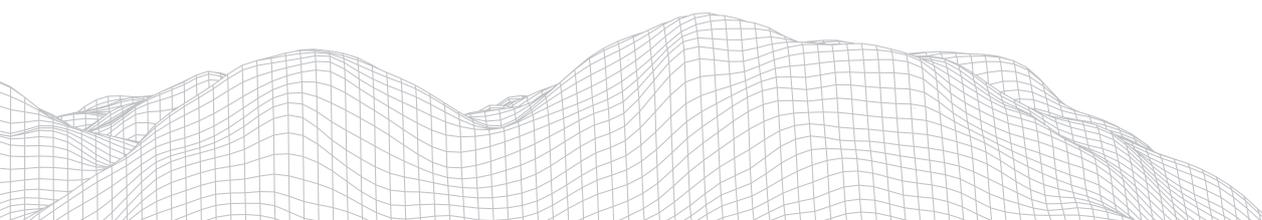
O nordeste brasileiro sofre intenso e acelerado processo de degradação ambiental, ocasionado por atividades agrícolas não sustentáveis. A Borda Oriental da Chapada do Araripe, no estado do Ceará, desde século XX, desenvolve culturas agroextrativistas e em menor escala, a agricultura de subsistência. Entretanto, o adensamento urbano no entorno da Chapada, suscitou em ações nocivas a natureza (desmatamento e queimadas para adição das agropecuárias, fabricação de carvão, uso industrial, produção de tijolos e telhas). Magalhães (2006) destaca que as intervenções humanas causaram desequilíbrios a todo curso hídrico dos Rios Batateira e Granjeiro que drenam a região.

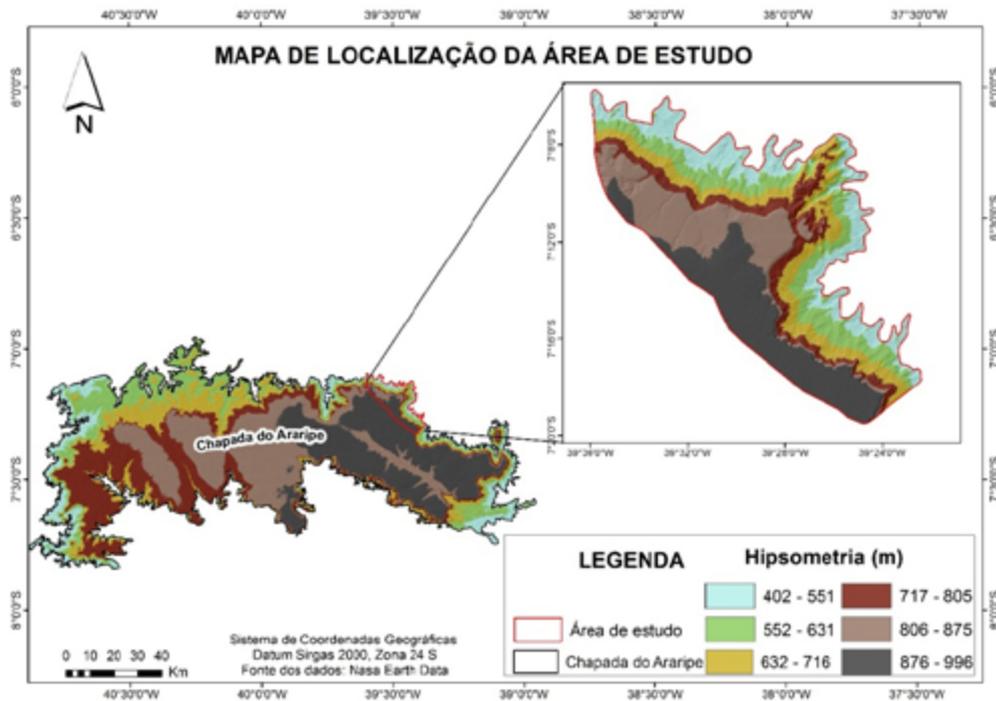
À vista disso, para o melhor gerenciamento da Borda Oriental da Chapada do Araripe, fazem-se necessários mapeamentos de uso e cobertura da terra. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi cartografar as principais atividades desenvolvidas na região, dando destaque as consequências físicas e sociais do manejo inadequado da terra.

## 2. Área de estudo

A borda oriental da Chapada do Araripe (Figura 1) localiza-se no interior do Nordeste brasileiro e abarca os estados do Ceará, de Pernambuco e do Piauí. Dentro de um contexto regional, a chapada do Araripe configura-se por uma bacia sedimentar intracratônica com uma área aproximada de 11.000 km<sup>2</sup>, cujos limites estão condicionados pela Zona Transversal da Província da Borborema entre os lineamentos de Patos, ao norte, e de Pernambuco, ao sul (MORALES e ASSINE, 2015).

Climatologicamente, a região está sob o domínio climático tropical semiárido com características edafoclimáticas e setores altimétricos mais chuvosos. A borda oriental da Chapada do Araripe sofre influência direta da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT. Os períodos chuvosos são bem distribuídos, sendo o trio de maior *input* pluviométrico, os meses de fevereiro, março e abril. A partir do mês de novembro, a intensidade das chuvas decresce progressivamente até maio. No município do Crato (CE), a pluviometria média anual atinge 1.109,1 mm (FUNCEME, 2006).





**Figura 1:** Mapa de localização da área de estudo.  
Fonte: autores, 2021. Base de dados: Nasa Earth Data.

### 3. Materiais e métodos

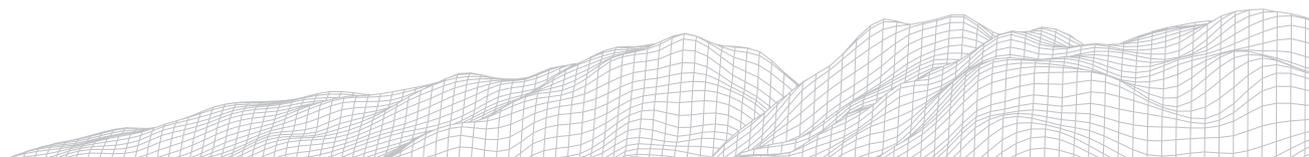
Em gabinete, para a identificação dos principais usos e cobertura da terra foram utilizadas as imagens de satélite disponíveis gratuitamente no software *Google Earth Pro* (série temporal de 2010 a 2020), os quais os polígonos em formato *KML* foram setorizados. Os polígonos gerados em *KML* foram exportados em formato *shapefile* (.shp) para o software *ArcGIS* na extensão *ArcMap* versão 10.5 (Licença do Laboratório de Geotecnologias Aplicadas a Geomorfologia de Encostas e Planícies - ENPLAGEO), no qual transcorreu a geração do material cartográfico final.

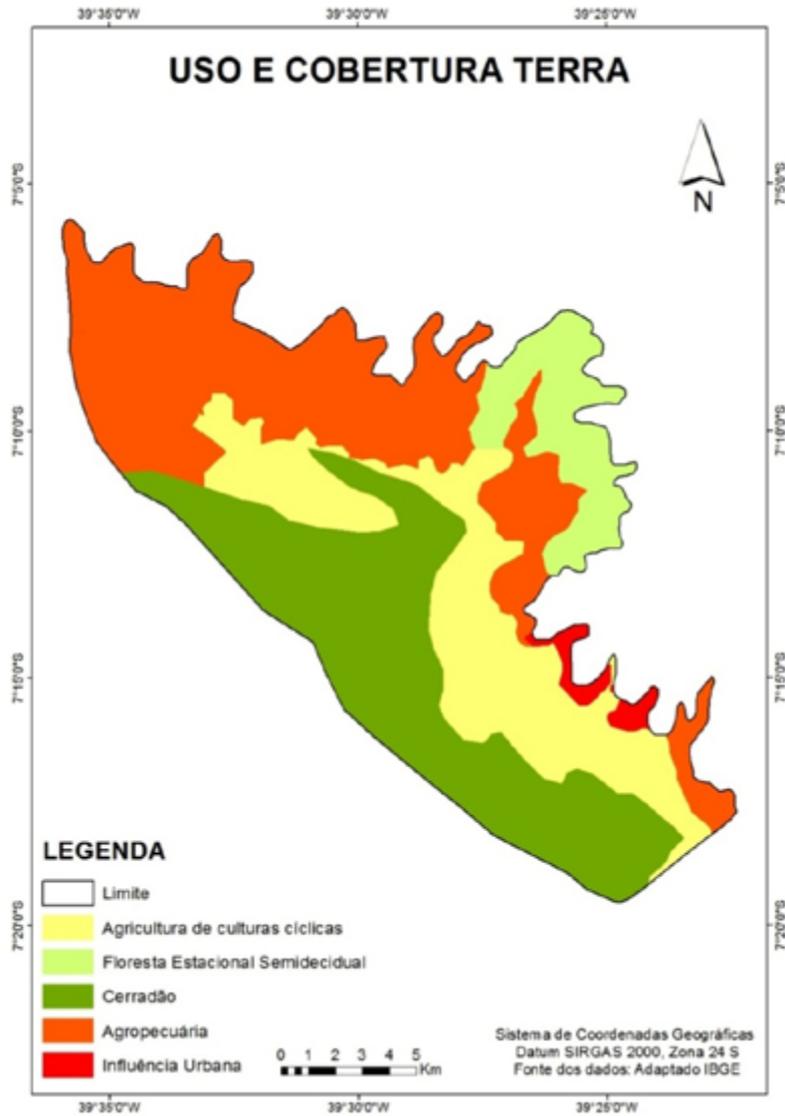
As classificações de uso e cobertura (legenda) seguiram as indicações do manual técnico de Uso e Cobertura da terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (2013). O plano de manejo e da Floresta Nacional do Araripe (2004) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis- IBAMA, e o trabalho de Magalhães e Oliveira (2009) também integraram as análises classificatórias.

Em novembro de 2020, seguindo as orientações dos órgãos de saúde na contenção da COVID-19, foi realizado trabalho de campo na região de análise, que permitiu a validação dos mapeamentos e as classificações espacializadas no material cartográfico.

### 4. Resultados e Discussão

De acordo com o mapa de uso da terra da área (Figura 2), foram identificados os seguintes usos: Agricultura de cultura cíclica, Floresta Estacional Semidecidual, Cerradão, Agropecuária e Influência Urbana. Em uma área total de 286,9 km<sup>2</sup>, a vegetação típica de Cerradão ocupa 29,3% (84,3km<sup>2</sup>) da área. A Floresta Estacional Semidecidual ocupa os 9,2% (26,4km<sup>2</sup>) restantes da vegetação natural. Em contrapartida, as atividades antrópicas de agropecuária, de agricultura de culturas cíclicas e de influência urbana ocupam, respectivamente, 36,2% (103 km<sup>2</sup>), 24,1% (69,1km<sup>2</sup>) e 1,2% (3,7 km<sup>2</sup>) (Tabela 1). As atividades antropicas juntas somam mais de 60% do setor Crato.





**Figura 2:** Mapa de Uso e Cobertura da Terra do ano de 2005 a 2020.  
 Fonte: Autores, 2021. Base de dados: imagens de satélite *Google Earth Pro*.

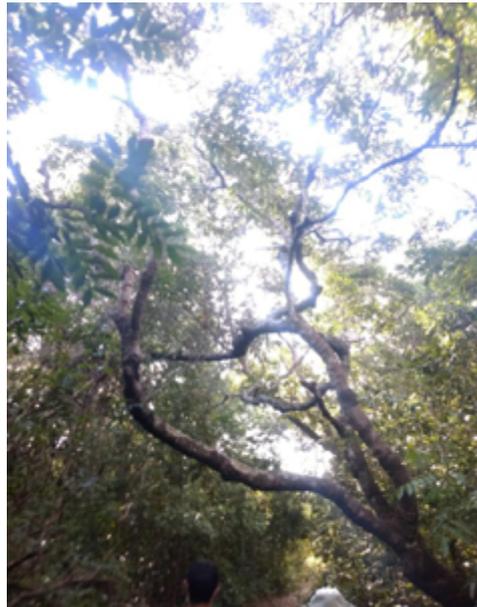
**TABELA 1**

Frequência de distribuição das classes de uso e cobertura da terra da borda oriental da Chapada do Araripe.

Uso da Terra	Área (km <sup>2</sup> )	%
Cerradão	<b>84,3</b>	<b>29,3</b>
Agricultura de culturas cíclicas	<b>69,1</b>	<b>24,1</b>
Agropecuária	<b>103,4</b>	<b>36,2</b>
Influência Urbana	<b>3,7</b>	<b>1,2</b>
Floresta Estacional Semidecidual	<b>26,4</b>	<b>9,2</b>
Total	<b>286,9</b>	<b>100</b>

Fonte: Autores, 2021.

A classe denominada “cerradão” constitui-se de formação florestal com aspectos xeromórficos, cujo estrato arbóreo varia de 8 m e 15 m, proporcionando condições de luminosidade que favorecem a formação de variados estratos arbustivos e herbáceos. Localiza-se em grande parte no platô da chapada, com altitudes que variam entre 876 m e 996m. A geologia da região é caracterizada majoritariamente pela Formação Exu (composta, principalmente, de arenitos), e em setores de transição, pela Formação Santana (composta predominantemente por carbonático, com presença de arenitos, siltitos e folhelhos). Os solos predominantes, nesta classe, são os latossolos de maior profundidade e baixa fertilidade. Devido às propriedades pedológicas, a área apresenta-se menos atrativa para a exploração agrícola (Figura 3).

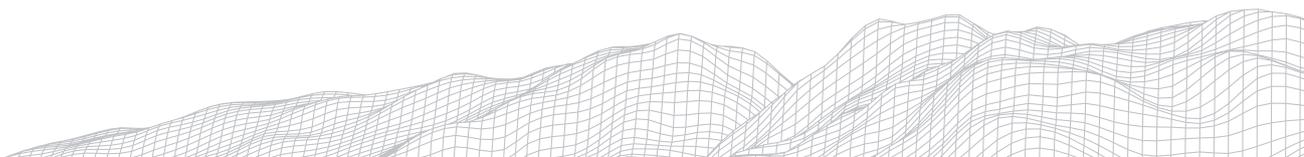


**Figura 3:** Densidade da vegetação do cerradão no topo conservado da Chapada do Araripe.  
Fonte: Autores (foto de novembro de 2020).

O uso “agricultura de culturas cíclicas” é constituído por plantações, sítios, imóveis residenciais e balneários que exploram o potencial turístico da Chapada. As altitudes variam entre 552 m e 805 m com setores de declividades acima dos  $16,8^\circ$ . A região encontra-se geomorfologicamente na Escarpa Rochosa do Araripe, entre as formações Santana e Missão Velha (arenitos grossos mal selecionados de formação fluvial com composições de siltitos, calcários e folhelhos). Há predominância dos Neossolos Litólicos nesta cobertura, cujos principais aspectos são a baixa fertilidade, a menor profundidade e a alta pedregosidade (Figura 4).

**Figura 4:** Plantação de coqueiro no setor de maiores declividades da Chapada do Araripe.  
Fonte: Autores (foto de novembro de 2020).

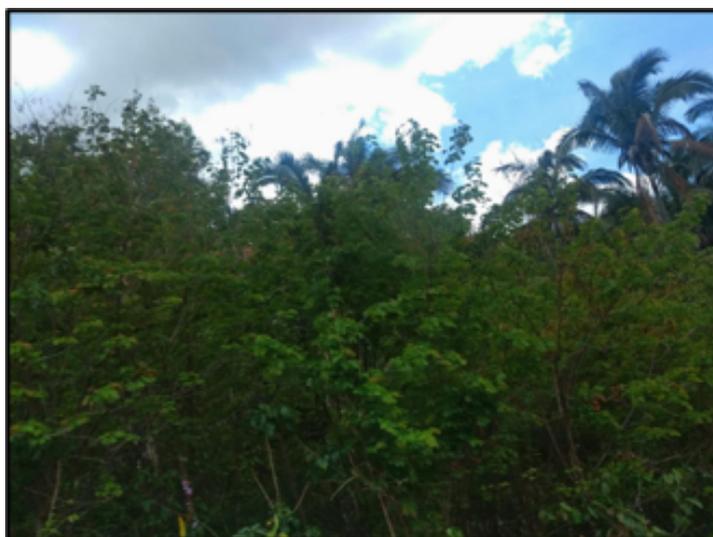
A classificação “influência urbana” corresponde ao trecho da cidade do Crato-CE que adentra a área de estudo. Encontra-se na menor hipsometria da região, entre 402 m e 551m e com declividade predominante entre  $0^\circ$ - $9,6^\circ$ . A formação Missão Velha integra a geologia da área, no setor de Escarpa Rochosa. A pedologia é constituída, principalmente, por neossolos litólicos que, após um amplo processo de desmatamento, deu amparo a infraestrutura urbana do município (Figura 2).





O setor agropecuário representa o maior uso e cobertura da região, devido à natural fisionomia da Floresta Subpereneófila e Caatinga Hipoxerófila, que é facilmente descaracterizada. Nos parâmetros topográficos, as altitudes variam entre 402 m e 875m e a declividade entre  $0^{\circ}$  e  $16,8^{\circ}$ . Na Escarpa Rochosa, a geologia é composta por duas principais formações: Exu e Santana. Existem três tipologias predominantes de solos, os Latossolos Amarelos, os Argissolos Vermelho-amarelo e os Neossolos Litólicos, cada um sua particularidade (Figura 2).

A Floresta Estacional Semidecidual (9,2%) caracteriza-se como ambiente de transição entre as vegetações dos climas úmidos e secos. O porte da vegetação pode chegar aos 20 metros de altura. Nos períodos de estiagem há uma razoável perda de folhas no seu extrato arbóreo, ampliando a diferença na fisionomia da paisagem entre a Floresta Estacional semidecidual e a Ombrófila. Localiza-se nas menores hipsometrias da Chapada. Há predominância de duas tipologias de solos: os argissolos vermelhos e amarelos e os argissolos vermelhos. Os argissolos vermelhos variam entre rasos a mediamente profundos e a boa drenagem interna garante uma alta taxa de fertilidade e auxilia a plantação (Figura 5).



**Figura 5:** Características fisionômicas da vegetação Floresta Estacional Semidecidual.  
Fonte: Autores (foto de novembro de 2020).

Bispo *et al.*, (2018) e Barbosa *et al.* (2020) ao realizarem um inventário de cicatrizes de escorregamentos, constataram que os processos se localizam nas maiores declividades do terreno. Isso significa, que há uma maior suscetibilidade natural nas áreas de transição entre o Cerradão e Agricultura de culturas cíclicas. O manejo inadequado do solo nesse setor pode intensificar e/ou desencadear processos geomorfológicos, especialmente, morfodinâmicos.

Os aspectos naturais da região propiciam o aparecimento de processos geomorfológicos, tais como, escorregamentos e erosão. As atividades antrópicas podem intensificar negativamente os processos exógenos modificadores do relevo. A exposição do solo oportuniza a sua compactação, que como efeito em cadeia, aumenta o escoamento superficial, dificulta a infiltração d'água e o reabastecimento dos aquíferos da região (MAGALHÃES e OLIVEIRA, 2009). A especulação imobiliária viabilizou, ainda, a construção de imóveis de alto padrão ao sopé da encosta, a partir da retirada da vegetação nativa (Figura 6).



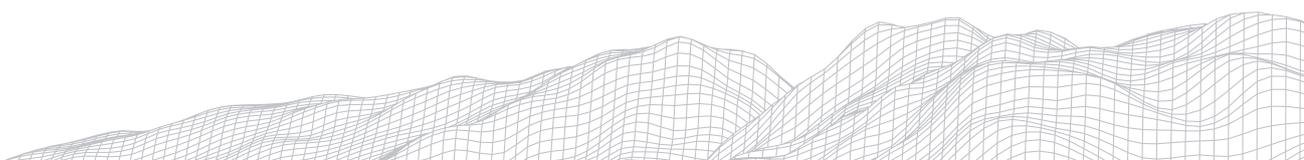
**Figura 6:** Moradias muito próximas ao sopé da Chapada do Araripe, Crato-CE, das quais observam-se cicatrizes de escorregamentos, pretéritas e atuais, à montante.

Fonte: Autores (foto de novembro de 2020).

#### 4. Considerações Finais

Portanto, o setor agropecuário ocupa a maior parte da área de estudo (36,2%), enquanto a menor classificação, influência urbana, apresenta 1,2%. A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que a Borda Oriental da Chapada do Araripe sofre com a interferência negativa das atividades antrópicas. O manejo inadequado do solo pode desencadear tanto o seu empobrecimento, como processos geomorfológicos, especialmente, movimentos de massa. Em todos os cenários, a população enfrenta impactos nos aspectos sociais (para os que vivem da agricultura de subsistência) e ambientais, relacionados à suscetibilidade dos escorregamentos e das erosões.

Por fim, as respostas obtidas na presente pesquisa, poderão ser utilizadas pelo poder público para o melhor monitoramento de toda Chapada do Araripe, e no gerenciamento eficiente do seu uso da terra.



## Referências

- AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de risco de escorregamento: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP**. São Paulo, 1994. 172 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- BARBOSA, B. G. S.; BISPO, C. O.; LISTO, F. L. R. . Avaliação dos condicionantes topográficos para previsão de escorregamentos na Borda Oriental da Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. In: Fabrizio de Luiz Rosito Listo; Danielle Gomes da Silva Listo; Brenno Calado Vieira de Melo Nascimento. (Org.). Retratos da geografia: Olhares através das geotecnologias. Ted, Recife: MapGeo Jr. Consultoria, 2020, v. , p. 86-98.
- BISPO, C. O.; LISTO, F. L. R.; SILVA, D. G. . Previsão de Escorregamentos Rasos a partir do modelo Shalstab na Borda Oriental da Chapada do Araripe. Revista De Geografia (Recife), v. 35, p. 219-230, 2018.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, Brasília, Sistema de Produção de Informação, 2013. 353p.
- FUNCEME. Zoneamento geoambiental do estado do Ceará: parte II mesoregião do sul cearense. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Fortaleza. 2006. 132p.
- GUIDICINI, G. & NIEBLE, C.M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: Editora Blücher, 196 p., 1983.
- MAGALHAES, A. O. ; OLIVEIRA, V. P. V. de . Uso e Ocupação da Terra no Alto Curso do Rio da Bateteira - Município do Crato/CE: Impactos Ambientais, Potencialidades e Limitações. In: XXIII Simpósio de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. A Geografia Física Aplicada e as Dinâmicas de Apropriação da Natureza. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. v. I. p. 271-271.
- IBAMA. Plano de Manejo de Manejo da Floresta Nacional do Araripe. Brasília: **Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**, 2004.
- MAGALHÃES, A.O. **Análise ambiental do alto curso da microbacia do Rio da Bateteira no município do Crato/Ce: subsídios ao zoneamento ecológico-econômico**. Dissertação de Mestrado, Fortaleza: UFC, 2006.
- MICHEL, G.P.; KOBAYAMA, M.; GOERL, R.F. Comparative Analysis of SHALSTAB and SINMAP for Landslide Susceptibility Mapping in the Cunha River Basin, Southern Brazil, **Journal of Soils and Sediments**, 2014.
- MORALES, N.; ASSINE, M. L. Chapada Do Araripe: A Highland Oasis Incrusted into the Semi-arid Region of Northeastern Brazil. In: VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C. (Orgs.). **Landscapes and Land forms of Brazil**. Dordrecht: Springer, 2015.
- RODRIGUES, B.B. **Inventário e análise de susceptibilidade aos escorregamentos de massa gravitacionais e erosão na região de Águas de Lindóia – SP – Escala 1:10.000**. São Carlos, 1998. 163 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos.
- TABALIPA, N.L & FIORI, A, P. Influência da vegetação na estabilidade de taludes na bacia do rio ligeiro (pr). São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 27, n. 3, p. 387-399, 2008.

