

RISCO GEOMORFOLÓGICO: UMA CARTOGRAFIA AMBIENTAL DE AFLUENTES DO MÉDIO CURSO DO RIO TAPAJÓS - REGIÃO DE INTEGRAÇÃO DO TAPAJÓS/PA

Santos, D.C.S. (UFPA) ; Ponte, F.C. (UFPA) ; Andrade, M.M.N. (UFRA)

RESUMO

A crescente frequência dos desastres ambientais é, em sua maior parte, impulsionada pelos efeitos antropogênicos, como inundações e deslizamentos de terra. O trabalho visa apresentar uma proposta cartográfica de componentes físico-ambientais para subsidiar a análise de risco geomorfológico da área de estudo, na Região de Integração do Tapajós, no Estado do Pará. A metodologia adotada baseou-se em prescrições da conjectura da ecodinâmica, e, desta forma, sustenta a análise de variáveis e critérios envolvidos na estimativa da fragilidade do ambiente natural. Como resultado, foram identificadas quatro tipologias de riscos geomorfológicos - baixo, moderado, alto e muito alto, as quais sugerem que a área de estudo apresenta um panorama preocupante em termos de risco geomorfológico, o qual poderá ser potencializado pela expansão de atividades antropogênicas, em particular, aquelas associadas à exploração mineral.

PALAVRAS CHAVES

risco geomorfológico; cartografia ambiental; região de integração do Tapajós; barragens de rejeito; mapa de síntese

ABSTRACT

The increasing frequency of environmental disasters are generally driven by anthropogenic effects, such as floods and mudslides. The work aims to present mapping proposals and physical-environmental components to support the geomorphological risk analysis of the study area, in the Tapajós Integration Region, in the State of Pará. The adopted methodology is based on prescriptions of the ecodynamics conjecture, and, thus, supports the analysis of variables and criteria involved in estimating the fragility of the natural environment. Thus, the four typologies of geomorphological risks identified were: low, moderate, high and very high, which suggest that the study area presents a worrying panorama in terms of geomorphological risk, which can, in this sense, be reinforced by exploration minerals and by the accelerated and disorderly expansion of human activities.

INTRODUÇÃO

Os desastres naturais são, de modo geral, determinados pela relação entre o Homem e o meio físico. Dessa forma, a crescente frequência dos desastres ambientais, geralmente, é impulsionada pela apropriação inadequada dos recursos naturais, bem como, pelas ocupações de áreas de risco, como encostas de relevo, vertentes declivosas e vales. Os efeitos antropogênicos têm ocasionado impactos ambientais em todo o globo terrestre. Entre os processos da dinâmica superficial causadores de acidentes que afetam a população, têm-se as inundações e as diversas formas de erosões e movimentos de massas. Por conseguinte, tais eventos têm ocorrido proeminentemente em áreas de risco, sobre as quais, ocorrem ou há possibilidade de ocorrência dos mesmos, muitas vezes, acompanhados de acidentes. Terrenos susceptíveis a inundação, morros e serras, muitas vezes próximos à áreas de assentamentos populacionais ou áreas de exploração mineral, quando submetidos a determinadas intervenções antrópicas, podem resultar em grandes desastres socioeconômicos, como exemplo, o desastre ambiental na área de mineração ocorrido no município de Mariana, no Estado de Minas Gerais, no ano de 2015. Assim como, o caso do desastre ambiental em Brumadinho, também em Minas Gerais, que ocorreu em razão do rompimento de uma barragem de rejeito mineral, em 2019. Nesse sentido, torna-se necessária a análise integrada de fatores e processos envolvidos na dinâmica de áreas frente a perspectiva de risco geomorfológico, pautada em uma visão sistêmica do meio, onde, a cartografia ambiental, desempenha um papel fundamental, uma vez que contribui como instrumento metodológico importante para a geração de

mapas temáticos e de síntese, ambos indispensáveis a análise, mensuração e compreensão do objeto focado. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de mapeamento de indicadores ambientais para subsidiar a análise de risco geomorfológico, a partir do diagnóstico do meio físico (Geomorfologia, Pedologia, Cobertura Vegetal e Uso do Solo) e da alocação de sistemas de barragens de mineração e suas respectivas áreas de influência, de afluentes do médio curso do rio Tapajós, na Região de Integração do Tapajós, no estado do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise do risco geomorfológico fora fundamentada em preceitos da teoria da ecodinâmica (TRICART, 1977), que classifica o terreno em meios estáveis, meios intermediários e meios instáveis. Esta teoria vem subsidiando uma série de metodologias e investigações na perspectiva da análise integrada das paisagens e/ou geossistemas, através a adoção e da análise de um conjunto de variáveis e critérios, como por exemplo, na estimativa da fragilidade/vulnerabilidade do meio natural dos ambientes (ROSS, 1994). O recorte da área de estudo teve como base os dados de Bacia Hidrográficas Ottocodificadas, áreas de contribuição dos trechos da rede hidrográfica codificadas segundo o método do Otto Pfafstetter, para classificação de bacias, onde cada trecho é associado a uma superfície de drenagem denominada Ottobacia, indo do nível 1 ao 7 (ANA 2017). Com o intuito de abarcar o maior número de barragens existente na RIT, foram utilizadas quatro sub-bacias de nível 5, que resultou na área em estudo. O Mapa de Risco Geomorfológico fora elaborado a partir de dados temáticos, obtidos do Banco de Informações Ambientais - BDIA (IBGE, 2022), os quais foram utilizados para produção dos mapas preliminares de Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso do Solo. Os dados de uso da terra foram refinados a partir de informações adquiridas junto ao IBGE (2015) e ao Mapbiomas (2021), no que se refere às áreas urbanizadas e às de mineração, respectivamente. Após a elaboração dos mapas temáticos, foi realizada a interseção dos mesmos, através do processo de álgebra de mapas, em plataforma de Sistema de Informações Geográficas (SIG) - Quantum GIS, quando fora realizada a atribuição de pesos às classes de cada mapa temático e, posteriormente, a adoção de valores médios para a definição das unidades de riscos geomorfológicos (Quadro 1). Os pesos adotados foram definidos a partir de uma escala de 1 a 5. A atribuição desses valores levou em consideração características associadas a critérios pré-estabelecidos, de acordo com Ross (1994). No quadro 2 é possível visualizar as temáticas e os respectivos critérios considerados na análise da fragilidade do meio e do risco geomorfológico. Com relação a geomorfologia, foram considerados aspectos associados a morfoestrutura, a morfodinâmica, a forma, a declividade e a amplitude altimétrica. Em Pedologia, foram adotados aspectos como a textura, profundidade/maturidade pedogenética, considerando o 3º nível categórico da classificação de solos (EMBRAPA, 2013). Em Vegetação e Uso, fora considerado a densidade da cobertura do solo e a estrutura tecnológica associada a ameaça potencial de transformação ecológica, respectivamente. A produção do mapa de risco geomorfológico fora adquirida pelo processo de aglutinação dos mapas temáticos - álgebra de mapas, através da reclassificação das médias resultantes do cruzamento dos atributos/pesos das classes temáticas. Assim, as médias alocadas entre os valores 1 a 2 foram definidas como categoria 1 (baixo risco); as médias entre 2.1 a 3, foram consideradas com categoria 2 (moderado risco); as médias entre 3.1 a 4 definidos como categoria 3 (alto risco); e, por fim, as médias entre 4.1 ao 5, foram reclassificados como categoria 4 (muito alto risco). O quadro 3 apresenta a relação entre as classes, a reclassificação das médias e suas respectivas categorias de risco geomorfológico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do mapa geomorfológico (Figura 3) com base a taxonomia proposta por Ross (1992), foi possível identificar duas classes morfoestruturais (Crátons Neoproterozóicos e Depressão Sedimentar do Quaternário), três classes morfoesculturais (Planaltos Residuais do Sul do Pará, Depressão do Jamanxim - Xingu, Planície Amazônica), seis modelados morfológicos (Pediaplano, Planície Fluvial, Planície e Terraços Fluviais, Topo Aguçado, Topo Convexo, Topo Tabular). No quadro das classes morfoesculturais, foi possível identificar seis unidades morfológicas de relevo: Pediplano degradado inumado, Planície Fluvial, Planície e Terraços Fluviais, Topo Aguçado, Topo Convexo e Topo Tabular. As planícies Fluviais são conjuntos de relevos planos ou levemente ondulados, geralmente posicionados a baixa altitude, formada pela influência da decomposição de sedimentos

fluviais e são superfícies mais planas resultantes da ação fluvial, apresentando assim depósitos essencialmente holocênicos (IBGE, 2009). Essa classe ocorre com menor disparidade na sub-bacia de estudo, com área de 1,10 Km² (0,05%) nos quais os processos de sedimentação prevalecem sobre os de erosão, por isso a suscetibilidade ao risco obtida de média 3. Assim como a Planície e Terraços Fluviais, com média de risco de 1,5. Possui 38,23 Km² (1,44%), que são áreas planas resultantes de acumulações aluviais, periodicamente inundadas, constituídas por meandros abandonados e cumes arenosos, são identificados em conjunto devido à limitação de representação nessa escala cartográfica (IBGE, 2009). O Pediplano degradado Inundado, risco 1, constitui superfície plana parcialmente conservada, tendo perdido a sua continuidade na sequência de uma alteração no sistema morfogenético, segundo o IBGE (2009). Ocorre nos topos de planaltos e chapadas, dominados por residuais ou dominando relevos dissecados. Esta unidade possui uma área de 123,87 Km² (12,99%), distribuída principalmente na parte oeste, aproximando-se das Planícies presentes. Por fim, encontram-se os Modelados de dissecação homogênea e estrutural são definidos pela forma dos topos e pela combinação das variáveis densidade e aprofundamento da drenagem (IBGE, 2009). As formas de topos convexos, média de risco 4, compreende a morfologia que mais compõe a área de estudo com 1932,23 Km² (71,64 %), são geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas e eventualmente em sedimentos, denotando controle estrutural. As formas de topos tabulares, risco 2, segunda unidade mais expressiva da área de estudo com 332,19 km² (12,99%), delimitam feições de rampas suavemente inclinadas e lombadas, geralmente esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas e rochas metamórficas, denotando eventual controle estrutural. São, em geral, definidas por drenagem de baixa densidade, com vales rasos e vertentes com pouca declividade (IBGE, 2009). As formas de topos aguçados, média de risco 5, com 218,88 Km² (8,23%), são conjuntos de formas de relevo de topos estreitos e alongados, esculpidas em rochas metamórficas e eventualmente em rochas ígneas e sedimentares, denotando controle estrutural, definidas por vales encaixados. (IBGE, 2009). PEDOLOGIA Os Argissolos Vermelho-Amarelos, média de risco 2, são solos desenvolvidos do Grupo Barreiras de rochas cristalinas ou sob influência destas, está presente em 96,43% do recorte em estudo, sobrepondo tanto o Topo Convexo, quanto os Crátons ali presentes. Além de serem solos profundos e muito profundos; bem estruturados e bem drenados, que apresentam principalmente a textura média/argilosa (EMBRAPA, 2018). Os Cambissolos, risco de 3,5 possuem o relevo com declives acentuados, pequena profundidade e ocorrência de rochas na massa do solo. Encontra-se na região central da área, com 11,75 Km² e está presente no grupo Ta Eutrófico, classificado no terceiro nível categórico do SiBCS 2018. O Gleissolo Háplico, risco 4, está presente em 38,24 Km² da área, sobreposto às Planícies e Terraços. São definidos pelo SiBCS (2018) como solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei, são solos característicos por possuir argila de alta atividade e de baixa fertilidade (Embrapa, 2018). Já o Latossolo, presente em 30,31 Km² (1,15%) da área, os Latossolos são conhecidos por serem solos antigos, de intemperização intensa. A EMBRAPA (2018), caracteriza-o como sendo normalmente de baixa fertilidade, solos bem estruturados e muito porosos. Porém, devido aos mesmos aspectos físicos, possuem baixa retenção de umidade. Enquanto o Neossolo Flúvico, risco 5, sendo definido pelo SiBCS (Embrapa, 2018) como solos novos. Esse solo sobrepõe as planícies, com área de 0,09 Km² e por encontra-se próximo aos rios, há risco de inundação, que pode ser frequente ou muito frequente. COBERTURA VEGETACIONAL E USO DO SOLO As duas grandes classes encontradas foram: Vegetação Natural Dominante, presente em 85,83% da área, fator de influência para o resultado final do mapa de síntese, está subdividida em: Floresta Ombrófila Aberta Submontana; Floresta Ombrófila Densa Aluvial; Floresta Ombrófila Densa Submontana. E a Área Antrópica Dominante ou Antropismo, subdividida em: Vegetação Secundária, Área Urbana, Pecuária e Mineração (Figura 5). A Floresta Ombrófila Densa Submontana caracteriza-se por ocupar áreas dissecadas com solos moderadamente profundos, e apresentar dossel emergente, que são copas emergentes que elevam-se de 6 a 30 metros acima do dossel (IBGE, 2012). Com uma área em torno de ocupa 502,58 km² (18,89%). Paralelo a esta formação, ocorre a presença da Floresta Ombrófila Aberta Submontana, podendo ser observada distribuída por toda a Amazônia e mesmo fora dela, principalmente com a faciação florística de cipó, caracteriza-se por uma formação fitoecológica de menor densidade, em razão de fatores pedogeneticamente limitantes e regime hídrico desfavorável. A Floresta Aberta está distribuída na maior porção da área em estudo, sobre relevos mais acidentados e solos menos desenvolvidos, apresentando uma área de 1.745,59 km² e (65,63%). Por fim, a Floresta Ombrófila

Densa Aluvial, última classe diz respeito a Vegetação Natural Dominante, comumente conhecida como formação ribeirinha ou mata ciliar, ocorre ao longo de cursos d'água, ocupa os antigos terraços das planícies quaternárias e possui uma área de 35,06 km (1,32%). Em relação às unidades antropogênicas destacam-se: pastagem, mineração, área urbanizada e vegetação secundária. Segundo o manual técnico de uso e cobertura da terra (IBGE, 2013), a pastagem, que se destaca com maior disparidade na área central do objeto em estudo, ocupando uma área por volta de 232.77 km (8,75%), se condiciona a áreas antrópicas agrícolas, em que a superfície é designada ao pastoreio do gado, composta através de plantio de forragens perenes ou benefício de pastagens naturais. Sendo correlacionado à vegetação secundária, ocupam cerca de 2.285,13 km (10,94%) da área. São as áreas onde houve intervenção humana para o uso do solo, para fins minerários, agrícolas ou pecuários, descaracterizando a vegetação primária. A mineração refere-se às áreas de extração ou exploração de minerais. Em relação aos métodos de exploração, podem se destacar os de lavra e o garimpo (IBGE, 2013). Esta classe está situada por boa parte do recorte estudado, mais predominantemente nas áreas que perpassam o rio Tocantins com 5 barragens de minério, principalmente o de ferro, ocupando uma área explorada de aproximadamente 56.89 km (2.14%). As áreas urbanizadas caracterizam-se por apresentarem núcleos urbanos, em que são designadas as sedes municipais, as vilas e as áreas urbanas, classifica-se como isoladas, conforme a categorização do IBGE (2013). Esta classe está distribuída de maneira pontual, sendo parte próximo a barragem central e outra parte nas barragens ao nordeste, possui uma modesta área que equivale a 1.28 km (0,05%), ambas impulsionadas pela mineração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise individual de parâmetros temáticos diante da fragilidade do meio ambiente, a qual condicionou atribuir pesos/valores de importância, fora possível elaborar o mapa de risco geomorfológico da área de estudo, no contexto da Região de Integração de Tapajós (Figura 6). Através do mapa de risco geomorfológico fora possível individualizar quatro classes para uma análise integrada dos processos de dinâmica superficial e os riscos geomorfológicos associados, sendo elas: baixo risco (20,23%); moderado risco (65,66%); alto risco (11,49%); e, muito alto risco (2,26%). O mapa de risco geomorfológico constitui a síntese de uma abordagem holística, levando em consideração fatores favoráveis ou não, no que se refere ao potencial de ocorrência de determinados eventos. Assim como a análise quanto à fragilidade, frente a ocupação destes espaços, através da geração de indicadores de instabilidade e/ou estabilidade do terreno. Neste sentido, o objeto de estudo demonstra um panorama preocupante diante do risco geomorfológico, principalmente em locais sob influência antrópica, ao considerar o fato que a mesma apresenta potencial para a ocorrência de desastres, sejam eles naturais e/ou sociais. Esta afirmativa é decorrente da presença de fatores favoráveis à eclosão desses eventos, pois parte da área apresenta um risco geomorfológico, de moderado a muito alto. Portanto, o diagnóstico do meio físico e a análise de sua fragilidade diante de um determinado evento natural e/ou socioeconômico são fundamentais ao planejamento ambiental, assim como a mitigação de possíveis desastres e/ou acidentes. Nesse contexto, a cartografia ambiental tem mostrado sua eficácia ao compreender os fatores físico-naturais por meio de uma abordagem sistêmica e holística.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ANA. Bacias Hidrográficas Ottocodificadas - Nível 5. Brasília: ANA, 2017. Escala 1:250.000
- Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA, 2018. 116 - 232p. Publicação EMBRAPA 5ª ed.
- IBGE. Manual técnico de geomorfologia. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 27 - 35p. Publicação IBGE 2ª ed.
- IBGE. Brasil- Áreas urbanizadas. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Escala 1:25.000
- IBGE. Banco de Dados e Informações Ambientais – Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso. Rio

de Janeiro. Escala 1:250.000

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 2012. 55 - 155p. Publicação IBGE 2ª ed.

MAPBIOMAS. Mapeamento Anual de Uso e Cobertura da Terra no Brasil. São Paulo: MAPBIOMAS, 2021. Escala 1:250.000

ROSS, J. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo.

Revista do Departamento de Geografia, n. 6, p. 17-29, 1992. DOI: 10.7154/RDG.1992.0006.0002

ROSS, J. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia, n. 6, p. 66, 1994. DOI: 10.7154/RDG.1994.0008.0006

TRICART, J. T. Ecodinâmica. Diretoria Técnica, SUPREN. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 31p.