

# CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PREGUIÇAS, MARANHÃO – BRASIL

Soares, I.G. (UNICAMP) ; Oliveira, R.C. (UNICAMP) ; Santos, L.C.A. (UEMA)

## RESUMO

Este trabalho tem como área-objeto a bacia do rio Preguiças que fica localizada na região nordeste do Maranhão. Objetivou-se realizar uma caracterização morfométrica e dos componentes físicos da bacia, com base em técnicas de geoprocessamento, no intuito de melhor entender a dinâmica hidrográfica. Para alcançar o objetivo aplicou-se técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG. Os resultados da densidade de drenagem indicam baixo escoamento superficial e maior infiltração; o índice de sinuosidade caracteriza o rio Preguiças como sinuoso; prevalecem elevações entre 60 a 100m; o resultado do fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compactidade indica que a bacia não favorece a concentração do fluxo fluvial, seu formato é comprido e tem baixa tendência à ocorrência de enchentes; o índice de rugosidade evidencia menor risco de degradação; o gradiente do canal principal demonstra que a área drenada por esse sistema fluvial, não sofre uma grande pressão pela erosão fluvial.

## PALAVRAS CHAVES

*Dinâmica hidrográfica; Geoprocessamento; Características geométricas; Aspectos do relevo ; Rede de drenagem*

## ABSTRACT

This work has as object area the basin of the river Preguiças which is located in the northeast region of Maranhão. The objective was to carry out a morphometric characterization and the physical components of the basin, based on geoprocessing techniques, in order to better understand the hydrographic dynamics. To achieve the objective, geoprocessing techniques were applied. The drainage density results indicate low surface runoff and greater infiltration; the sinuosity index characterizes the Preguiças river as sinuous; elevations between 60 and 100m prevail; the result of the shape factor, roundness index and compactness coefficient indicates that the basin does not favor the concentration of the fluvial flow, its format is long and it has a low tendency to the occurrence of floods; the roughness index shows a lower risk of degradation; the gradient of the main channel demonstrates that the area drained by this fluvial system does not suffer great pressure from fluvial erosion.

## INTRODUÇÃO

A bacia funciona como um sistema aberto em que qualquer acontecimento que ocorra repercutirá, direta ou indiretamente, nos rios, configurando-se numa unidade espacial de análise ideal para estudos geomorfológicos e ambientes. Essa unidade espacial possibilita ao pesquisador e aos planejadores uma visão integrada e sistêmica dos diversos componentes, processos e interações presentes na paisagem (ALMEIDA et al., 2010). Conhecer o ambiente físico é essencial para subsidiar o processo de ocupação e manejo dos recursos das bacias hidrográficas, reconhecendo áreas de fragilidade natural e potencializadas pelo antropismo. Sendo assim, o entendimento das características físicas destas unidades permite o planejamento da ocupação do espaço de maneira mais sustentável (ALVES; AZEVEDO; SILVA, 2014). A caracterização morfométrica de uma bacia é um procedimento executado nas análises hidrológicas e/ou ambientais, visando clarificar questões sobre o entendimento das dinâmicas, locais e regionais, da infiltração, da quantidade de deflúvio, da evapotranspiração e do escoamento superficial e subsuperficial associando aos elementos físicos e bióticos de uma bacia. Essa caracterização serve como instrumento para aplicações quantitativas relacionadas aos recursos hídricos e à dinâmica ambiental, possibilitando o melhor gerenciamento e aproveitamento dos recursos naturais e nas limitações quanto aos usos (SILVA et al., 2018). As intervenções antrópicas passaram a modificar as características do ambiente natural da bacia, com

isso, vários aspectos fisiográficos do ambiente são alterados como: o relevo, o uso, a vegetação, a fauna, a hidrologia e o clima. As ações antrópicas têm acelerado e potencializado alterações nas características fisiográficas por meio da canalização e retificação de cursos fluviais, terraplanagem e impermeabilização do solo (VALE; COSTA; PIMENTEL, 2021). O Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas, com o avanço da tecnologia, têm sido amplamente utilizados na morfometria para selecionar bacias prioritárias ao manejo, avaliar características hidrológicas, geológicas e topográficas, adotar medidas de conservação dos recursos ambientais, dentre outros, uma vez que fornecem flexibilidade e precisão na determinação, interpretação e análise das informações geoespaciais (DOMINGUES et al., 2020). As técnicas empregadas para identificação dos parâmetros morfométricos associados as características geométricas, do relevo e da rede de drenagem possibilitam entender se naturalmente a bacia tem maior tendência a enchentes e intensificação da erosão fluvial, levando em consideração ainda que o uso da terra sem o devido planejamento ambiental também pode intensificar a erosão e o assoreamento do rio Preguiças. Logo, a análise morfométrica subsidiará o gerenciamento do uso na bacia, pois será evidenciado suas limitações e potencialidades. A bacia do rio Preguiças situa-se na região nordeste do Maranhão, entre os sistemas costeiros das bacias dos rios Peria e Grande, e das bacias dos rios Novo e Barro Duro. A bacia abrange uma área de 3.957,84 km<sup>2</sup>, e, ao todo, a rede hidrográfica compreende 319 trechos de drenagem. A bacia possui um alto potencial turístico devido, principalmente, à presença do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e da Área de Proteção Ambiental da Foz do Rio Preguiças-Pequenos Lençóis-Região Lagunar Adjacente. Essas unidades de conservação destacam-se pela presença de dunas e de regiões alagadas, assim como por apresentarem exuberância e diversidade de ecossistemas. O fluxo intenso de turistas na região da bacia tem por consequência a intensificação da atividade antrópica na mesma, o que acaba por comprometer a qualidade estética e a dinâmica natural da área. Desta forma, o trabalho tem o objetivo de realizar uma caracterização morfométrica e dos componentes físicos da bacia do rio Preguiças, com base em técnicas de geoprocessamento, no intuito de melhor entender a dinâmica hidrográfica.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para alcance do objetivo, utilizou-se o shapefile do limite da bacia e da rede de drenagem obtido do Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão. Tais dados encontram-se disponíveis no site do ZEE-MA para download na escala de 1:250.000. Após aquisição dos dados realizou-se a importação para o QGIS 3.22 onde procedeu-se a reprojeção para SIRGAS 2000/UTM, Fuso 23S em seguida recorreu-se a calculadora de campo do SIG para calcular os índices morfométricos. A análise morfométrica foi feita a partir das características geométricas, de relevo e das características da rede de drenagem. Na geométrica foram determinadas a área, o perímetro, o coeficiente de compacidade, o fator de forma, o índice de circularidade e o comprimento do eixo da bacia. O coeficiente de compacidade é um índice que relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia a uma circunferência de área igual ao da bacia. O fator de forma relaciona a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Esse índice indica a maior ou menor tendência para enchentes. Uma bacia com um fator de forma baixo tem menos tendência para enchentes que uma bacia do mesmo tamanho, mas com um fator de forma superior (VILLELA; MATTOS, 1975). O índice de circularidade relaciona a área da bacia à área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia. Esse valor tende para unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui conforme a mesma se torna mais alongada. Em relação ao parâmetro drenagem foram determinadas a densidade de drenagem (Dd), o comprimento total dos cursos d'água, o comprimento do rio principal, o coeficiente de manutenção, o índice de sinuosidade, o tempo de concentração, a extensão do percurso superficial. Já a densidade de drenagem é o resultado da divisão entre o comprimento total dos cursos d'água pela área da bacia. Esse índice indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia e mostra o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem. O coeficiente de manutenção representa uma medida de textura do solo, utilizando-se do índice Dd, e serve basicamente para determinar a área mínima necessária para a manutenção de 1m de canal de escoamento permanente (TRAJANO et al., 2012). Já o índice de sinuosidade relaciona o comprimento verdadeiro do canal à distância vetorial entre os dois extremos do canal principal (SILVA et al., 2018). Esse índice expressa a velocidade de escoamento do canal principal. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a

velocidade de escoamento será menor. O tempo de concentração é o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída. Corresponde ao tempo gasto para a gota de chuva se deslocar do ponto mais afastado da bacia até sua foz. A extensão do percurso superficial representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente. O resultado obtido também serve para caracterizar a textura topográfica. Para o parâmetro relevo determinou-se a altitude média, as altitudes mínima e máxima, a declividade média, a amplitude altimétrica, o índice de rugosidade e o gradiente do canal. O índice de rugosidade relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial a seu potencial erosivo, expresso pela declividade média. Trata-se de um índice adimensional que corresponde à diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia, o que indica o desnível médio da bacia (TRAJANO et al., 2012). O gradiente de canais é dado pela relação entre a altitude máxima da bacia e o comprimento do canal principal. Esse índice tem por finalidade indicar a declividade dos cursos d'água. A vazão específica média de longa duração relaciona a vazão média de longo prazo e a área de contribuição da estação de estudo. Representando a capacidade que há na bacia em produzir escoamento superficial.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O clima da região, conforme classificação de Thornthwaite (1948), caracteriza-se como subúmido, com totais pluviométricos anuais que variam de 1.456mm a 1.656mm. A partir do processamento dos dados em ambiente SIG foi possível obter as características morfométricas da bacia que estão sintetizadas na Tabela 1, esses parâmetros foram encontrados através de dados geométricos, de relevo e de drenagem. A bacia do rio Preguiças apresenta uma área de 3.957,84 km<sup>2</sup>, um perímetro de 502,90 km, comprimento total dos cursos d'água de 1.570,27 km, sendo o curso d'água principal com comprimento de 159,89 km. Além desses aspectos, a bacia apresenta um padrão de drenagem do tipo dendrítico. O canal principal é de 5ª ordem e a bacia é exorreica. A densidade de drenagem representa o grau de dissecação do relevo e funciona como índice demonstrativo do trabalho fluvial de erosão da superfície. Dessa forma, adquire importância como instrumento de análise da paisagem, sobretudo para identificar possíveis focos de suscetibilidade geomorfológica (SILVA et al., 2018). A Dd encontrada foi de 0,4 km/km<sup>2</sup>, indicando que a bacia apresenta baixa capacidade de drenagem, ou seja, baixo escoamento superficial e maior infiltração. “Valores baixos e médios de drenagem, geralmente estão relacionados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração de precipitação”. (SILVA et al., 2018, p.253). O resultado do coeficiente de manutenção da área de estudo foi 2.500 m<sup>2</sup>/m, ou seja, é preciso uma área de drenagem de, no mínimo, 2.500 m<sup>2</sup>.m<sup>-1</sup> para a manutenção de um metro de canal de escoamento. O valor obtido pelo Cm é elevado, necessitando de uma área considerável para a manutenção (área de recarga) e evolução da drenagem. Este resultado pode ser corroborado pela densidade de drenagem, o qual foi baixa, sugerindo que a bacia possui dificuldade na renovação e formação de novos canais. Essa realidade pode ser entendida ao verificar que a bacia apresenta baixas declividades e baixo índice de rugosidade, fatores relevantes no escoamento fluvial e formação de canais (SILVA et al., 2018). O índice de sinuosidade varia de 1 a 2, indicando que valores próximos ou inferiores a 1, os cursos hídricos são classificados como canais retilíneos, já valores superiores a 2,0, indicam cursos de água sinuosos. Valores intermediários sugerem formas transacionais, regulares e irregulares (SILVA et al., 2018). O Is obtido é de 2,84 km.km<sup>-1</sup>, caracterizando o Rio Preguiças como sinuoso. Segundo Stipp, Campos e Caviglione (2010), Is acima de 2,0 km.km<sup>-1</sup> caracteriza-se por redes de drenagem sinuosas, podendo haver acúmulos de sedimentos, o que pode ser agravado pela ação antrópica. Conforme Alves et al. (2020, p.3649), “a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais”. A extensão do percurso superficial, ou seja, a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente, foi de 1,25 m. Para Guerra e Cunha (1995 apud PINTO JUNIOR; ROSSETE, 2005), a maior parte das observações comprovam a influência do escoamento superficial que está relacionada a cobertura vegetal. Isso então coloca peso muito grande na cobertura vegetal, como fator controlador do escoamento superficial. A Eps representa o caminho percorrido pela enxurrada do interflúvio até o canal fluvial, sendo que o valor para essa variável pode refletir na maior ou menor infiltração da água no solo, uma vez que, quanto maior o percurso

entre os canais de escoamento, maior o contato direto da água com o solo, ficando sujeita a infiltração (ALVES et al., 2020). Os valores de declividade se enquadram nas classes plano a forte-ondulado como definido pela EMBRAPA (1979). As maiores declividades associadas às inclinações de 8-20% (Ondulado) e 20-45% (Forte-Ondulado) ocupam cerca de 117,47 km<sup>2</sup> (2,97%) e estão situadas às margens dos canais de drenagem da bacia (Figura 1). Essas altas declividades são bastante expressivas na região, que compreende o município de Barreirinhas e Urbano Santos. As formas de relevo plano (0-3%) e suave-ondulado (3-8%) predominam, envolvendo 3.840,37 km<sup>2</sup> (97,03%). Na área de pesquisa prevalecem elevações entre 60 a 100m, o que envolve 48% da bacia (Figura 2). As cotas mais baixas estão em altitudes de 0 a 40 m (27,35%), na qual se encontra a jusante da bacia, especificamente na área drenada pelo rio Preguiças desde o seu exutório no município de Barreirinhas até as localidades de Santa Quitéria do Maranhão. Os relevos entre 40 e 60m (15,19%) estão presentes em Barreirinhas, Santo Amaro do Maranhão, assim como em uma região mais externa às margens das drenagens. Já as cotas de 100 a 119 m (9,48%) estão situadas a montante da bacia nos municípios de Santa Quitéria do Maranhão, Anapurus e Santana do Maranhão. No intervalo de 80 a 119m a montante da bacia, cultivam-se eucalipto, soja e pastagem, porém, este último é menos expressivo em área cultivada. A bacia do rio Preguiças tem um fator de forma de 0,15, seu índice de circularidade é de 0,20 e coeficiente de compacidade de 2,24. Os resultados mostraram que a bacia, de modo geral, não favorece a concentração do fluxo fluvial, seu formato é comprido e tem baixa tendência à ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação. Em bacias de forma circular, há maiores possibilidades de precipitações intensas, pois ocorrem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando maior volume de água no tributário principal, enquanto que em bacias alongadas, devido ao menor fator de forma, a precipitação atinge toda a área simultaneamente, evitando concentrações de escoamento superficial (SILVA et al., 2018). O Ir de 47,60 é considerado um valor baixo, o que define menor risco de degradação da bacia do rio Preguiças, uma vez que apresenta pouca variação em seu relevo, com poucos desníveis entre a cabeceira e a seção de referência associados à rede de drenagem. O baixo valor identificado indica que a bacia tem menor risco a enchentes (TRAJANO et al., 2012). Conforme Silva et al. (2018, p.254), “O índice de rugosidade relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com o potencial erosivo, expresso pela declividade média, ou seja, quanto maior for esse índice, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas”. O gradiente do canal principal da bacia corresponde a 0,74% demonstrando que área drenada por esse sistema fluvial, naturalmente não sofre uma grande pressão pela erosão fluvial, demonstrando a importância dos processos erosivos nas vertentes, no modelado dessa rede de drenagem (STIPP; CAMPOS; CAVIGLIONE, 2010). O tempo de concentração da bacia corresponde a 56,32h, tal resultado é influenciado pela forma da bacia, ou seja, de tipo alongado, também pela sinuosidade do rio Preguiças, o que aumenta o Tc, assim como a baixa densidade de drenagem, predomínio de classes de declividades planas e suave-onduladas com declividade média de 24,48%. Nesse contexto, a vazão média de longa duração foi 17,01 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> e a vazão específica média de longa duração de 0,00430 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.

*Tabela 1 - Aspectos morfométricos da bacia do rio Preguiças - MA*

	PARÂMETRO MORFOMÉTRICO	VALOR
<b>Características Geométricas</b>	Área	3.957,84 km <sup>2</sup>
	Perímetro	502,90 km
	Coefficiente de compacidade (Kc)	2,24
	Fator de forma (Kf)	0,15
	Índice de circularidade (Ic)	0,20
	Comprimento vetorial do canal principal (Lv)	56,24 km
<b>Características da Drenagem</b>	Densidade de drenagem (Dd)	0,4 km/km <sup>2</sup>
	Comprimento total dos cursos d'água	1.570,27 km
	Comprimento do rio principal	159,89 km
	Coefficiente de manutenção (Cm)	2.500 m <sup>2</sup> /m
	Índice de sinuosidade (Is)	2,84 km.km <sup>-1</sup>
	Tempo de concentração (Tc)	56,32h
<b>Características do Relevo</b>	Extensão do percurso superficial (Eps)	1,25 m
	Altitude média (Hm)	59,5 m
	Altitude mínima	0 m
	Altitude máxima	119 m
	Declividade média (S%)	24,48 %
	Amplitude altimétrica (H)	119 m
	Índice de rugosidade (Ir)	47,60
	Gradiente do canal (Gc)	0,74%

Fonte: Soares; Oliveira; Santos (2023).

Figura 1 - Declividade da bacia do rio Preguiças (MA)



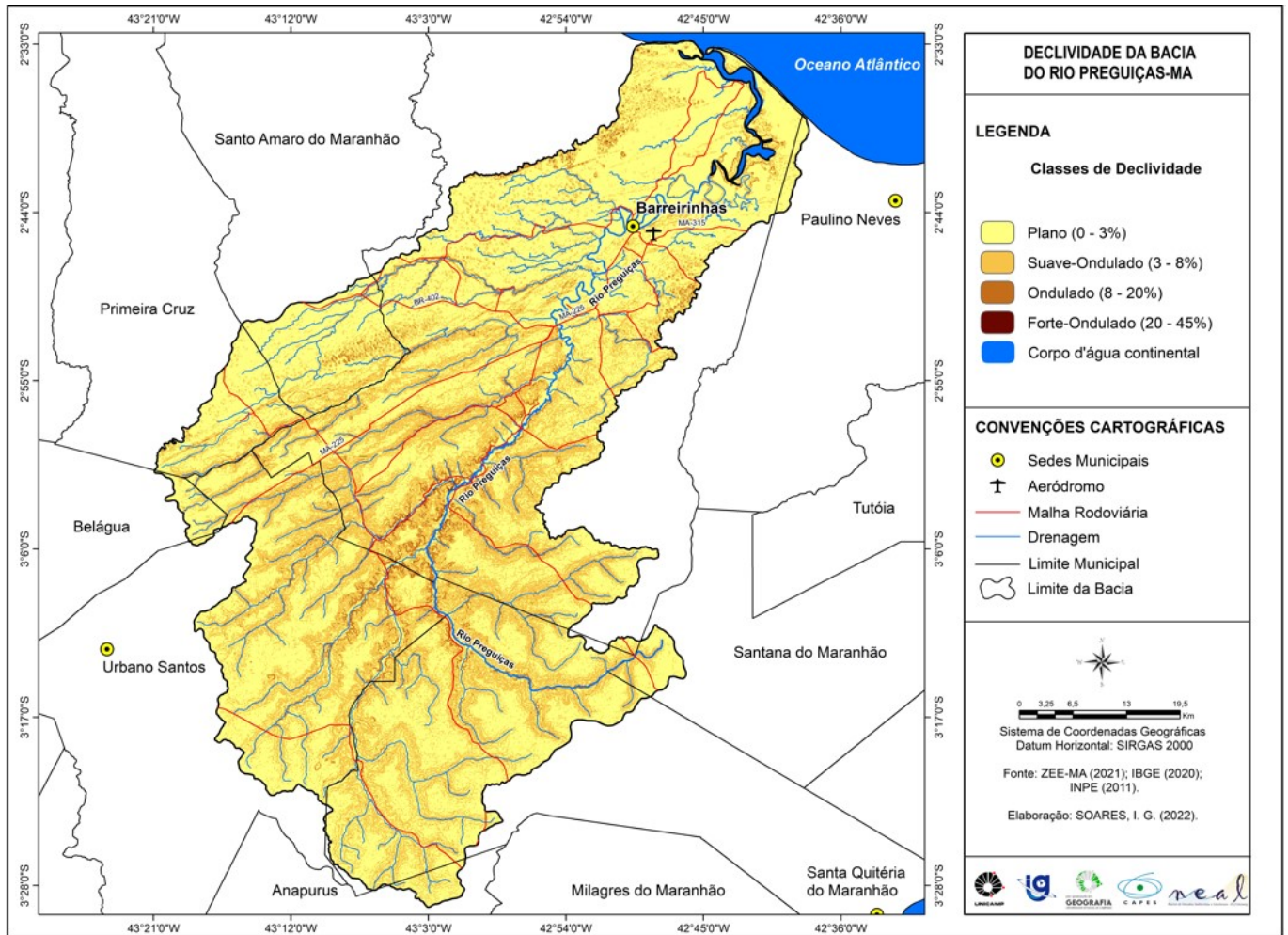
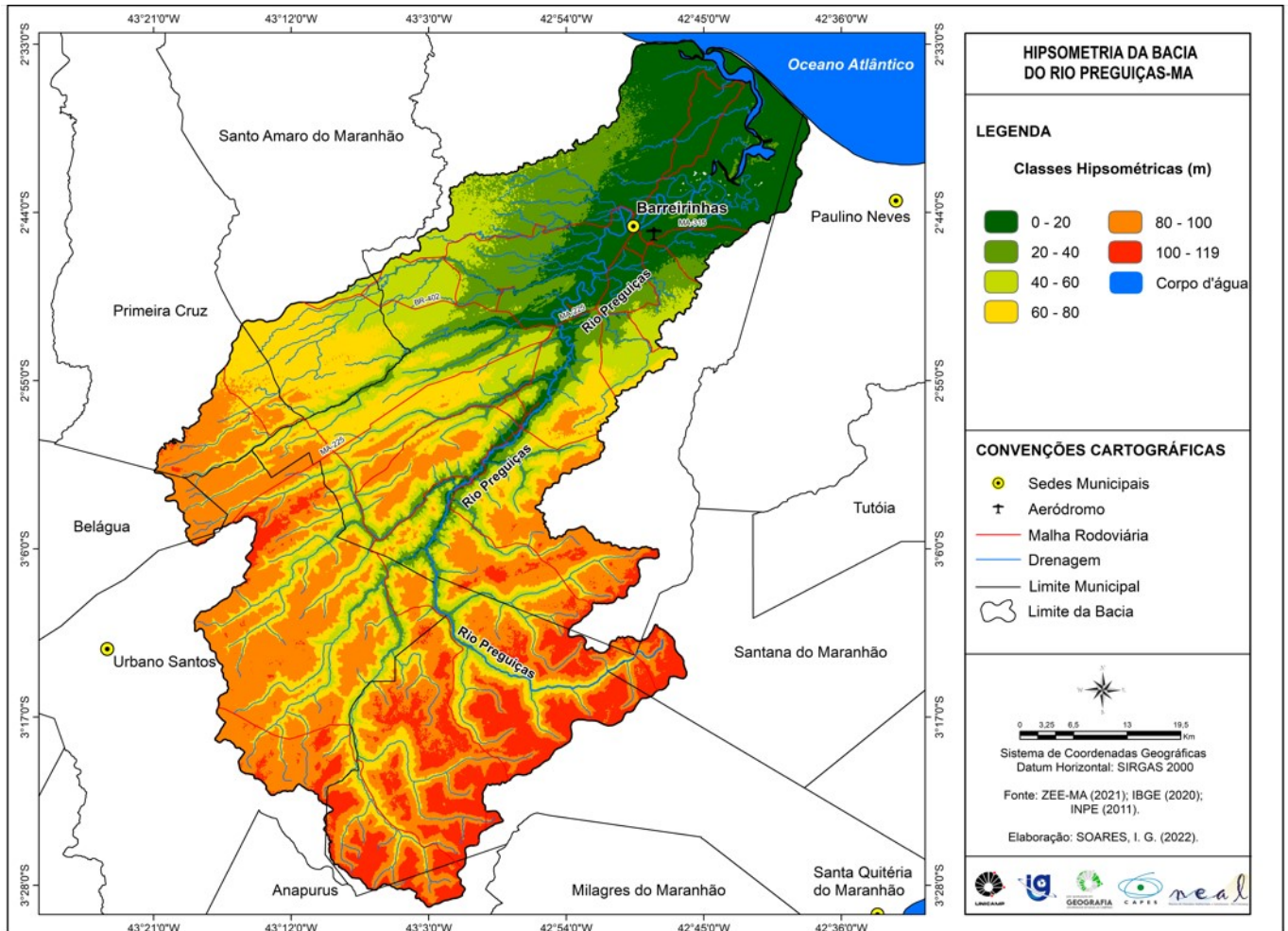


Figura 2 - Hipsometria da bacia do rio Preguiças (MA)



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características geométricas atestam que a bacia em estudo tem condições naturais a uma conservação. Evidenciada pela baixa tendência à ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação e não favorável à concentração do fluxo fluvial. Já os aspectos da drenagem, por sua vez, demonstram maior infiltração, dificuldades para formação de canais decorrente dos resultados do coeficiente de manutenção e densidade de drenagem; o rio principal é sinuoso o que favorece o acúmulo de sedimentos; além disso é necessário uma área de drenagem de, no mínimo, 2.500 m<sup>2</sup>.m<sup>-1</sup> para a manutenção de 1m de canal de escoamento. Este valor é elevado, necessitando de uma área considerável para a manutenção (área de recarga) e evolução da drenagem. Em relação ao relevo, predominam baixas declividades que favorecem o cultivo agrícola e o maior tempo de concentração; predomínio de elevações entre 60 a 100 m, o que envolve 48% da bacia; o baixo índice de rugosidade denota menor risco de degradação e enchente na bacia; o gradiente do canal demonstra que área drenada por esse sistema fluvial, não sofre maior pressão pela erosão fluvial; o tempo de concentração corresponde a 56,32h, tal resultado é influenciado pela forma alongada da bacia, também pela sinuosidade do rio Preguiças, a baixa densidade de drenagem, predomínio de classes de declividades planas e suave-onduladas. O uso dos Sistemas de Informação Geográfica mostrou-se uma ótima ferramenta no desenvolvimento deste trabalho, também, pode ser utilizado pelos órgãos competentes para políticas de fiscalização e gestão de recursos hídricos e para a conservação da bacia hidrográfica, pois são ferramentas que fornecem dados confiáveis.

## AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da tese: Análise da Vulnerabilidade Socioambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças (MA) sob a perspectiva da Geoecologia da Paisagem.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

- ALVES, W. S.; MARTINS, A. P.; MORAIS, W. A.; PÔSSA, É. M.; MOURA, D. M. B.; SANTOS, L. N. S.; FERREIRA, R. S.; NUNES, N. C.; PEREIRA, M. A. B.; MOREIRA, E. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho, Sudoeste de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física, Recife*, v.13, n.7, p.3636-3658, 2020.
- CHOW, V.; MAIDMENT, D.; MAYS, L. *Applied hydrology*. New York. McGrawHill, 1988. 570 p.
- DOMINGUES, G. F.; BARBOSA, R. A.; CORRÊA, C. C. S. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVEIRA, L. J. da; DIAS, H. C. T. Caracterização morfométrica e comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do Rio Pardo. *Ifes ciências, Vitória*, v.6, n.2, p.3-16, 2020.
- INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS - IMESC. Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA): etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. v.1. São Luís: IMESC, 2021.
- PADILHA, R. M.; SOUZA, C. A. de. Características morfométricas do relevo e drenagem da bacia hidrográfica do Rio Carapá nos municípios de Colíder e Nova Canaã do Norte – MT. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (orgs.). *Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento*. Campinas: Instituto de Geociências, 2017. p. 52-63.
- PINTO JUNIOR, O. B.; ROSSETE, A. N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, MT-Brasil. *Geoambiente On-line, Goiânia*, n.4, p.38-53, 2005.
- RIBEIRO, G. F.; PEREIRA, S. Y. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Planalto de Poços de Caldas, MG. *Terræ, São Paulo*, v.10, n.1-2, p.15-20, 2013.
- SANTOS, A.; TARGA, M.; BATISTA, G.; DIAS, N. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas perdizes e fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Ambi-Água, Taubaté*, v. 7, n. 3, p.195-211, 2012.
- SILVA, G. C. da; ALMEIDA, F. P.; ALMEIDA, R. T. S.; MESQUITA, M.; JUNIOR, J. A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho Rangel-Piauí, Brasil. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Goiânia*, v.15, n.28, p. 244-258, 2018.
- STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. *Portal da Cartografia, Londrina*, v. 3, n.1, p. 105-124, 2010.
- TRAJANO, S.; SPADOTTO, C.; HOLLER, W.; DALTIO, J.; MARTINHO, P.; FOIS, N.; SANTOS, B.; TOSCHI, H.; LISBOA, F. Análise morfométrica de bacia hidrográfica: subsídio à gestão territorial estudo de caso no alto e médio Mamanguape. Campinas, SP, 2012. 33 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial, 2).
- VALE, J. R. B.; COSTA, L. S. da; PIMENTEL, M. A. S. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Mocajuba, zona costeira amazônica. *Geosul, Florianópolis*, v. 36, n. 78, p.537-557, jan./abr. 2021.
- VILLELA, S.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.