

## **ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS CACHORROS, SÃO LUÍS – MA**

Danyella Vale Barros França<sup>1</sup>

Gilberlene Serra Lisboa<sup>2</sup>

José Fernando Rodrigues Bezerra<sup>3</sup>

Antônio José Teixeira Guerra<sup>4</sup>

### **INTRODUÇÃO**

A relação sociedade/natureza é um dos binômios que mais representa o século XXI (Barros *et al*, 2016), tendo em vista o alto nível de alterações antrópicas no ambiente e as respostas geomorfológicas do mesmo, deixando explícito a afirmativa de Veyret (2013), que diz: o ser humano é o agressor e a vítima do meio em que habita.

Para compreender as repostas geomorfológicas às intervenções antrópicas, faz-se necessário buscar primeiro o entendimento das características físicas do ambiente, pois cada sistema possui uma dinâmica com tendências naturais. Por essa razão, o estudo das características morfométricas do relevo e da drenagem torna-se importante, sobretudo em ambientes altamente transformados ou em constante processo de modificação.

As bacias hidrográficas são importantes unidades de análise, pois “auxiliam no entendimento da evolução do modelado terrestre” (Giarola; Amaral; Oliveira, 2019, p. 01). O comportamento destas unidades pode ser alterado de acordo com suas características físicas (Lima, 1986) e por isso, torna-se necessário o estudo quantitativo que ocorre através das variáveis morfométricas.

A análise morfométrica é definida como um conjunto de procedimentos metodológicos que tem como orientação, a investigação e compreensão científica dos componentes naturais de uma bacia hidrográfica (Santos e Morais, 2012). Esses parâmetros auxiliam na identificação de áreas sujeitas a enchentes e inundações (Barros

---

<sup>1</sup> Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Geografia Natureza e Dinâmica do Espaço – PPGE da Universidade Estadual do Maranhão - MA, [danyellabarrosgeo@hotmail.com](mailto:danyellabarrosgeo@hotmail.com)

<sup>2</sup> Doutoranda em Geografia do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – RJ, [gilberlene\\_serra@yahoo.com.br](mailto:gilberlene_serra@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Geografia e do curso de Pós-Graduação em Geografia - PPGE da Universidade Estadual do Maranhão – MA, [jfernangeo@gmail.com](mailto:jfernangeo@gmail.com)

<sup>4</sup> Professor Titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – RJ, [antoniotguerra@gmail.com](mailto:antoniotguerra@gmail.com)

*et al*, 2014), áreas dissecadas, propensas a erosão, capacidade de transporte de sedimentos, dentre outros aspectos.

Diversos são os estudos sobre análise de parâmetros morfométricos em bacias hidrográficas em todo o Brasil, e no Maranhão essa discussão também tem se ampliado, sobretudo, nas bacias que compõem a Ilha do Maranhão. Autores como Barros *et al* (2014; 2016), Santana *et al* (2018), Maciel, Silva e França (2021), Silva *et al* (2021) tem contribuído para o levantamento de dados e a discussão dessa temática em bacias como Bacanga, Anil, Prata (Jaguarema) e Santo Antônio. No entanto, outras bacias precisam ser estudados sob este aspecto.

Neste sentido, o presente trabalho objetivou analisar a morfometria da drenagem da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros em São Luís, tendo em vista que ainda não existem trabalhos sobre esta temática nesta área.

A bacia hidrográfica do rio dos Cachorros possui uma área de 64,37 km<sup>2</sup> e está situada na porção sudoeste da Ilha do Maranhão, limitando-se ao norte com as bacias do Bacanga e do Itaqui, ao leste com a bacia do Tibiri, ao sul com as bacias de Estiva e Inhauma e a oeste com o Estreito do Coqueiro, conforme dados do Instituto da Cidade, Pesquisa e Planejamento Urbano e Rural – INCID (2010).

## **METODOLOGIA**

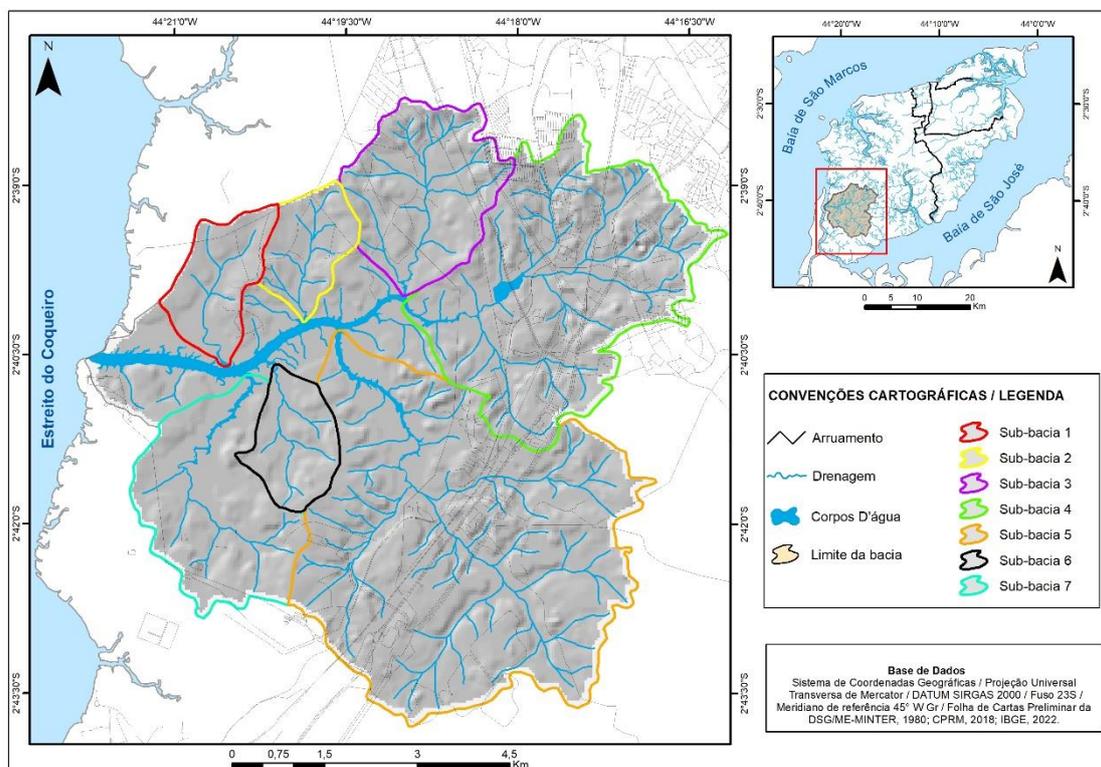
Segundo Moura (2012), os estudos morfométricos são análises quantitativas desenvolvidas desde 1945 por Horton, sendo este considerado o pioneiro no desenvolvimento destes estudos. Barros *et al* (2014), afirmam que na literatura brasileira tem-se Villela e Mattos (1975) e Christofolletti (1980) como autores consagrados nesta temática. A partir destes precursores, diversos estudos têm sido desenvolvidos nesta área da geomorfologia fluvial.

Neste sentido, para alcançar o objetivo proposto, compartimentou-se a bacia do rio dos Cachorros em sete sub-bacias hidrográficas (Figura 1), considerando a drenagem, curvas de nível e pontos cotados vetorizados a partir das cartas topográficas da DSG-MINTER, datadas de 1980 na escala de 1:10.000. Utilizou-se o *software* ArcGIS 10.2, para a realização do mapeamento, bem como para a extração das variáveis que compõem os parâmetros morfométricos apresentados neste trabalho. As sub-bacias foram numeradas de 1 a 7 para facilitar o trabalho de identificação das mesmas, uma vez que elas não apresentam toponímia.

Foram analisados os seguintes parâmetros morfométricos: Coeficiente de manutenção (Cm), conforme Schum (1956); Densidade de drenagem (Dd) – Horton (1945); Densidade hidrográfica (Dh) – Horton (1945); Fator de forma (Kf) – Villela e Matos (1975); Índice de circularidade (Ic) – Miller (1963) e Schum (1956); Índice de rugosidade (Ir); Índice de sinuosidade (Is) - Schum (1956); Gradiente de canais (Gc) e Relação de bifurcação (Rb) - Horton (1945).

Para calcular estes parâmetros foram extraídos as seguintes variáveis: área da bacia (A), perímetro (P), comprimento total dos canais (Km), comprimento verdadeiro do canal principal (Lv), comprimento em linha reta do canal principal (Lr), comprimento da bacia (L), amplitude altimétrica (Hm) e quantidade da canais por ordem hierárquica.

Figura 1 – Compartimentação da bacia hidrográfica dos Cachorros, São Luís – MA



Fonte: Os autores (2024).

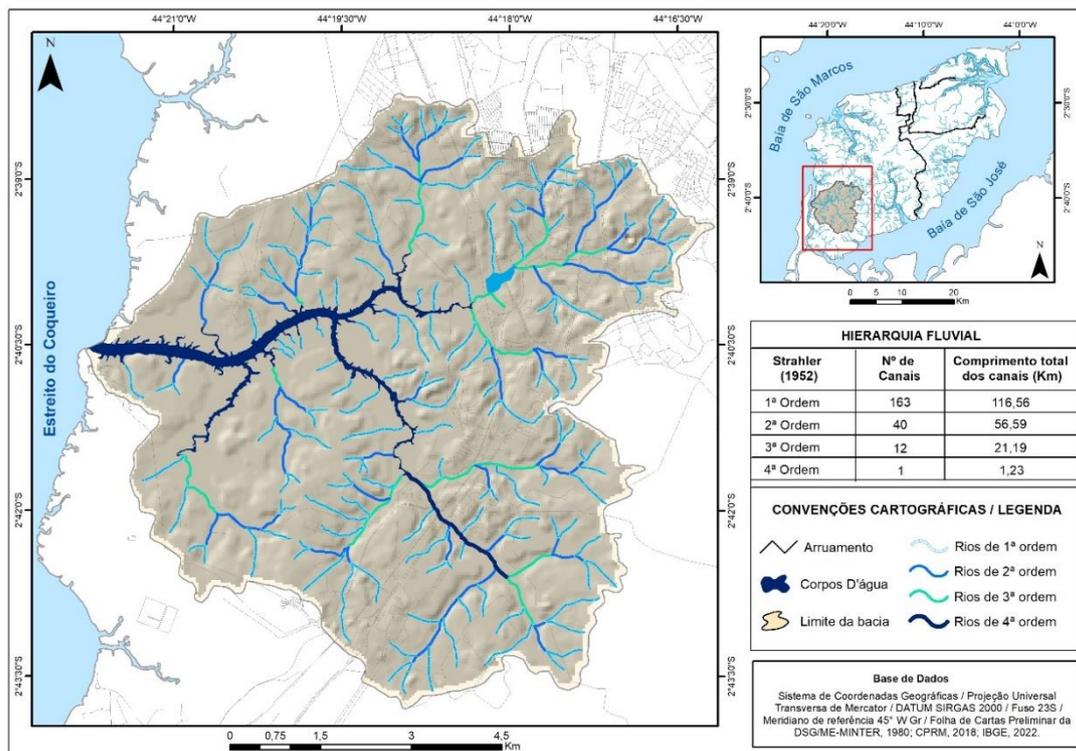
No que diz respeito a classificação, para a densidade de drenagem, índice de circularidade e fator de forma utilizou-se a proposta de Silva (2012), a qual elaborou uma classificação morfométrica para as bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão, considerando as características locais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do rio dos Cachorros é a quinta maior bacia da Ilha do Maranhão, conforme dados levantados por Silva (2012). Em relação a hierarquia fluvial, é uma bacia de quarta ordem, possuindo 163 canais de primeira ordem, 40 de segunda, 12 de terceira e 1 de quarta, conforme apresentado na Figura 2. Considerando os canais de drenagem calculou-se a Densidade hidrográfica, a qual segundo Lana (2011) expressa a capacidade da unidade hidrográfica em gerar novos cursos d'água, em função das características climáticas, geológicas e pedológicas.

Segundo a classificação de Lollo (1995) para densidade hidrográfica as bacias 1, 2 e 6 possuem baixa densidade hidrográfica, as bacias 3 e 7 possuem média Dh, a bacia 4 possui alta Dh e a bacia 5 possui muita alta Dh. Logo, as bacias 3, 4, 5 e 7 apresentam grande capacidade de gerar novos cursos d'água.

Figura 2 – Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica dos Cachorros, São Luís – MA



Fonte: Os autores (2024).

Associado a isto analisou-se o gradiente de canais, o qual conforme Nunes *et al* (2006) indica a capacidade que estes rios tem de transportar sedimentos, mostrando também o potencial erosivo dos mesmos e indicando a declividade destes cursos (Almeida, Bayer e Ferreira Júnior, 2016). Considerando os estudos de Lana (2011) todas

as sub-bacias na área de estudo possuem baixa declividade, com alta capacidade de infiltração, o que por sua vez contribui para a diminuição de processos erosivos.

No entanto, ao considerar-se a densidade de drenagem, apenas a bacia 7 apresentou baixa densidade de drenagem, o que favorece a infiltração da água no solo. As bacias 2, 3, 4 e 5 apresentaram muita alta Dd e a bacia 6 alta Dd. Barros *et al* (2016) considera que quanto maior a densidade de drenagem, mais rapidamente a água do escoamento superficial originado pela chuva chegará à jusante gerando altos picos de vazão o que favorece a ocorrência de fenômenos de enchente e inundação e carreamento de sedimento através do escoamento superficial.

Associado a este parâmetro pode-se destacar também o índice de circularidade, fator de forma e índice de sinuosidade, os quais apontam se as bacias são suscetíveis aos fenômenos anteriormente mencionados. Conforme o Ic apenas a bacia 4 possui forma alongada, apresentando assim baixa sujeição para a ocorrência de eventos de inundação, as demais bacias apresentaram forma intermediária, o que representa média sujeição aos eventos de enchentes e inundações, conforme Barros *et al* (2014 e 2016).

Já para o fator de forma, os resultados apresentaram-se inversos. As bacias 3 e 7 indicaram forma intermediária, possuindo média sujeição aos eventos de inundação e as demais bacias apresentaram forma alongada, possuindo baixa sujeição aos eventos supracitados. Logo, para estes dois índices, pode-se inferir que essas sub-bacias não apresentam alta sujeição para ocorrência de inundações.

Ao analisar, o índice de sinuosidade, porém, tem-se canais meandantes apenas na sub-bacia 1 e 4. As demais bacias apresentam canais retilíneos, o que conforme Dury (1969, *apud* Christofolletti, 1980), indica maior probabilidade para a ocorrência de inundações, pois a sinuosidade é uma característica que controla a velocidade de escoamento dos rios (Barros *et al*, 2016). Quanto mais meandrante, menor a velocidade de escoamento, quanto mais retilíneo, maior a velocidade de escoamento superficial.

Os três últimos parâmetros analisados podem indicar o potencial natural erosivo, assim como a Dd, Ic, Kf e Is indicam o grau de sujeição da bacia aos fenômenos de enchentes e inundações. O coeficiente de manutenção refere-se a área necessária para a manutenção de 1 canal fluvial (Maciel, Silva e França, 2021). É interessante notar que existe uma relação inversa do Cm com a Dd. Bacias que apresentaram-se bem drenadas possuem baixo coeficiente de manutenção. Assim, apenas a bacia 7 apresentou um alto coeficiente de manutenção, o que significa dizer que esta sub-bacia necessita de 918 Km<sup>2</sup>/Km de área de recarga, e a bacia 2 apresentou o menor coeficiente de manutenção.

O Índice de rugosidade indica o nível de escoamento superficial e a ocorrência de feições erosivas, conforme Almeida, Bayer e Ferreira Júnior (2016). Apenas as bacias 3 e 7 apresentaram baixo índice de rugosidade, sendo as demais caracterizadas com um alto potencial na geração de escoamento superficial, o que associado aos canais retilíneos evidenciados pelo Is, contribuem para o carreamento de sedimentos e surgimento de feições erosivas.

O último parâmetro aqui analisado diz respeito a relação de bifurcação, que indica o grau de dissecação de uma bacia hidrográfica (Horton, 1945; Maciel, Silva e França, 2021). Conforme esse índice todas as bacias apresentaram alto Rb, o que segundo Castro e Carvalho (2009) sugerem alto grau de dissecação.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A bacia hidrográfica do rio dos Cachorros é a quinta maior bacia da Ilha do Maranhão, porém quando comparada a bacias como Bacanga, Anil e Paciência, poucos são os estudos realizados na mesma. Nos últimos cinco anos, alguns estudos começaram a ser desenvolvidos relacionados ao número expressivo de processos erosivos identificados na área, bem como as atividades antrópicas ligadas a mineração e usos industriais.

No entanto, poucos são os estudos relacionados as características físicas dessa área, por essa razão foi realizada a análise morfométrica da bacia em questão, com o intuito de contribuir para a disseminação do conhecimento e levantamento de informações físicas para esta área na Ilha do Maranhão.

Ao realizar a análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros identificou-se que todas as sub-bacias possuem uma alta relação de bifurcação e baixo gradiente de canais, o que implica em um relevo dissecado e que atualmente possui baixa declividade, inferindo-se então que devido a baixa declividade, o potencial de transporte de sedimentos também é pequeno.

Em relação ao índice de circularidade e fator de forma nenhuma bacia apresentou forma arredondada, que as tornariam propensas a ocorrência de inundações, os dois parâmetros apontaram bacias alongadas e intermediárias, o que as tornam pouco sujeitas a ocorrência dos eventos supracitados. Associado a estes, tem-se o índice de sinuosidade, onde apenas as bacias 1 e 4 apresentaram canais meandantes, as demais apresentaram canais retilíneos, o que propicia a maior velocidade do escoamento superficial, tornando essas áreas sujeitas a enchentes e com potencial erosivo.

Em relação a densidade de drenagem apenas uma bacia foi classificada como baixa, predominando assim processo de infiltração e alto coeficiente de manutenção. Sobre o índice de rugosidade, apenas as bacias 1 e 7 apresentaram baixo Ir, implicando que as demais bacias possuem uma alta propensão para gerar escoamento superficial, o que por sua vez contribui com o surgimento de erosões.

Identificar tais características na área de estudo é fundamental, pois pode contribuir para o entendimento da fisiografia da área e para o avanço de estudos relacionados aos efeitos da atividade antrópica sobre esse sistema natural.

**Palavras-chave:** Morfometria da drenagem; Parâmetros morfométricos, Geomorfologia fluvial, Compartimentação hidrográfica.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. F. B; BAYER, M; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Compartimentação morfométrica da bacia do rio Coko como subsídio a análise de fragilidade ambiental. **Revista MERCATOR**, v. 15, n. 4, p. 83-94, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/ndyTCjGyQDfp7VvhXwNjV6p/> Acesso em 12 ago 2024.
- BARROS, D. V; GARRITO, A. C; COSTA, C. M; ARAÚJO, R. P. S; SILVA, Q. D. da. Análise morfométrica aplicada na identificação de enchentes e inundações na bacia hidrográfica do Prata, Ilha do Maranhão. **Revista GEONORTE**. v.10, n.1, p. 99-104, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1526>. Acesso em: 11 ago. 2024.
- BARROS; D. V; SILVA, Q. D. da; TEIXEIRA, E. C; COSTA, C. M.; SANTANA, R. G. Morfometria, uso e cobertura do solo como indicadores de enchentes e inundações na Bacia do Rio do Prata, Ilha do Maranhão. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, série 3, n. 5, p. 217-226, 2016. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v3n5/v03n05a11a.html>. Acesso em: 12 ago. 2024.
- CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. **Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Scientia Plena 5, 2009. p. 04.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- GIAROLA, I. B. S; AMARAL, C. M; OLIVEIRA, D. E. de. Análise morfométrica das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, Minas Gerais. **CONFINS: Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 43. 2019. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/24404?lang=pt>. Acesso em: 11 ago. 2024.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: idrographical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

Instituto da Cidade, Pesquisa e Planejamento Urbano e Rural – INCID. **Mapa de bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão**. Prefeitura de São Luís, 2010.

LANA, C. E.; ALVES, J. M.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da Bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. **Rem: Rev. Esc. Minas**, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/ZdVsdMXsxTZ4ZzjNkG6Jmqh/#>. Acesso em: 12 ago. 2024.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 1986.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico**: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MACIEL, D. S; SILVA, Q. D. da.; FRANÇA, D. V. B. Aplicação de parâmetros lineares e areais no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Maranhão. **GEOSABERES**: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 12, n. 1, p. 57-66, 2021. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5528/552866526004/html/>. Acesso em: 13 ago. 2024.

MILLER, V. C. **A Quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clich Mountain Area**. Technical Report. Department Geology, Columbia University, 1963.

MOURA, C. A. **Análise morfométrica como instrumento na identificação de tendência a enchentes**. In: IX SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. *Anais...*Rio de Janeiro, Brasil, 21-25 outubro de 2012, p. 1-5.

NUNES, F. G., RIBEIRO, N. C., FIORI, A. P. **Propriedades morfométricas e aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba-Paraná**. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006.

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**. v.3, n.4, p. 617-629, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1975>. Acesso em: 13 ago. 2024.

SANTANA, R. G; SILVA, Q. D. da. FRANÇA, D. V. B; TEIXEIRA, E. C. Análise morfométrica do riacho do Angelim, São Luís – MA. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 989-994, 2017. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2139>. Acesso em: 13 ago. 2024.

SILVA, Q. D. da. **Mapeamento Geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Tese (Doutorado) Presidente Prudente: UNESP, 2012.

SILVA, Q. DU. da; FRANÇA, D. V. B; COSTA, C. M; SANTANA, R. G; MACIEL, D. S. Drainage morphometry and the occurrence of floods on the Island of Maranhão/ Morfometria da drenagem e a ocorrência de inundações na Ilha do Maranhão. **William Morris Davis - Revista De Geomorfologia**, v. 2, n. 2, 2021.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambos, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, 67, p. 597-646, 1956.

VEYRET, Y.; RICHEMOND, N. M. Definições e vulnerabilidades do risco. *In.*: VEYRET, Y (Org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2ª ed., 2013.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975.