

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MULATO, ESTADO DO PIAUÍ: A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE MORFOMÉTRICA NO PLANEJAMENTO

Karoline Veloso Ribeiro

Profa. Ma. Substituta do Colégio Técnico de Bom Jesus da Universidade Federal do Piauí,
CTBJ/UFPI, Bom Jesus, Piauí. karolynnyribeiro_18@hotmail.com

Vívian Ribeiro Magalhães

Graduanda do Curso de Geografia, Universidade Federal do Piauí, UFPI, Teresina, Piauí.
vivianrm1401@hotmail.com

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Prof. Dr. do Curso de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO),
Universidade Federal do Piauí, UFPI, Teresina, Piauí. lindemberg@ufpi.edu.br

61

RESUMO

Esse estudo objetiva analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Mulato, localizada na porção centro-norte do estado do Piauí, Brasil, na perspectiva de compreender sua dinâmica fluvial de forma integrada. Para tanto, foram selecionados e aplicados oito parâmetros morfométricos para serem analisados, a saber: densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, coeficiente de manutenção, gradiente de canais, relação de relevo e índice de circularidade. A delimitação da bacia, a caracterização morfométrica e suas análises foram obtidas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, através de ferramentas e técnicas de geoprocessamento. Os resultados obtidos mostraram que a mesma possui controle litoestrutural, forma tendenciosa a circular e baixa densidade de drenagem, repercutindo em altas taxas de infiltração e de baixo escoamento superficial, limitando seu potencial na geração de novos canais fluviais, em função de seus atributos físicos, geológicos e topográficos, tendo em vista que o processo de infiltração prevalece, enquanto o escoamento superficial é diminuto. Apresenta um padrão de drenagem do tipo subparalelo, uma vez que se localiza em áreas de vertentes com declives acentuados, além de controles estruturais que motivam a ocorrência de espaçamento regular das correntes fluviais, sendo classificada de quarta ordem. O relevo mostra-se levemente ondulado, demonstrando baixo potencial erosivo. Desse modo, observa-se que a compreensão da dinâmica natural da bacia hidrográfica do Rio Mulato, considerando os parâmetros morfométricos, tende a contribuir com o planejamento em suas diversas esferas, a partir das práticas geosocioeconômicas que permeiam este espaço geográfico.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Morfometria. Geotecnologias.

ABSTRACT

This study aims to analyze the morphometric characteristics of the Rio Mulato watershed, located in the north-central portion of the state of Piauí, Brazil, with a view to understanding its river dynamics in an integrated manner. For that, eight morphometric parameters were selected and applied to be analyzed, namely: hydrographic density, drainage density, sinuosity index, maintenance coefficient, channel gradient, relief ratio and circularity index. The delimitation of the basin, the morphometric characterization and their analyzes were obtained in a Geographic Information System environment, through geoprocessing tools and techniques. The results obtained showed that it has lithostructural

control, tends to circulate and has low drainage density, resulting in high infiltration rates and low surface runoff, limiting its potential in the generation of new river channels, due to its physical attributes, geological and topographic, considering that the infiltration process prevails, while the surface runoff is small. It has a subparallel type of drainage, since it is located in areas with steep slopes, in addition to structural controls that motivate the occurrence of regular spacing of river currents, being classified as fourth order. The relief is slightly wavy, showing low erosive potential. Thus, it is observed that the understanding of the natural dynamics of the Mulato River watershed, considering the morphometric parameters, tends to contribute to planning in its various spheres, from the geosocioeconomic practices that permeate this geographic space

Keywords: Watershed. Morphometry. Geotechnologies.

INTRODUÇÃO

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão é aceita no meio acadêmico-científico como uma unidade espacial de análise. Desse modo, coloca-se entre os setores mais dinâmicos na percepção geográfica, no que se refere à avaliação de impactos da ação humana ao meio ambiente, onde se mostra como variável-chave no contexto do quadro natural e socioeconômico.

As bacias hidrográficas são um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, formadas nas regiões mais altas do relevo por divisores de drenagem, onde as águas das chuvas escoam superficialmente, dando origem a riachos ou infiltram no solo para formação de nascentes e/ou lençol freático (BARRELLA et al., 2001).

Considerada um meio capaz de reunir em seus limites um grande e variado conjunto ambiental que interage de maneira intensa e imediata em toda a sua extensão, provocando transformações nas suas estruturas morfológicas, climáticas, biogeográficas e pedológicas que se encontram circunscritas em seu interior, a análise da bacia hidrográfica deve levar à compreensão de seus componentes sob um ponto de vista integrativo.

Ao contemplar a necessidade de uma base de dados, do meio físico, para elaboração de estudos ambientais em bacias hidrográficas, destacam entre estes a análise morfométrica como uma das mais importantes, podendo esta ser caracterizada através de uma análise quantitativa do relevo, onde se observa a configuração espacial do conjunto das vertentes e drenagens (GUERRA; CUNHA, 2003).

Neste sentido, a análise morfométrica de bacias hidrográficas é definida como um conjunto de procedimentos metodológicos que tem como orientação a investigação e compreensão científica dos componentes naturais de uma bacia hidrográfica (BRASIL, 2009), visando à compreensão da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO et al., 2007).

Nesta perspectiva, as técnicas morfométricas disponíveis para a coleta de dados, em estudos de bacias hidrográficas, seguem um conjunto de parâmetros e diretrizes, no intuito de possibilitar uma análise quantitativa e que contribui de forma significativa para obter as principais características desta, com vista a uma análise areal, linear e hipsométrica (CHRISTOFOLETTI, 1980), que tende ao planejamento. Todavia, atribuir modelos para simular processos em bacias hidrográficas tem sido um grande desafio, tendo em vista que os processos fluviais e seus fatores condicionantes são dinâmicos e difíceis de serem apreendidos e parametrizados (SAMPAIO; CORDEIRO; BASTOS, 2015).

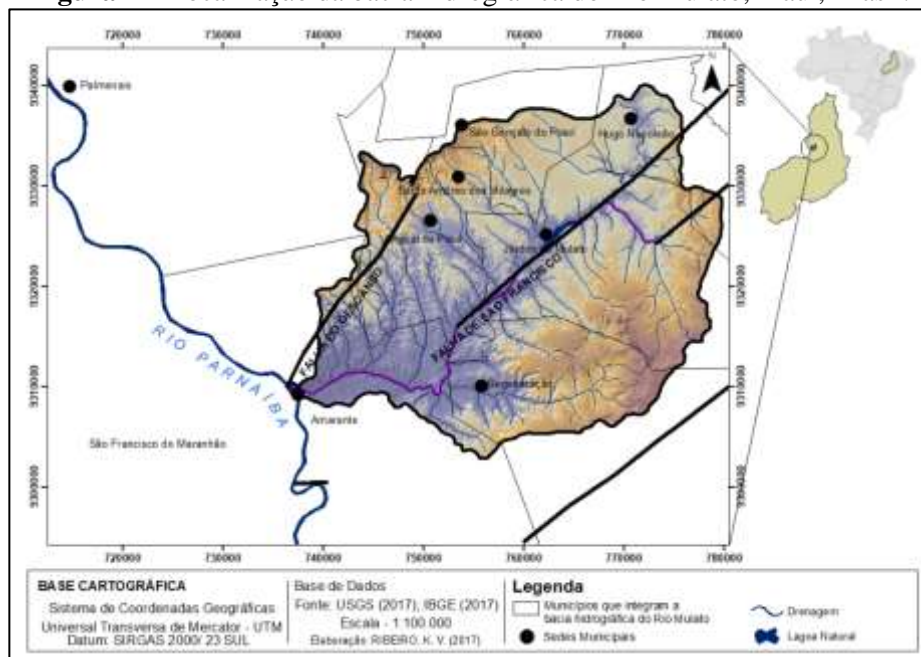
Não obstante, o uso das geotecnologias tem contribuído de forma relevante na realização de trabalhos técnico-acadêmicos. Além de proporcionar rapidez e eficiência nas pesquisas, auxilia nos estudos de ordem socioespacial, fornecendo produtos capazes de subsidiar o planejamento e a gestão ambiental (SOUZA, 2000).

Desta forma, tendo a bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento e investigação geomorfológica, esta pesquisa teve como objetivo a análise das características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Mulato, estado do Piauí (Brasil), considerando as variáveis: densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, coeficiente de manutenção, gradiente de canais, relação de relevo e índice de circularidade, no intuito de compreender, de forma integrada, sua dinâmica geoespacial.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Mulato, localizada no estado do Piauí, Brasil, encontra-se inserida no grupo das bacias difusas do médio Parnaíba piauiense (Figura 1), tendo em vista que o Rio Parnaíba compõe o eixo principal da drenagem neste setor espacial. A bacia em destaque abrange no todo ou em parte oito municípios piauienses, a saber: Amarante; Angical do Piauí; Hugo Napoleão; Jardim do Mulato; Palmeirais; Regeneração; Santo Antônio dos Milagres e; São Gonçalo do Piauí, com uma área de 1.049 km² e uma população estimada em 70.017 habitantes (BRASIL, 2010).

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Mulato, Piauí, Brasil.



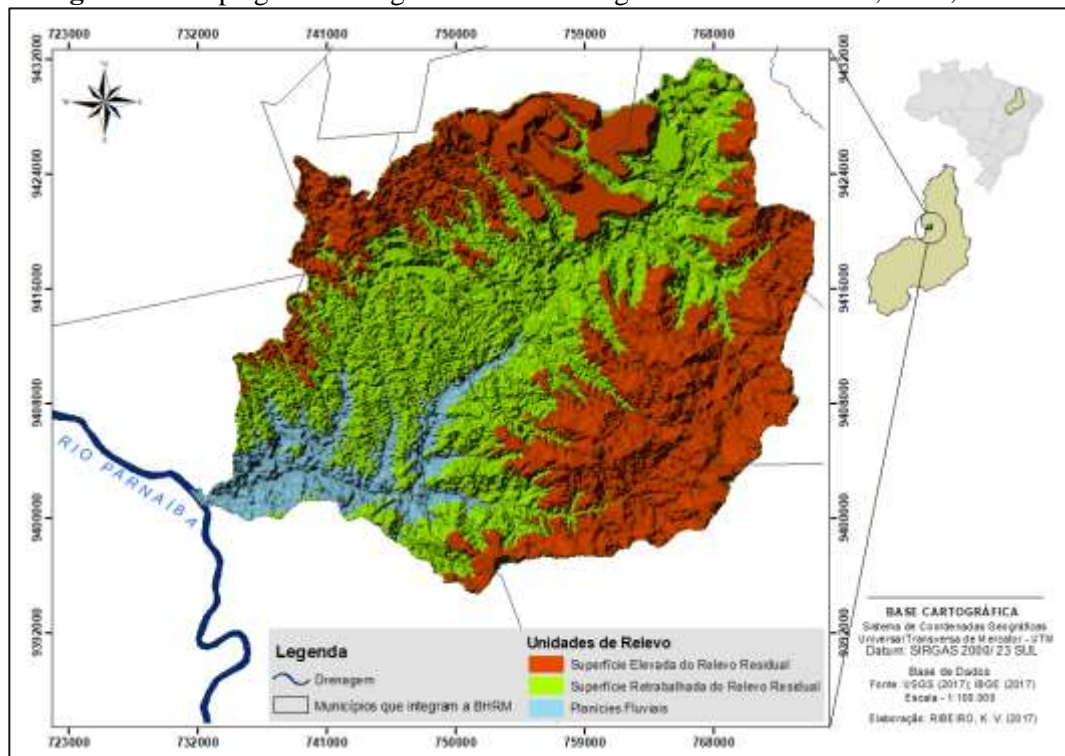
Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A área que compreende a bacia hidrográfica do Rio Mulato tem sua gênese associada à dinâmica da litosfera, resultante do lineamento transbrasiliano, e encontra-se alicerçada sobre um ambiente essencialmente sedimentar, com predomínio de formações geológicas que datam do Paleomesozóico. Menciona-se que a mesma encontra-se inserida entre dois domínios geológicos distintos, sendo as estruturas sedimentares datadas do Fanerozoico (Formação Corda, Formação Pastos Bons, Formação Pedra de Fogo e Formação Piauí) e a estrutura cristalina (Formação Sardinha) (CPRM, 2010).

No que diz respeito às formas e modelados da paisagem na área em estudo, estes são decorrentes do desenvolvimento de falhas normais (São Francisco e do Descanso), as quais apresentam uma direção geral NE-SO junto aos municípios de São Francisco do Maranhão (MA) e Amarante (PI), derivada no final do Jurássico ao início do Cretáceo. A dinâmica dessas falhas separou dois blocos distintos, sendo que o bloco SE, em relação à falha, rebaixou-se em direção ao bloco NO, e pôs em contato na área dos municípios que integram a bacia hidrográfica do Rio Mulato as Formações Piauí e Pedra de Fogo, gerando, assim, as linhas de fraqueza e os derramamentos vulcânicos da Formação Sardinha (BRASIL, 1973).

De acordo com Lima (1987), a bacia hidrográfica do Rio Mulato encontra-se inserida no compartimento regional do relevo que compreende os Baixos Planaltos do Médio-Baixo Parnaíba. Do ponto de vista geomorfológico, partindo da interpretação da morfodinâmica, associada aos níveis de rugosidade do terreno, foi possível identificar três Unidades de Relevo, a saber: I) Superfície elevada do relevo residual, compreendendo os planaltos tabulares, que em virtude do processo de dissecação possibilita a formação de vales colúviais e aluviais; II) Superfície retrabalhada do relevo residual, compreendendo planaltos rebaixados e morros testemunhos do tipo mesa e; III) Planícies Fluviais (Figura 2).

Figura 2 – Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Mulato, Piauí, Brasil.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

As características climáticas apresentam temperaturas que registram mínima de 20°C e, máxima, de 34°C, correspondente ao clima tropical quente, com índices pluviométricos em torno de 800 mm/ano a 1.200 mm/ano, definidos pelo regime de atuação da massa Equatorial Continental, de 5 a 6 meses de seca, sendo os meses de janeiro, fevereiro e março os mais chuvosos (ANDRADE, 2004).

Diante das características climáticas, pode-se afirmar que estas exercem forte influência nos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneas na bacia hidrográfica do Rio Mulato. Por sua vez, é importante mencionar que o recorte espacial em análise está inserido numa área de ecótono, compreendendo estratos arbóreos, arbustivos e herbáceos representativos das Matas de Cocais, da Caatinga e do Cerrado (BAPTISTA, 1975).

BASE TEÓRICA

As análises morfométricas possuem diferentes aplicações no gerenciamento de bacias hidrográficas, merecendo destaque as seguintes ações: prever o comportamento hidrológico (OLSZEVSKI et al., 2011), identificar alterações ambientais (ALVES; CASTRO, 2003), auxiliar o zoneamento territorial (SANTOS; SOBREIRA, 2008; SOARES; SOUZA, 2012; ABUD et al., 2015), gerar bases para manejo integrado (RODRIGUES et al., 2008; COUTINHO et al., 2011), priorizar áreas de intervenção (AHER et al., 2014; MALIK; BHAT, 2014; DIPAK et al. 2015), subsidiar o processo de gestão (ANDRADE et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010; BERTOSSI et al., 2011; MORELI et al., 2014), entre outras abordagens.

Vale mencionar que os parâmetros morfométricos utilizados no estudo em epígrafe foram definidos com base na literatura científica, merecendo destaque os trabalhos de Christofolletti (1969), Lana; Alves; Castro (2001), Santos; Morais (2012) e Soares; Souza (2012), demonstrando em seus estudos bons resultados para o entendimento e análise da temática em questão.

A importância do conhecimento do ambiente com a utilização de técnicas voltadas para a obtenção de dados remotos (Sensoriamento Remoto), inseridas em ambiente computacional integrado (Sistemas de Informações Geográficas) tendem a auxiliar o planejamento em suas mais diversas esferas (SILVA, 1999), visando garantir um uso mais adequado do espaço geográfico, a fim de oferecer parâmetros científicos para a utilização adequada dos recursos naturais.

No apoio às ações de pesquisa, planejamento e de gestão de recursos hídricos, as geotecnologias são definidas como o conjunto de tecnologias para a coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica (LANG; BLASCHKE, 2009), sendo que a mesma tem sido amplamente utilizada e recomendada nos estudos que pautam a análise morfométrica.

Nesse viés, a tecnologia de geoprocessamento tem se mostrado uma ferramenta eficiente de auxílio aos estudos ambientais, no contexto da necessidade de correlação de diversas variáveis físico-naturais, na agilidade de geração de informações e na síntese dos dados, bem como na representação cartográfica das informações geradas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (PEREIRA et al., 2015).

MATERIAL E MÉTODO

Para a realização da pesquisa foram utilizados dados altimétricos da bacia hidrográfica do Rio Mulato, adquirida a partir do *Shuttle RadaCHr Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 metros. Esta, por sua vez, foi obtida na plataforma do Serviço

Geológico dos Estados Unidos (USGS), as quais se encontram disponíveis gratuitamente para *download* no endereço eletrônico: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Ao utilizar como base o modelo digital de elevação (MDE), foi possível gerar os mapas de altimetria e declividade. Para a delimitação da bacia hidrográfica considerou-se as cotas altimétricas dos divisores de águas, a partir dos dados SRTM.

Também foram utilizados os dados de drenagem extraídos das cartas DSG (Diretoria de Serviço Geográfico/Ministério da Defesa) e base de dados da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM). Para a delimitação e auxílio na identificação da drenagem da área, foram utilizadas as cartas DSG de Amarante (SB.23-Z-B-II), Elesbão Veloso (SB.23-Z-B-III) e São Pedro do Piauí (SB.23-X-D-V).

Na sequência, foi elaborado em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica), a reclassificação do Modelo Digital de Elevação, através da ferramenta *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclassify*. Com isso, foram geradas cinco classes de altimetria, variando de 90 a > (maior que) 400 metros, permitindo, assim, a identificação das áreas mais elevadas e das áreas mais rebaixadas no contexto da bacia hidrográfica em estudo.

Para a geração do mapa temático de declividade, utilizaram-se as ferramentas do *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Surface > Slope*. O mapa foi gerado em porcentagem, estabelecendo 5 (cinco) classes, variando de plano a ondulado, com intervalos de (0 – 8; 8 – 20; 20 – 45; 45 – 70 e > 70), seguindo a classificação proposta por Ramalho Filho e Beek (1995), mas adaptada de acordo com os declives apresentados na bacia hidrográfica ora em destaque.

Para a determinação da morfometria da bacia hidrográfica do Rio Mulato, foram levantados dados, como: ordem de canais; comprimento total dos canais; área total da bacia; número de canais; densidade de drenagem; comprimento do canal principal; perímetro da bacia; amplitude altimétrica; comprimento do canal principal; altitude máxima; circunferência do círculo de mesma área que a área da bacia e distância vetorial entre pontos extremos do canal principal.

Com base nestes dados, foi possível estruturar as análises: linear, areal e hipsométrica da bacia hidrográfica, considerando os seguintes parâmetros morfométricos: i) densidade hidrográfica; ii) densidade de drenagem; iii) índice de sinuosidade; iv) coeficiente de manutenção; v) gradiente de canais; vi) relação de relevo e; vii) índice de circularidade.

Portanto, a combinação dos dados e informações levantadas e produzidas constitui a parte desta pesquisa de maior relevância, uma vez que envolve e aproveita a visão de conjunto que é oferecida pelos SIGs, no intuito de proporcionar análises úteis e pertinentes, a exemplo do planejamento ambiental e/ou territorial.

Cita-se que os produtos cartográficos foram gerados no programa ArcGis 10.5 (Licença estudantil). Destaca-se que o sistema de projeção adotado corresponde ao Universal Transversa de Mercator (UTM), tendo como referencial geodésico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), sendo este o Datum oficial adotado no Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao considerar sua posição geográfica dentro dos setores estruturais da bacia sedimentar do Parnaíba, a bacia hidrográfica do Rio Mulato encontra-se inserida no grupo das bacias

difusas do médio Parnaíba piauiense, tendo suas nascentes principais no município de Jardim do Mulato (PI) e, sua foz, no município de Amarante (PI).

De posse da delimitação da área de estudo, os índices morfométricos foram calculados a partir de fórmulas e conceitos consolidados na literatura científica, considerando os seguintes parâmetros morfométricos: densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, coeficiente de manutenção, gradiente de canais, relação de relevo e índice de circularidade.

Vale mencionar, que a densidade hidrográfica (D_h) correlaciona à área da bacia com o número total de canais fluviais, demonstrando o potencial hídrico de uma dada região e sua competência na formação de novos canais, sendo expressa pela relação entre o número de canais fluviais (n) pela área total da bacia (A). Ao considerar a bacia hidrográfica em estudo, o índice foi determinado utilizando a equação $D_h = n/A$. Desta forma, o valor encontrado foi de $0,13$ canais/ km^2 , o que significa dizer que, em função de seus atributos físicos, geológicos e topográficos, esta área apresenta certa dificuldade para formar novos canais fluviais.

A densidade de drenagem (D_d) representa a relação entre o comprimento total dos canais fluviais e a área total da bacia, sendo expressa pela equação $D_d = C/A$. Considerou, neste caso, toda a rede de drenagem vetorizada, correlacionando-a com a área da bacia, o qual indica a eficácia de drenagem na bacia.

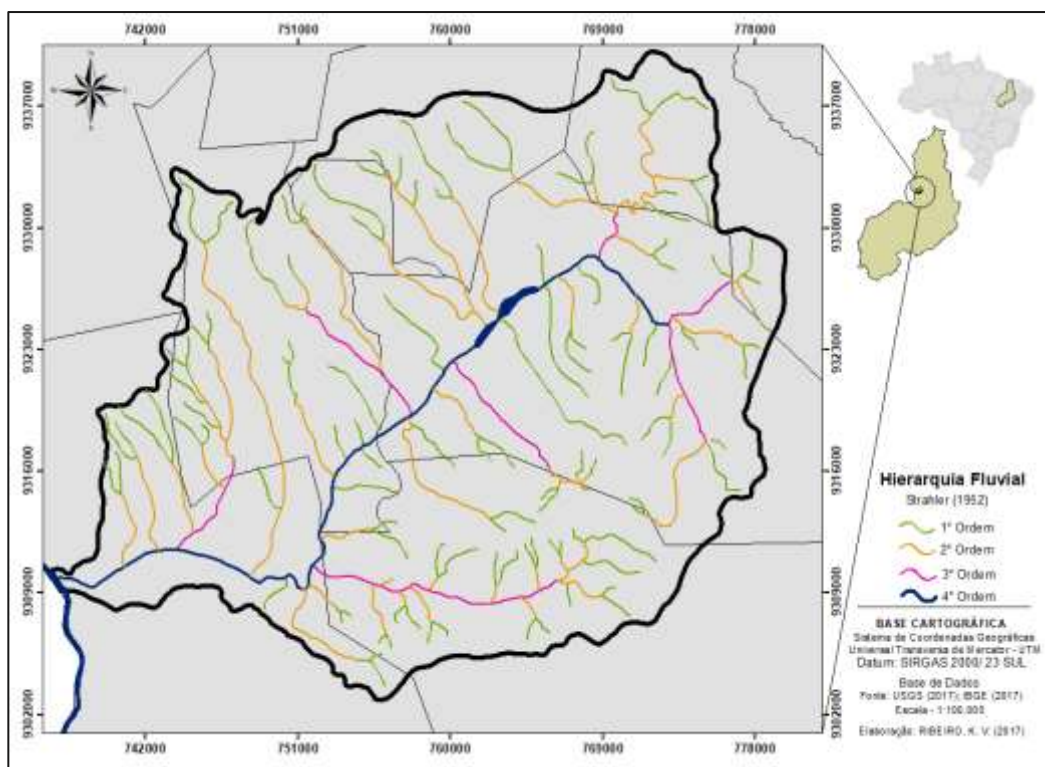
Christofolletti (1980) ressalta que é uma das variáveis mais importantes para a análise morfométrica em bacias hidrográficas, uma vez que este representa o grau de dissecação topográfica, em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, expressando a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas. O autor ressalta que em um mesmo ambiente climático, o comportamento hidrológico das rochas repercute na densidade de drenagem, já que nas rochas onde a infiltração encontra maior dificuldade, há condições melhores para o escoamento superficial, gerando possibilidade para a esculturação de canais, e como consequência, uma densidade de drenagem mais elevada.

O valor encontrado para a bacia hidrográfica do Rio Mulato foi de $0,60$ km/ km^2 , indicando que, nesse sistema hidrográfico, prevalece a infiltração enquanto o escoamento superficial é diminuto. Portanto, baixa densidade de drenagem.

Ao analisar a rede de drenagem da área em epígrafe, observa-se que esta apresenta um padrão de drenagem do tipo subparalela, tendo o seu canal principal alinhado na direção NE-SO, com 64 km de comprimento. Conforme modelo aplicado para a hierarquização dos canais, proposto por Strahler (1952), citado por Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica evidenciou uma drenagem geral de 4° ordem, conforme é apresentado na figura 3.

Ao analisar de forma mais detalhada os canais fluviais e, tendo em vista a geologia local, pode-se inferir que é possível identificar os padrões de drenagem distintos em alguns segmentos fluviais, em virtude de feições com controle estrutural sobre o arcabouço do canal, resultante de movimentos neotectônicos de falhas normais.

Figura 3 – Mapa de hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do Rio Mulato, estado do Piauí.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

O índice de sinuosidade (I_s) corresponde a razão do comprimento do canal principal, calculado por uma medida longitudinal entre pontos extremos do canal principal (nascente à foz). Encontra-se relacionado à velocidade do escoamento nos canais de drenagem e, em síntese, sua relação com o solo em produzir erosão. Dessa forma, o valor encontrado foi de 1,42 para a bacia do Mulato, indicando que os canais não são retilíneos, tendo em vista que as drenagens retilíneas apresentam índice de sinuosidade próximo a 1. No entanto, apresenta uma característica transitória, já que o valor para ser considerado sinuoso na literatura é de 1,4.

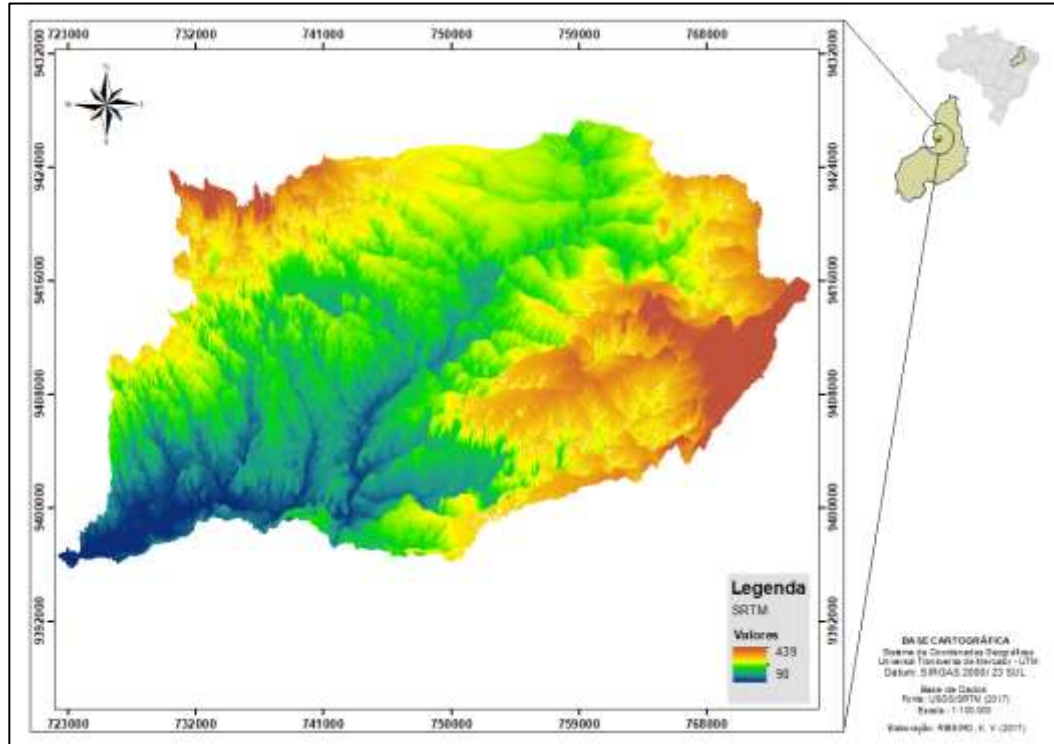
O coeficiente de manutenção é considerado um dos índices mais importantes no sistema de drenagem em termos de planejamento ambiental de bacias hidrográficas. Este índice visa calcular a área mínima que a bacia precisa dispor para a manutenção de um metro de canal fluvial. É calculado pela relação inversa da densidade de drenagem, conforme a seguinte fórmula: $C_m = (1/D_d) \times 1000$. Em termos de balanço hidrodinâmico, o resultado obtido indica que são necessários 1665,37 m²/m de área para manter perene cada metro de canal fluvial na bacia hidrográfica do Rio Mulato.

O gradiente de canais (G_c) corresponde à relação entre a altitude máxima da bacia e o comprimento do canal principal. Este índice tem por finalidade indicar a declividade dos cursos d'água. Dessa forma, para se determinar o gradiente de canais, foi utilizada a seguinte equação: $G_c = a \max/L$ (%). O valor encontrado na bacia do Rio Mulato foi de 0,68%, refletindo na compartimentação das formas de relevo, onde este se mostra suavemente ondulado, no seu alto curso. Este valor é justificado pela característica erosiva, considerada como moderada, em virtude das características de declividade encontrada.

A relação de relevo (R_r) corresponde a uma análise hipsométrica (Figura 4), considerando o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal

principal. Ou seja, quanto maior o valor de R_r , maior será o desnível entre a cabeceira e o seu exutório, conseqüentemente, maior será a declividade média da bacia. Este índice é obtido a partir da seguinte equação: $R_r = \Delta a/L$. Dessa forma, a menor altitude é de 90 metros e a maior de 439 metros na bacia hidrográfica do Rio Mulato, refletindo em uma amplitude altimétrica de 349 metros. O valor encontrado para esse parâmetro foi de 0,0054 m/km^2 , o que significa dizer que a bacia tem uma alta relação de relevo entre os componentes horizontais (circular) e verticais (considerada a amplitude altimétrica).

Figura 4 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Rio Mulato, estado do Piauí.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Por sua vez, o índice de circularidade (I_c) relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1969). Quanto mais próximo de 1, mais circular tende a ser a bacia, tendendo, por consequência, a ter um maior risco de cheias. Assim, o valor encontrado para a bacia do Mulato foi de 0,53, tendendo a bacia a ser circular, o que resulta na probabilidade de ocorrer cheias ou inundações a depender do regime pluvial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, fica evidente que os estudos relacionados às análises morfométricas tendem a proporcionar melhores definições das diretrizes e ações a serem implementadas em um espaço físico-territorial, principalmente no planejamento de bacias hidrográficas. Além disso, este conhecimento sintetizado, em forma de produto cartográfico, pode servir como uma importante ferramenta para avaliações ambientais estratégicas, especialmente em casos de intervenções antrópicas.

Portanto, a análise linear, areal e hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Mulato, estado do Piauí, Brasil, considerando os parâmetros morfométricos de densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, coeficiente de manutenção, gradiente de canais, relação de relevo e índice de circularidade, retratam uma visão sinóptica e essencial para a gestão e gerenciamento de uma bacia hidrográfica, visto a relevância que a mesma adquire no contexto local/regional.

Destaca-se que os parâmetros morfométricos analisados mostraram que a bacia em estudo possui certo controle litoestrutural, forma tendenciosa a circular e baixa densidade de drenagem, repercutindo, conseqüentemente, em altas taxas de infiltração. Por outro lado, apresenta escoamento superficial com fatores limitantes do ponto de vista geológico, dificultando a formação de novos canais fluviais.

Os resultados obtidos permitem concluir que as geotecnologias mostraram-se eficientes na modelagem, na identificação, na análise, na interpretação e na quantificação das variáveis morfométricas na bacia do Mulato, enquanto instrumento indispensável na extração de informações espaciais do meio físico, sobretudo, para a caracterização e avaliação ambiental, visando, conseqüentemente, o planejamento ambiental e/ou territorial.

Dessa forma, abrem-se novas perspectivas quanto às medidas de planejamento estratégico e de gestão dos recursos hídricos na área estudada ou em áreas correlatas, uma vez que os dados e os produtos cartográficos gerados potencializam novos estudos voltados à manutenção dos recursos hídricos, sobretudo no viés do planejamento hidrográfico. Portanto, considera-se que esta pesquisa tende a contribuir de maneira satisfatória com a análise e planejamento da bacia hidrográfica do Rio Mulato, na perspectiva de auxiliar a compreensão dos processos fluviais de forma integrada a partir das características morfométricas.

REFERÊNCIAS

- ABUD, E. A.; LANI, J. L.; ARAÚJO, E. A.; AMARAL, E. F.; BARDALES, N. G.; FERNANDES FILHO, E. I. Caracterização morfométrica das sub-bacias no município de Xapuri: subsídios à gestão territorial na Amazônia Ocidental. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 2, p. 431-441, 2015.
- AHER, P. D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR S. D. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: a remote sensing and GIS approach. **Journal of Hydrology**, v. 511, p. 850-860, 2014.
- ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.
- ANDRADE, J. A. S. **Atlas climatológico do estado do Piauí**. Embrapa Meio Norte. Teresina, Brasil, 2004.
- ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. L.; ALVES, E. C. R. F.; SILVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. U. R. Caracterização morfométrica e pluviométrica da Bacia do Rio Manso – MT. **Geociências**, v. 27, n. 2, p. 237-248, 2008.
- BAPTISTA, J. G. **Geografia física do Piauí**. 2 ed. Teresina, 1975.

- BARRELLA, W. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (org.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BERTOSSI, A. P. A.; KLIPPEL, V. H.; PELUZIO, T. M. O.; MENEZES, J. P. C.; CECÍLIO, R. A. Análise morfométrica da sub-bacia do Córrego Horizonte, Alegre-ES, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG). **Revista Nucleus**, v.8, n. 2, p. 209-218, 2011.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Coordenação de recursos naturais e Estudos Ambientais. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. IBGE: 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 nov. 2018.
- BRASIL. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Folha SB.23 Teresina e parte da folha SB.24 Jaguaribe. **Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. SUDENE. v. 2, Rio de Janeiro, 1973.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v. 9, n.18, p. 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 1980.
- COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES. **Irriga**, v. 16, n. 4, p. 369-381, 2011.
- CPRM. **Projeto Geobank**. 2010. Disponível em: <http://geobank.sa.cprm.gov.br/>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- DIPAK, R. S.; SHIRISH, G. S.; NAGARAJAN, R. GIS based drainage morphometry and its influence on hydrology in parts of Western Ghats region, Maharashtra, India. **Geocarto International**, v.30, n.7, p. 755-778, 2015.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- LANA, C. E.; ALVES, J.; CASTRO, P. T. A. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Tanque, Minas Gerais, Brasil. **Revista da Escola de Minas**, v.54, n.2, 2001.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- LIMA, I. M. M. F. Relevo piauiense: uma proposta de classificação. **Carta Cepro**. v. 2, nº. 2, p. 55-84. Teresina, Brasil, 1987.
- MALIK, M. I.; BHAT, M. S. Integrated Approach for Prioritizing Watersheds for Management: A Study of Lidder Catchment of Kashmir Himalayas. **Environmental Management**, v. 54, p. 1267–1287, 2014.
- MORELI, A. P.; PEREIRA, D. P.; SILVA, S, F. Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Córrego Cancã em Venda Nova do Imigrante – ES – BRASIL. **Nucleus**, v.11, n. 2, p. 385-396, 2014.

- OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 819-825, 2010.
- OLSZEWSKI, N.; FERNANDES-FILHO, E. I.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SOUZA, E.; COSTA, O. D. V. Morfologia e aspectos hidrológicos da bacia hidrográfica do Rio Preto, divisa dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 485-492, 2011.
- PEREIRA, B. W. F.; MACIAL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; FERREIRA, B. M.; RIBEIRO, E. G. P.; Geotecnologias com apoio de índices morfométricos para a caracterização da bacia hidrográfica do rio peixe-boi, nordeste paraense. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v.11, n. 22, p. 1351, Goiânia, 2015.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistemas de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995.
- RODRIGUES, F. M.; PISSARA, T. C. T.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Gloria, município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, v. 13, n. 3, p. 310-322, 2008.
- SAMPAIO, A. C.; CORDEIRO, A. M.; BASTOS, F. H. Indicadores morfométricos dos processos fluviais no alto curso do Rio Mundaú, Ceará, Brasil. **Revista GeoUECE**. v. 4, nº 7, p. 64 – 76, Fortaleza/CE, 2015.
- 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, Amazonas, 2012.
- SANTOS. C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Baçõ e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. **Revista Escola de Minas**, v. 61, n. 1, p.77-85, 2008.
- SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Editora da Unicamp, Campinas, 1999.
- SOARES, M. R. G. J.; SOUZA, J. L. M. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Revista Geografia**, v. 21, n. 1, p. 19-36, Londrina, 2012.
- SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: SOUZA, M. J. N.; LIMA, L. C.; MORAIS, J. O. (Org.) **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: Ed. FUNECE, 2000.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de Bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**. n. 20, p. 137-155, 2007.