

APLICAÇÃO DE PARÂMETROS LINEARES E AREAIS NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SANTO ANTÔNIO, MARANHÃO

APPLICATION OF LINEAR AND AREA PARAMETERS IN THE HIGH COURSE OF THE SANTO ANTÔNIO HYDROGRAPHIC BASIN, MARANHÃO

APLICACIÓN DE PARÁMETROS LINEALES Y DE ÁREA EN EL CURSO ALTO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA SANTO ANTÔNIO, MARANHÃO

<https://doi.org/10.26895/geosaberes.v12i0.1046>

DAYANA SERRA MACIEL ¹
QUÉSIA DUARTE DA SILVA ²
DANYELLA VALE BARROS FRANÇA ³

¹ Graduanda em Geografia Bacharelado, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Cidade Universitária Paulo VI - Tirirical/Cidade Operária, São Luís (MA), Brasil, CEP 65055-310, Tel.: (+55 98) 3245.5461, dayana_serra@hotmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7581-5111>

² Professora Adjunta III do Departamento de História e Geografia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Cidade Universitária Paulo VI - Tirirical/Cidade Operária, São Luís (MA), Brasil, CEP 65055-310, Tel.: (+55 98) 3245.5461, quesiaduartesilva@hotmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4496-3426>

³ Mestre em Geografia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Cidade Universitária Paulo VI - Tirirical/Cidade Operária, São Luís (MA), Brasil, CEP 65055-310, Tel.: (+55 98) 3245.5461, danyellabarros-geo@hotmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7659-658X>

Histórico do Artigo:
Recebido em 03 de Julho de 2020.
Aceito em 12 de Janeiro de 2021.
Publicado em 31 de Janeiro de 2021.

RESUMO

A bacia hidrográfica é um importante instrumento de planejamento e gestão de recursos hídricos, sendo definida como uma área delimitada por divisores de águas formada por um rio principal e seus afluentes. Este trabalho objetiva compreender a fisiografia e hidrologia do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão por intermédio da análise morfométrica. A pesquisa possui caráter teórico/empírico e para alcance do objetivo realizou-se levantamento bibliográfico, cartográfico, de dados morfométricos, elaboração de mapas temáticos e realização de trabalhos de campo. Os dados morfométricos levantados levaram em consideração a análise linear e areal, onde foi possível realizar uma melhor interpretação da fisiografia e do comportamento hidrológico do alto curso. Esses dados podem proporcionar o monitoramento desta bacia quanto as áreas sujeitas a ocorrência de cheias.

Palavras chave: Índices quantitativos. Morfometria. Drenagem.

ABSTRACT

The hydrographic basin is an important instrument for the planning and management of water resources, being defined as an area bounded by water divisions formed by a main river and its tributaries. This work aims to understand the physiography and hydrology of the high course of the hydrographic basin of Santo Antônio, Ilha do Maranhão through morphometric analysis. This research has a theoretical and empirical character and in order to reach the objective, a bibliographic, cartographic and morphometric data survey was carried out, thematic maps were elaborated and field work was carried out. The morphometric data collected in the study area took into account the linear and sandy analysis and through the results achieved it was possible to better interpret the physiography and the hydrological behavior of the high course. These data can serve as a basis for monitoring this basin and analyzing areas subject to floods.

Keywords: Quantitative indices. Morphometry. Drainage.

RESUMEN

La cuenca hidrográfica es un instrumento importante para la planificación y gestión de los recursos hídricos, y se define como un área limitada por divisiones de agua formadas por un río principal y sus afluentes. Este trabajo tiene como objetivo comprender la fisiografía e hidrología del curso alto de la cuenca hidrográfica de Santo Antônio, Ilha do Maranhão a través del análisis morfométrico. Esta investigación tiene un carácter teórico y empírico y para lograr el objetivo, se realizó un estudio de datos bibliográficos, cartográficos y morfométricos, se elaboraron mapas temáticos y se realizó un trabajo de campo. Los datos morfométricos recopilados en el área de estudio tomaron en cuenta el análisis lineal y areoso y, a través de los resultados obtenidos, fue posible interpretar mejor la fisiografía y el comportamiento hidrológico del curso alto. Estos datos pueden servir como base para monitorear esta cuenca y analizar áreas sujetas a inundaciones.

Palabras clave: Índices cuantitativos. Morfometría. Drenaje.

INTRODUÇÃO

Os estudos hidrológicos envolvendo uma abordagem quantitativa tiveram início com Horton (1945) e Strahler (1952), que por intermédio dos seus trabalhos trouxeram as bases metodológicas que tem contribuído até a atualidade para os estudos relacionados as questões morfométricas.

A utilização de parâmetros morfométricos em análises hidrológicas tem contribuído significativamente para a compreensão da dinâmica de uma bacia, tornando-se relevante no campo da Geomorfologia Fluvial. Neste sentido, a análise morfométrica de bacias hidrográficas é uma das principais formas de se avaliar quantitativamente a interação entre processos e condicionantes geomorfológicos, pois permite caracterizar os aspectos geométricos e de composição das bacias, estabelecendo indicadores relacionados à forma, ao arranjo estrutural e à composição integrativa entre os elementos (CHEREM, 2008).

A morfometria é definida como uma análise quantitativa das geoformas que permite relacionar a fisiografia e a dinâmica hidrológica de uma bacia hidrográfica.

Para melhor compreensão das características físicas de uma bacia hidrográfica utiliza-se de parâmetros quantitativos, ou seja, uma análise morfométrica. A morfometria refere-se aos aspectos quantitativos do relevo, variável relacionada à medida de altura, comprimento, largura, volume, altura absoluta e relativa da superfície, declividade, densidade e frequência de suas formas (FLORENZANO, 2008. p. 17).

Os dados adquiridos por intermédio destes índices quantitativos podem fornecer subsídio para o planejamento, gestão e manejo dos recursos hídricos. Sendo assim, a caracterização morfométrica de uma bacia servirá para esclarecer as questões relacionadas à sua dinâmica, como por exemplo, a infiltração, o deflúvio, o escoamento superficial e subsuperficial e a evapotranspiração. Esta 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.*, 2014; FRAGA *et al.*, 2014).

Neste sentido, este trabalho objetiva compreender a fisiografia e hidrologia do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão por intermédio da análise morfométrica.

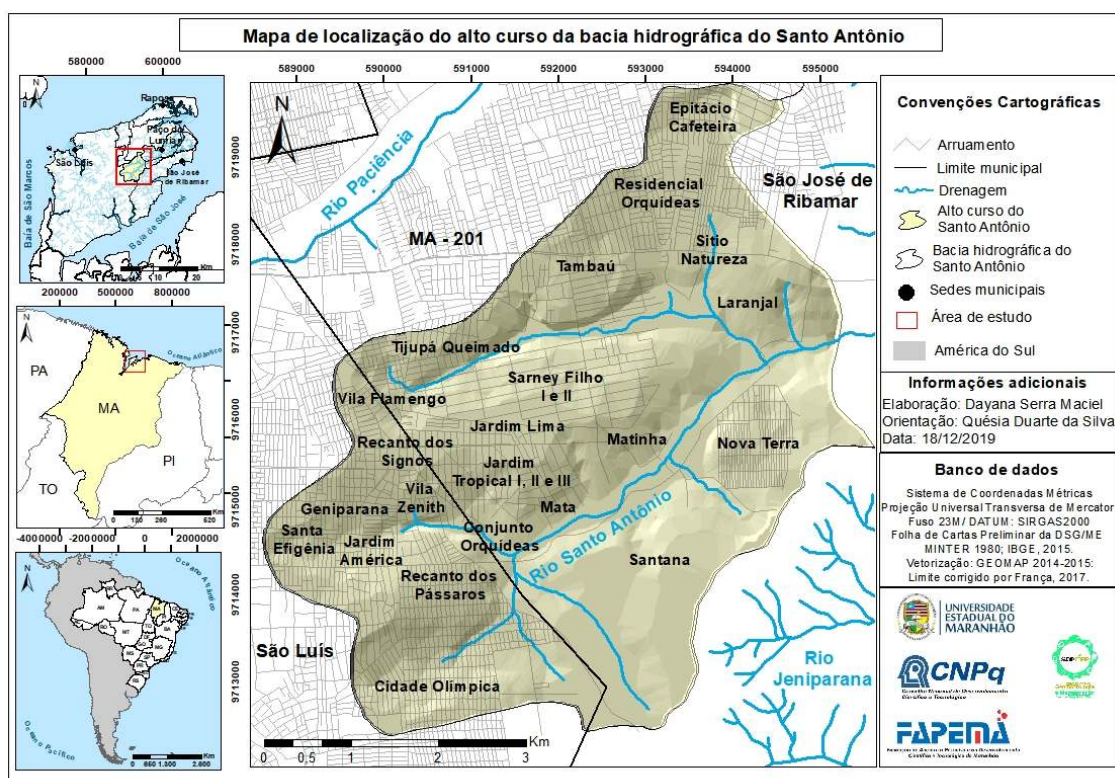
Ressalta-se que conhecer o ambiente físico é de suma importância para o processo de ocupação e manejo de uma bacia hidrográfica, por fornecer subsídios para o entendimento de suas potencialidades e fragilidades, favorecendo ocupação planejada com menos impactos à área.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, que está localizado na porção centro-leste da Ilha do Maranhão, com uma área drenada nos municípios de São Luís e São José Ribamar (Figura 1). A referida bacia está inserida no grupo de médias bacias da Ilha do Maranhão, quanto à dimensão areal, e deságua na baía de São José, assim como a do rio Paciência, Tibiri e Jeniparana (SILVA, 2012).

Limita-se a norte e a oeste com a bacia do Paciência; ao sul com a bacia do Jeniparana e a leste com o médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

Figura 1- Mapa de localização do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Considerando o objetivo desta pesquisa, optou-se por apresentar apenas os dados geoambientais referentes aos aspectos gerais do clima, compartimentação tectônica, formas de relevo e a drenagem. No que diz respeito às características geoambientais da área de estudo, o clima da região é marcado por dois períodos distintos, um chuvoso que se estende de janeiro a junho e outro seco durante os meses de julho a dezembro.

Quanto a compartimentação tectônica, a área de estudo está inserida na Bacia Sedimentar Costeira de São Luís, que se limita ao norte pela plataforma continental, ao sul pelos Altos Estruturais Arco Ferrer - Urbano Santos, dispostos aproximadamente E-W, a leste pelo Horst de Rosário e a oeste pelo Arco de Tocantins (PEREIRA, 2006).

Com relação às morfologias, o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio apresenta três formas de relevo, duas denudacionais e uma agradacional. As formas denudacionais são tabuleiros com topos planos - Dtp e colinas esparsas - DC; a forma agradacional é caracterizada pela planície fluvial - Apf.

No que concerne à drenagem e com base na proposta de hierarquia fluvial de Strahler (1952), o alto curso apresenta canais de 3ª (terceira) ordem com padrão dendrítico.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa possui caráter teórico e empírico e para seu desenvolvimento foi necessária realização de levantamentos bibliográficos a partir de livros, artigos, teses, dissertações, monografias e periódicos que fundamentaram o referencial teórico para a discussão referente a bacias hidrográficas e morfometria.

Para o levantamento cartográfico, outra etapa do trabalho, utilizou-se o banco de dados de Silva (2012) e França (2018), como base para elaboração de shapes necessários e para a produção de mapas referentes a esta pesquisa.

Na elaboração do material cartográfico utilizou-se o *software ArcGIS for Desktop Advanced*, versão 10.2, licença EFL999703439. Para a validação de algumas informações geradas em gabinete foram realizados trabalhos de campo ao longo do ano de 2019, e toda a área de estudo foi percorrida.

MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A análise morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio foi realizada utilizando o *software ArcGIS for Desktop Advanced*, versão 10.2 e equações pré-estabelecidas.

Para tanto, foram extraídas informações referentes à área (A), perímetro (P), comprimento médio dos canais (Lm) e amplitude altimétrica (Δa) a partir dos quais foram aplicados os seguintes parâmetros: relação de bifurcação (Rb), densidade de drenagem (Dd), densidade hidrográfica (Dh), extensão do percurso superficial (Eps), índice de circularidade (Ic), índice de sinuosidade (Is), fator de forma (Kf), coeficiente de manutenção (Cm), coeficiente de compacidade (Kc), gradiente de canais (Gc), relação do relevo (Rr), conforme Quadro 1. Os cálculos morfométricos realizados na área de estudo levaram em consideração a análise linear e areal das bacias hidrográficas, ou seja, a morfometria está associada ao relevo e a rede de drenagem.

A área de uma bacia é o elemento básico para o cálculo das outras características físicas (VILLELA E MATOS, 1975). O perímetro é o comprimento da linha divisora de águas que circunda a bacia (PINTO, 2003).

Quadro 1 - Parâmetros morfométricos e métodos de obtenção

Parâmetros morfométricos	Fórmulas	Referência
Relação de bifurcação (Rb)	$Rb = Nu / Nu + 1$ onde, Nu é o número de canais de determinada ordem e Nu+1 é o número de canais de ordem superior	Horton (1945)
Comprimento médio dos canais (Lm)	$Lm = Lu / Nu$ onde, Lu é a soma total dos canais de cada ordem e o Nu é o número de canais de cada ordem	Horton (1945)
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = Lt / A$ onde, Lt é o comprimento total dos canais e A é a área da bacia	Horton (1945)
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = N / A$ onde, N é o número de rios ou canais e A é a área da bacia	Horton (1945)
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = 12,57 \times A / P^2$ onde, A é a área da bacia e P é o perímetro	Miller (1953), Schumm (1956)

Índice de sinuosidade (Is)	$Is = 100.(Lc - Lv)/Lc$ onde, Lc é o comprimento do canal principal e Lv é o comprimento vetorial do canal principal	Schumm (1977)
Fator de forma (Kf)	$Kf = A/L^2$ onde, A é a área da bacia e L é o comprimento do eixo da bacia	Villela e Matos (1975)
Coefficiente de manutenção (Cm)	$Cm = 1/Dd.1000$ onde, Dd é a densidade de drenagem	Schumm (1956)
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 * P / \sqrt{A}$ onde, P é o perímetro da bacia e A é a área da bacia	Villela e Matos (1975)
Extensão do percurso superficial (Eps)	$Eps = 1/2 Dd * 1000$ onde, Dd é a densidade de drenagem	Horton (1945)
Gradiente de canais (Gc)	$Gc = Amax/Lc$ onde, Amax é a altitude máxima e Lc é o comprimento do canal principal	Horton (1945) Freitas (1952)
Relação do relevo (Rr)	$Rr = \Delta a/Lc$ onde, Δa é a amplitude altimétrica e Lc é o comprimento do canal principal	Schumm (1956)
Amplitude altimétrica (Δa)	$\Delta a = H - h$ onde, H é altitude máxima e h altitude mínima, ambas em metros (m)	Lima (2008)

Fonte: Organizado por Maciel (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio possui uma área de 29,15 Km², tendo no seu canal principal a extensão de 6,78 Km. Foi contabilizado um total de 14 canais com comprimento total (Lt) de 20,13 Km. Desses 14 canais, 10 são de 1^a (primeira) ordem, 3 são de 2^a (segunda) ordem e 1 é de 3^a (terceira) ordem (Figura 2).

Somando-se os canais de 1^a (primeira) ordem, têm-se um total 8,75 Km, os de 2^a (segunda), 6,45 Km e os de 3^a (terceira), 4,66 Km. Obteve-se o comprimento médio dos canais de cada ordem e os de primeira apresentaram o comprimento médio de 0,87 Km; os de segunda, 2,15 Km e o de terceira ordem, 4,66 Km.

A relação de bifurcação ou lei de número de canais foi proposta por Horton (1945) e é definida como a relação entre o número total de canais de uma determinada ordem e o número total de canais de ordem superior (Tabela 1). O objetivo deste índice é indicar o grau de dissecação de uma bacia hidrográfica; quanto mais alto for o valor deste índice, maior será o grau de dissecação da bacia. Destaca-se ainda que valores menores que 2 indicam um relevo mais colinoso. Ressalta-se que Rb dos canais de 2^a ordem indica relevo bem dissecado, já os de 3^a ordem sugere um relevo menos dissecado, indicando colinas mais suaves.

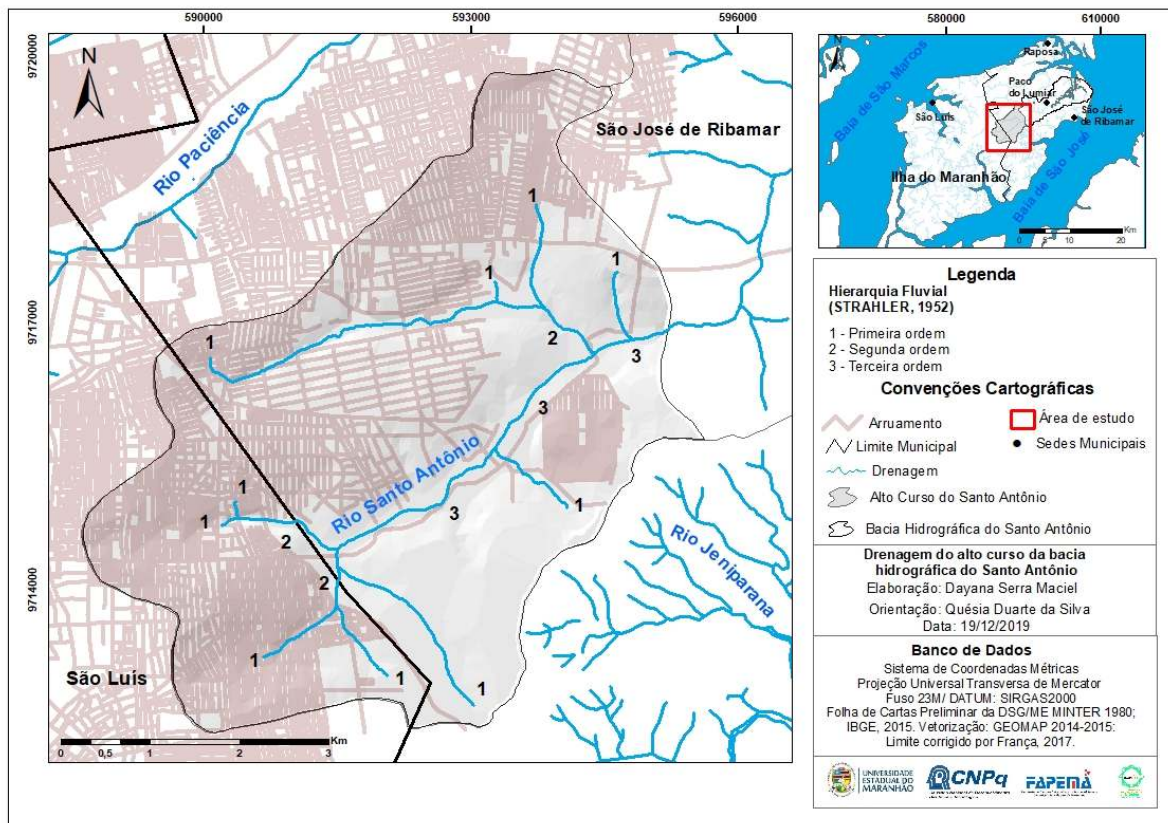
Outro aspecto analisado foi a densidade de drenagem que na área de estudo é de 0,69 Km/Km². De acordo com Villela e Matos (1975), este índice varia de 0,5 Km/Km² para bacias com drenagem pobre a 3,5 Km/Km² ou mais para bacias bem drenadas. Considerando a classificação de Villela e Matos, o valor encontrado para o alto curso do Santo Antônio indica uma bacia com baixa densidade de drenagem, ou seja, naturalmente tende para uma maior taxa de infiltração e menor escoamento superficial, sem considerar o uso e cobertura da terra.

Tabela 1 - Número de Canais e a Relação de bifurcação da área de estudo

Ordem	Número de Canais	Relação de Bifurcação
1 ^a	10	-
2 ^a	3	2,5
3 ^a	1	1,5

Fonte: Organizado por Maciel (2019).

Figura 2 - Mapa de drenagem do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



A densidade hidrográfica ou frequência de canais é de 0,34 canais/Km² na área de estudo e conforme a classificação proposta por Lollo (1995), o alto curso apresenta baixa capacidade de geração de cursos d'água e consequentemente baixa possibilidade de ocorrência de cheias (Tabela 3).

Tabela 3 - Classificação da densidade hidrográfica (Dh)

Densidade Hidrográfica (*N ₁ /Km ²)	Classificação
< 3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
>15	Muito alta

*N₁ = Número de canais de primeira ordem, conforme Strahler (1952)

Fonte: Adaptado de Lollo (1995).

O índice de sinuosidade, que tem relação com a velocidade do escoamento das águas no canal de drenagem na área de estudo é de 14% indicando canais muito reto (Tabela 4). Este

padrão retilíneo em canais de drenagem favorece a velocidade do escoamento das águas, carregamento de sedimentos com menor acúmulo destes e favorece a ocorrência de enchentes.

Tabela 4 - Classificação para o índice de sinuosidade (Is)

Limites de Is (%)	Classificação
≤ 20	Muito reto
20 – 30	Reto
30 – 40	Divagante
≥ 40	Sinuoso

Fonte: Adaptado de Schumm (1977).

A extensão do percurso superficial, que diz respeito à distância em metros percorrida pelo fluxo de águas pluviais até encontrar um canal mais próximo, é de 720 metros. De acordo com Sousa e Rodrigues (2012), este valor de 720 se refere à vertentes com valores medianos, favorecendo a infiltração (Tabela 5).

Tabela 5 – Classificação da extensão do percurso superficial (Eps)

Eps (M)	Classificação
>1000	Baixa
1000 - 249	Mediana
248 – 142	Alta
< 142	Muito alta

Fonte: Adaptado de Sousa e Rodrigues (2012).

Sobre índice coeficiente de manutenção, proposto por Schumm (1956), este se refere à área que uma bacia necessita para manter um metro de canal fluvial. Neste sentido, o alto curso do Santo Antônio necessita de 1,440 Km²/Km para manter um quilômetro linear da drenagem. Afirma-se ainda que de acordo com valor encontrado a área de estudo não é uma grande quantidade de cursos d'água.

Outro parâmetro morfométrico analisado foi o índice de circularidade proposto por Miller (1953) e diz respeito à relação entre a área da bacia e a área do círculo do mesmo perímetro. De acordo com a literatura, quanto mais próximo o valor desse índice for de 1, mais circular será a bacia. A área de estudo apresenta Ic de 0,57, sendo uma bacia com baixa tendência a enchentes (Tabela 6).

Tabela 6 - Classificação de Fator de forma (Kf), Índice de circularidade (Ic) e Coeficiente de compacidade (Kc)

Ff	Ic	Kc	Formato da bacia	Classificação
1,00 – 0,75	1,00 – 0,80	1,00 – 1,24	Redonda	Alta tendência a enchentes
0,75 – 0,50	0,80 – 0,60	1,25 – 1,50	Ovalada	Tendência mediana a enchentes
0,50 – 0,30	0,60 – 0,40	1,50 – 1,70	Oblonga	Baixa tendência a enchentes
< 30	< 0,40	>1,70	Comprida	Tendência a conservação

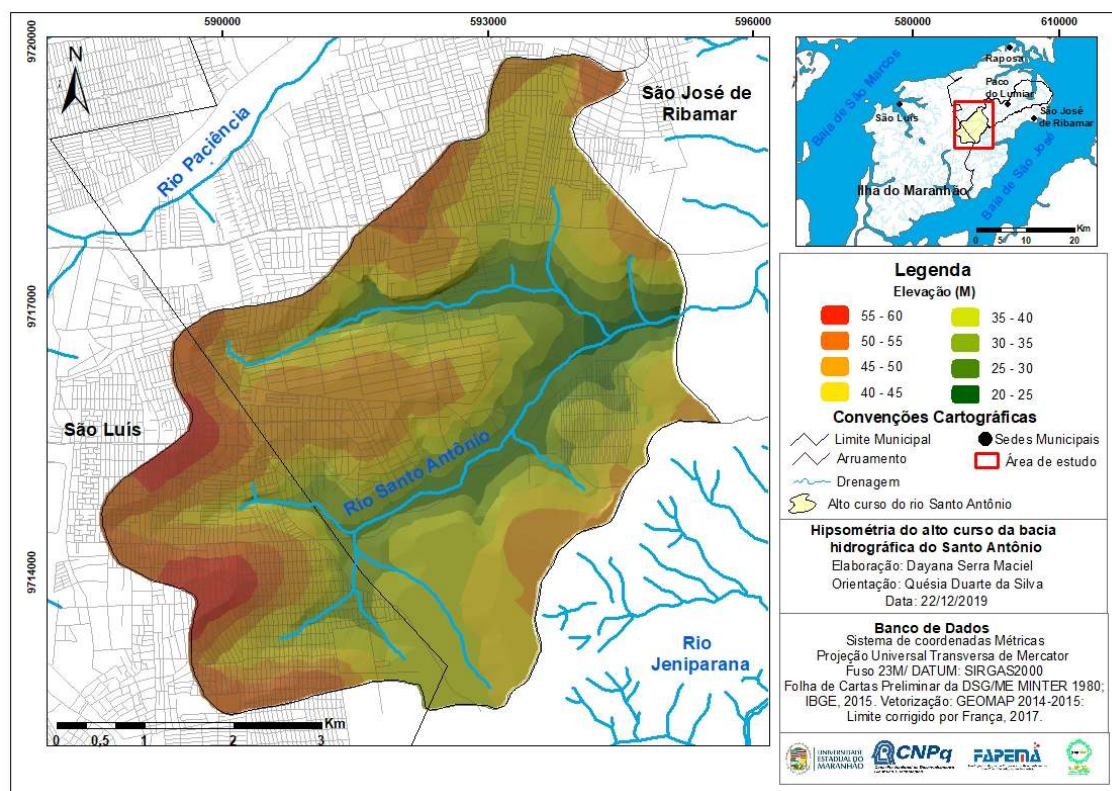
Fonte: Adaptado de Villela e Matos (1975); Nardini *et al.* (2013).

O coeficiente de compacidade é, que segundo Villela e Matos (1975) um valor adimensional que varia de acordo com a forma da bacia. No alto curso do Santo Antônio, este índice é 1,30, logo, o Kc na área de estudo apresenta tendência mediana à enchentes (Tabela 6). O fator de forma é de 0,61, com tendência mediana a enchentes (Tabela 6).

Fazendo uma associação conjunta dos parâmetros Kf, Ic e Kc, o alto curso apresenta forma Oblonga/Ovalada, conforme classificação anteriormente citada, indicando uma baixa à mediana tendência a enchentes e inundações.

Na área em questão a altitude varia entre 60 m (altitude máxima) e 20 m (altitude mínima) (Figura 3). A diferença entre os valores de altitude máxima e mínima resulta na amplitude altimétrica que serve como base para cálculos de alguns parâmetros morfométricos, como por exemplo parâmetro relação de relevo (Rr). Sendo assim, com base no cálculo realizado, a amplitude altimétrica do alto curso do Santo Antônio é de 40 m, indicando que essa bacia possui predomínio de relevo tabular.

Figura 3 - Mapa de hipsometria do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Outro importante parâmetro morfométrico é o gradiente de canais, que tem como função indicar a declividade do curso d'água (HORTON, 1945). Quanto maior for valor identificado, maior a capacidade de transporte do canal fluvial. Esse índice no alto curso é de 8,84 m/Km, sugerindo uma moderada declividade.

O último parâmetro analisado é a relação de relevo que relaciona a amplitude altimétrica com o comprimento do canal principal. Segundo Schumm (1956), quanto maior o valor de Rr, maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, consequentemente maior será a declividade média da bacia.

A relação do relevo do alto curso do Santo Antônio é de 0,58 (valor adimensional), considerada alta (Tabela 7) indicando que a área apresenta uma alta declividade, o que favorece uma maior velocidade para o escoamento superficial.

Estes dados morfométricos (Quadro 2) podem servir de base para o monitoramento desta bacia e para compreender de forma integrada os processos hidrológicos e geomorfológicos da bacia em questão.

Tabela 7 – Classificação da relação de relevo

Relação de relevo	Classificação
0,0 – 0,10	Baixa
0,11 – 0,30	Média
0,31 – 0,60	Alta

Fonte: adaptado de Piedade (1980).

Quadro 2 – Parâmetros morfométricos do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão

Parâmetros morfométricos	Valores
Área	29,15 km ²
Perímetro	25,19 km
Comprimento do canal principal (Lv)	6,78 Km
Comprimento do eixo da bacia (L)	6,87 Km
Padrão de drenagem	Dendrítico
Ordem da bacia	3 ^a
Relação de bifurcação (Rb)	2 ^a ordem – 2,5
	3 ^a ordem – 1,5
Comprimento médio do canais (Lm)	1 ^a ordem - 0,87 Km
	2 ^a ordem – 2,15 Km
	3 ^a ordem – 4,66
Comprimento total dos canais (Lt)	20,13 Km
Número total de canais	14
Densidade de drenagem (Dd)	0,69 Km/Km ²
Densidade hidrográfica (Dh)	0,34 canais/Km ²
Índice de circularidade (Ic)	0,57
Índice de sinuosidade (Is)	14%
Fator de forma (Kf)	0,61
Coeficiente de manutenção (Cm)	1,440 Km ² /Km
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,30
Extensão do percurso superficial (Eps)	720 M
Gradiente de canais (Gc)	8,84 m/Km
Relação do relevo (Rr)	0,58
Amplitude altimétrica (Δa)	40 m

Fonte: Organizado por Maciel (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do Santo Antônio é considerada a quarta maior bacia da Ilha do Maranhão e comparada com as outras da Ilha, apresenta poucos estudos científicos. O alto curso do Santo Antônio, objeto de análise desta pesquisa, possui uma área de 29,15 Km² e por meio da aplicação da análise morfométrica foi possível uma melhor interpretação da fisiografia e do seu comportamento hidrológico.

Com relação às características do relevo, a área de estudo apresenta canais muito retos; a amplitude do relevo varia de 20 a 60m, com predomínio de relevo tabular e acentuada declividade.

Sobre os canais fluviais, a área possui baixa densidade de drenagem, indicando um maior potencial de infiltração com baixa capacidade de geração de novos cursos d'água e que não é rica em canais fluviais.

E por fim, relacionando os parâmetros Kf, Ic e Kc, o alto curso apresenta forma Oblonga/Ovalada, o que indica uma baixa a mediana tendência à enchentes e inundações.

Os dados morfométricos aqui apresentados podem servir de base para monitoramento desta bacia e análise de áreas sujeitas à ocorrência de cheias e processos erosivos, bem como podem ser utilizados para projetos voltados para o planejamento ambiental.

REFERÊNCIAS

BELTRAME, A. V. **Diagnostico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.

CHEREM, L.F.S. **Análise morfométrica da bacia do alto Rio das Velhas: comparação de metodologias e dados**. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 11, p. 53-57, 1952.

FRAGA, M. S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; SILVA, D. P.; BARROS, F. M.; MARTINS, I. S. B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014.

FLORENZANO, T. G. Introdução a Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008, p. 11-30.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 275-370, 1945.

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

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008.

MILLER, V.C. **A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area**. Technical Report. [s.l.: s.n.], 1953.

NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; GOMES, L. N. Análise morfométrica e simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e do aquífero do reservatório Batatã – São Luís (MA).** Tese (Doutorado) Rio Claro: UNESP. 2006.

PIEIDADE, G. C. R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP.** Botucatu. Tese. (Livre Docência) -Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1980.

PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub-bacia do ribeirão Santa Cruz, Lavras-MG e propostas de recuperação de suas nascentes.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SILVA, Q. D. **Mapeamento Geomorfológico da Ilha do Maranhão.** Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

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

STRAHLER, A.N. **Physical Geography.** New York, Wiley, 1952.

SOUSA, F. A.; RODRIGUES, S. C. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 25, p. 141-151, mai./ago. 2012.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: Editora Mc Graw Hill, 1975.