

Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio como instrumento de apoio à gestão de recursos hídricos em Tocantins

Morphometric Analysis of the Santo Antônio River Basin an instrument to support the management of water resources in Tocantins

Julierme Siriano da Silva¹; Nelita Gonçalves Faria de Bessa²; Fabiano Fagundes³; Evandro Schmitt⁴; Bárbara Suelma Souza Costa⁵.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo obter uma base de dados de drenagem e hipsometria para auxiliar medidas de gestão territorial da bacia do Rio Santo Antônio, Estado do Tocantins, útil como instrumento do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Santo Antônio e Santa Tereza – CBHSAST. Com o uso do software QGIS, Modelo Digital de Elevação (MDE), foi possível calcular os dados morfométricos e gerar mapas de hipsometria e declividade. A bacia apresentou padrão de drenagem sob a forma dendrítica e alongada. Área de drenagem apresentada foi de 3.067,161 Km² e perímetro de 331,998 Km. Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que o coeficiente de compactidade (1,68), índice de circularidade (0,35), fator de forma (0,31) e índice de sinuosidade (18%) demonstram que a bacia tem baixa tendência de ocorrer picos de enchentes. Por outro lado, a densidade hidrográfica (0,024) demonstra que a bacia possui baixa capacidade de formar novos canais ao passo que a densidade de drenagem (0,23) evidencia que a velocidade de drenagem é considerada baixa.

Palavras-chave: SIG; planejamento territorial; controle de enchentes; Recursos hídricos.

ABSTRACT

This work aims to create a drainage and hypsometric database to support territorial management measures of the Santo Antônio River basin, Tocantins State, acting as an instrument of the Santo Antônio and Santa Tereza Watershed Basins Committee - CBHSAST. Using the QGIS software, Digital Elevation Model (MDE), it was possible to calculate the morphometric data and to generate maps of hypsometry and slope. The basin presented drainage pattern in dendritic and elongated form. Based on the results obtained, it can be concluded that the coefficient of compactness (1.68), circularity index (0.35), shape factor (0.31) and sinuosity index (18%) show that the basin has a low tendency of flood peaks. On the other hand, hydrographic density (0.024) shows that the basin has a low capacity to form new channels and the drainage density (0.23) shows that the drainage velocity was considered low.

Keywords: GIS; territorial planning; flood control; water resources.

¹ Professor da Universidade UnirG, Mestre em Engenharia Ambiental, Engenheiro Civil.

E-mail: julierme_piu@uft.edu.br

² Professora da Universidade UnirG, Doutora em Biologia e Ecologia Tropical, Engenharia Agrônoma.

³ Professor da Universidade UnirG, Mestrando em Engenharia Ambiental, Engenheiro Civil.

⁴ Professor da Universidade UnirG, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Engenheiro Civil.

⁵ Gestora Ambiental, Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica corresponde à área de um rio ou riacho que tem a função de captar, conservar e canalizar naturalmente a água das chuvas para esses corpos hídricos. Exigindo o desenvolvimento de ações voltadas à gestão que visem a manutenção da produção e proteção dos recursos hídricos, principalmente, contra perigos naturais, como enchentes e erosão (TAUFIK et al., 2015).

As inundações nas bacias podem danificar a infraestrutura, ameaçam a vida e trazem danos materiais, gerando resultados catastróficos, como deslizamentos de terra. É preciso adotar estratégias de mitigação que visem reduzir a frequência e aliviar os impactos em relação à suscetibilidade, probabilidade e risco (ABUZIED et al., 2016).

Segundo Taha et al. (2017) as inundações repentinas são geradas como resultado de dois grupos distintos, o primeiro inclui as condições meteorológicas que são variáveis no espaço e no tempo e sofrem com a deficiência de dados, devido às poucas estações meteorológicas. O segundo grupo é de parâmetros constantes, incluindo as condições geomorfológicas e geológicas predominantes da bacia. Para Sahoo e Jan (2018), juntamente com os atributos topográficos, a morfometria de uma rede de drenagem em uma bacia hidrográfica é de grande importância na caracterização de sua resposta hidrológica quanto às inundações.

Além dos estudos voltados nos eventos hidrológicos, Motta et al. (2017) afirmam que bacias hidrográficas são elementos importantes nos estudos de transporte de sedimentos e agentes poluidores, uma vez que os processos de erosão de solos e os movimentos de massa fazem com que o escoamento superficial transporte os sedimentos contaminados para o rio que drena a bacia.

Mokarran e Hojati (2017) ressaltam a importância do estudo das características morfométricas na determinação do volume de água armazenada, a taxa de evaporação, o tipo de sistema de irrigação e assim por diante, que tem influência indireta no crescimento da produção agrícola.

Estudos mais recentes demonstram que os arranjos finais das redes fluviais auxiliam no processo de expansão urbana. Isto, pois, além de subsidiar a modelagem hidrológica integrativa para estudar a interação entre a área da bacia, o comprimento total do rio e as características do aquífero na escala da bacia ou na avaliar a adequação da terra e os impactos ambientais dos usos reais (CARABALLO & FERRO, 2018).

Nesse sentido, a análise dos parâmetros morfométricos é muito importante para o planejamento das bacias hidrográficas, permitindo a compreensão da influência da morfometria de drenagem sobre formas terrestres e suas características (CHANDRASHEKAR et al., 2015). Servindo também, como referência para o planejamento ambiental e propostas de reestruturação regional, com o intuito de apoiar na tomada de decisões em projetos que envolvam recursos físicos da região, levando-se em conta as relações antrópicas, econômicas e socioambientais, que têm sido uma questão incontornável em estudos de sustentabilidade (GERBER et al., 2018).

Após os trabalhos pioneiros de Gravelius (1914), Horton (1932; 1945) e Strahler (1952) várias metodologias foram introduzidas para descrição da forma de relevo de uma bacia. Dentre elas estão as técnicas de geoprocessamento, denominada Modelo Digital de Elevação (MDE) que permitem com rapidez, precisão e baixo custo a reprodução dos cálculos de parâmetros morfométricos (GROHMANN et al., 2007).

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) tornaram-se essenciais para o desenvolvimento de pesquisas em áreas como geomorfologia, climatologia, oceanografia e biodiversidade, com aplicações tão diversas quanto o desenvolvimento de modelos globais geopotenciais, avaliação da mudança de volume glacial, modelagem climática, mapeamento de vegetação ou sistemas de navegação para aviação comercial (GROHMANN, 2018). Essa ferramenta pode avaliar a evolução da paisagem através do espaço e do tempo, especialmente através da investigação da rede de drenagem (PAUL et al., 2017).

Com a utilização do MDE elimina-se o principal problema relacionado aos métodos convencionais, que corresponde ao trabalho tedioso de examinar todas as redes de fluxo a partir de observações de campo devido à sua extensão em uma grande área (RAI et al., 2018). Com o avanço tecnológico, estudos abrangendo a delimitação automática de bacia hidrográfica, aceleraram o processo de obtenção e a confiabilidade dos resultados que podem ser apresentadas digitalmente na forma visual ou graficamente, permitindo a comparação e a correlação entre dados (ELESBON et al., 2011).

Nesse sentido, o objetivo desse estudo consistiu em obter uma base de dados da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, localizado ao Sul do Estado do Tocantins, quanto a drenagem, hipsometria e declividade e a partir de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com uso do SIG (Sistema de Informações Geográficas) QGIS, podendo ser útil ao Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Santo Antônio e Santa Tereza – CBHSAST, instituído em 2017. Os dados gerados são importantes para subsidiar

ações de gerenciamento territorial e gestão dos recursos hídricos no âmbito dessa bacia hidrográfica e, por conseguinte, sendo instrumento do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Santo Antônio e Santa Tereza – CBHSAST-TO.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio está localizada geograficamente na região sul do estado do Tocantins. O clima, segundo a classificação de Köppen, é tropical megatérmico, quente e úmido durante todo o ano, com período chuvoso entre os meses de outubro e abril, e estiagem entre os meses de maio a setembro. A temperatura média anual varia entre a mínima de 12° e máxima de 30° C, mas nos meses mais quentes do ano chega a 42°C no decorrer do dia.

Identificada no sistema hidrográfico do Tocantins como a bacia T7, a bacia do rio Santo Antônio (Figura 1) corresponde a 1,1% da área do estado, conforme Atlas do Tocantins (2012), com área de 3.067,16 Km².

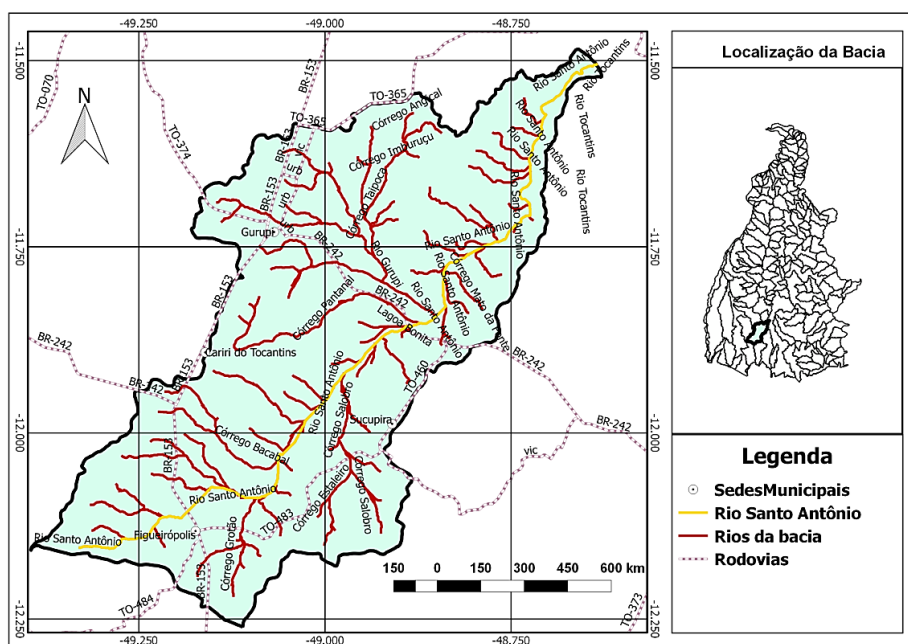


Figura 1. Mapa de localização da bacia do Rio Santo Antônio, Tocantins.

O Rio Santo Antônio nasce próximo ao Assentamento Gameleira no Município de Figueirópolis-TO e deságua no Rio Tocantins. Sua bacia abrange os municípios tocantinenses: Cariri, Figueirópolis, Gurupi e Sucupira. Está contemplado no Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Santo Antônio e Santa Tereza – CBHSAST. O Rio Santo

Antônio nasce próximo ao Assentamento Gameleira no Município de Figueirópolis-TO e deságua no Rio Tocantins. Sua bacia abrange os municípios tocantinenses: Cariri, Figueirópolis, Gurupi e Sucupira. Está contemplado no Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Santo Antônio e Santa Tereza – CBHSAST.

2.2. Obtenção dos Dados

A delimitação da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio foi realizada utilizando um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto, o software QGis, com uso do Modelo Digital de Elevação (MDE).

Obteve-se a imagem orbital do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) fornecida pela base de dados da Embrapa Monitoramento por Satélite¹. Com a conversão para o Datum SIRGAS2000 (2014), adotando um referencial que tem a origem dos seus três eixos cartesianos localizados no centro da Terra, sendo os parâmetros calculados os seguintes: área, perímetro, densidade de drenagem da bacia, comprimento do rio principal e de seus afluentes.

A bacia do Rio Santo Antônio foi analisada a partir da Base de Dados Geográficos do Tocantins, formato shapefile, fornecida pela Secretaria de Planejamento e Orçamento (SEPLAN).

2.3. Análise dos Parâmetros Morfométricos

Com os dados geométricos obtidos, foi possível determinar os indicadores morfométricos a partir de equações específicas. Esses indicadores de forma da bacia estão elencados a seguir.

Coeficiente de compacidade (Kc)

Este coeficiente corresponde à relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo que com a mesma área (A) da bacia estudada (GRAVELIUS, 1914). Quanto mais próximo do resultado 1, mais circular é a bacia, conseqüentemente maior será a tendência de enchentes, tendo em vista que o tempo de concentração será menor.

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Onde: Kc - coeficiente de compacidade, adimensional; P - perímetro da bacia, Km; A - área da bacia, Km².

¹ MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 23 Jul. 2018

Índice de circularidade (Ic)

Corresponde à relação entre a área da bacia e a área de um círculo com perímetro com mesma área da bacia. Foi proposto por Miller (1953), onde quanto mais próximo de 1, maior é a probabilidade de ocorrer enchentes, considerando que assume a forma de um quadrado.

$$Ic = 4 \cdot \pi \cdot \frac{A}{P^2} \quad (2)$$

Onde: IC - índice de circularidade, adimensional; A - área da bacia, km²; P - perímetro da bacia, km.

Fator de forma (Kf)

Obtém-se a partir da relação entre largura média e comprimento axial da bacia (HORTON, 1932). Quando o Kf ultrapassa o valor de 0,75 a tendência de enchentes é alta, média para valores entre 0,75 e 0,50 e baixa para valores abaixo de 0,50.

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Onde: Kf - fator de forma, adimensional; A - área de drenagem, Km²; L - comprimento do eixo da bacia, Km.

Densidade Hidrográfica (Dh)

Definido por Horton (1932) corresponde à relação entre o número de rios e a área da bacia hidrográfica. Sua intenção é checar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área pré-determinada.

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (4)$$

Onde: Dh - densidade de rios; N - número de rios; A - área da bacia considerada, km².

Densidade de drenagem (Dd)

Esse parâmetro relaciona o comprimento total dos corpos hídricos existentes com a área da bacia hidrográfica. A densidade de drenagem foi primeiramente estudada por Horton (1932), que estabeleceu a seguinte equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (4)$$

Onde: Dd - densidade da drenagem; Lt - comprimento total dos canais, km; A - área da bacia, km².

Índice de Sinuosidade (Is)

Representação percentual entre a distância medida em linha reta da foz do rio e a nascente do rio principal dividido pelo comprimento do canal principal, com as seguintes classificações por Is (%) e classes, sendo: Is ≤ 20% é classificado como rio muito reto; Is

variando entre 20 – 30 o rio é reto enquanto I_s entre 30 – 40 o rio é divagante; para $I_s \geq 40$ tem-se um rio sinuoso (Schumm, 1977).

$$I_s = \frac{100.(L_c - L_v)}{L_c} \quad (4)$$

Onde: I_s - índice de sinuosidade, %; L_c - comprimento do canal principal, km; L_v - comprimento vetorial do canal principal, km.

Hipsométria da bacia

A curva hipsométrica descreve a variação da elevação da superfície terrestre correspondente à bacia hidrográfica utilizando como referência o nível do mar (Villela e Mattos, 1975). A representação da elevação ocorre por meio da representação de diferentes cores. Neste trabalho sua obtenção foi possível utilizando o software GRASS GIS.

Segundo Walcott e Summerfield (2008), desde a sua aplicação inicial no final do século XIX, o uso de hipsometria (a distribuição de frequência de altitude) tem se destacado como um método grande importância na caracterização e compreensão da forma da superfície da Terra. A análise hipsométrica auxilia na avaliação de estudos de inundação, isostasia, estrutura e tectônica explorando o contexto do desenvolvimento da paisagem em uma escala temporal.

3. RESULTADOS

Com o SRTM foi possível verificar os dados pertinentes à definição da morfometria da bacia. Diferente do Atlas do Tocantins (2012), com a conversão para o Datum SIRGAS2000 (2014), a área obtida foi de 3.067,161 Km², aproximadamente 9,8 Km² superior à área apresentada pelo Atlas.

O perímetro observado foi de 331,998 Km, apresentando um número de 75 canais. O canal principal, que corresponde ao rio Santo Antônio foi classificado como ordem 5 (Tabela 1).

Tabela 1. Sistema de drenagem da Bacia do Rio Santo Antônio, Tocantins.

Ordem dos Canais	Nº de Canais
1 ^a	54
2 ^a	14
3 ^a	4
4 ^a	2
5 ^a	1

O coeficiente de compacidade (K_c) calculado para a bacia foi de 1,68. Como a tendência à inundações em uma bacia será maior a medida que o valor deste coeficiente se aproxima da unidade, verificou-se, que a bacia do Rio Santo Antônio, está pouco susceptível à ocorrência de picos de enchentes por ser mais alongada. Conforme Villela e Mattos (1975), quão mais regular a forma da bacia, menor será o coeficiente de compacidade, aonde o coeficiente mínimo igual à unidade representará uma bacia circular, já para uma bacia alongada, seu valor deverá ser superior a 1.

O índice de circularidade (I_c) calculado em 0,35 corrobora com o valor apresentado pelo coeficiente de compacidade (K_c), onde a forma mais alongada da bacia evidencia o baixo risco de inundações ao longo de sua área.

O fator de forma (K_f) apresentado foi de 0,31. Segundo Ferreira et al. (2010) numa bacia alongada, com fator de forma baixo, há menos probabilidade de ocorrência de chuvas intensas atingindo simultaneamente toda a extensão da bacia, bem como, de todos os afluentes do canal principal em vários pontos ao longo do mesmo.

A densidade hidrográfica (D_h) calculada foi 0,024. Esse parâmetro indica a frequência de cursos de água e estima a capacidade das sub-bacias de gerar novos cursos d'água. Segundo Lollo (1995) bacias com esse índice abaixo de 3,00 canais/km², proporcionam maiores percursos de escoamento da água da chuva até o encontro de canal. Já Lana et al. (2001) estabelece que valores de D_h acima de 2,00 canais/km², favorece à geração de novos canais na área da bacia. Assim, com base na densidade hidrográfica obtida, a bacia do rio Santo Antônio se caracteriza como uma bacia com baixa capacidade de geração de novos cursos hídricos e baixa possibilidade de geração de enchentes.

A densidade de drenagem (D_d) obtida foi de 0,23. Conforme Villela e Mattos (1975), este parâmetro é de grande importância para a realização da análise da bacia, tendo em vista que valores abaixo de 0,5 Km/Km² (Tabela 1) possuem baixa densidade de drenagem, ou seja, são bacias avaliadas com drenagem pobre.

O canal principal, Rio Santo Antônio, apresentou extensão de 129.720,59 Km e o comprimento do talvegue foi de 105.778,89 km. Logo, o índice de sinuosidade (I_s) foi de 18% (Tabela 2) indicando que o canal é muito reto, com áreas propensas a ser regulares e faixas retilíneas. Essa condição de linearidade atenua o quadro de acumulação de sedimentos, que podem ser ocasionadas pelo assoreamento devido à ação antrópica.

Tabela 2. Índice de Sinuosidade (Is) do rio Santo Antônio, Tocantins, 2018.

Limites do Is (%)	Classes
≤ 20	rio muito reto
20 - 30	rio reto
30 - 40	rio divagante
≥ 40	rio sinuoso

Conforme Lana et al. (2001) esse resultado aponta para um elevado escoamento superficial associado a alta dissecação, que diretamente relacionada com os processos climáticos atuantes na bacia, os quais influenciam o fornecimento e o transporte de material sedimentar ou indicam o grau de interferência antrópica. Como a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico dos solos e rochas, as condições para ocorrer escoamento superficial são melhores, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem em solos mais impermeáveis.

Os valores de altitude apresentados variam entre a cota 235 a 244 m (Figura 2), cuja característica de drenagem apresentada pela bacia do rio Santo Antônio lembra uma folha. Esse tipo de padrão, segundo Christoletti (1980) representa drenagem dendrítica.

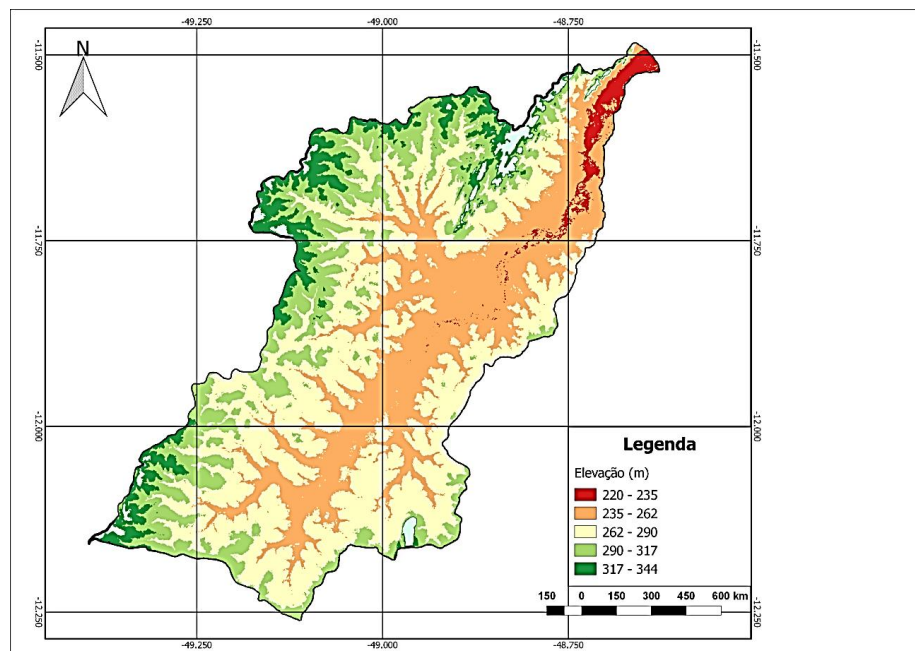


Figura 2. Elevação (m) da Bacia do rio Santo Antônio, TO - Mapa Hipsométrico, 2018.

O Mapa hipsométrico evidencia em relação a declividade (Figura 3), que a região Noroeste da bacia é constituída por um conjunto de colinas com declives acentuados de 8% a 15%, enquanto na área da nascente do rio verifica-se a predominância de relevos planos e suave ondulados com a presença de algumas colinas a Sudoeste da bacia.

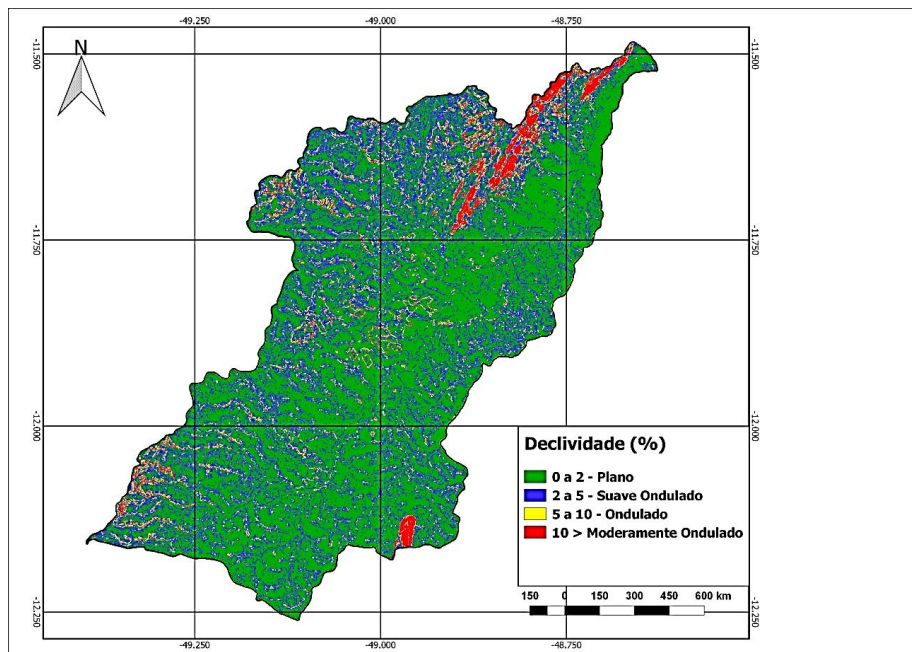


Figura 3. Declividade (%) da Bacia do rio Santo Antônio, TO - Mapa Hipsométrico, 2018.

Os dados hipsométricos gerados podem subsidiar o gerenciamento desta bacia hidrográfica no âmbito do comitê de bacias, sendo um instrumento de grande relevância para política pública de recursos hídricos.

O Rio Santo Antônio faz parte do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Santo Antônio e Santa Tereza – CBHSAST, cujo contexto está disponível no site do referido Comitê (CBHTO, 2018), com destaque para as informações que seguem. Foi instituído em 22 de março de 2017, decreto estadual nº5.608, sendo órgão colegiado de natureza consultiva, normativa e deliberativa, integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Após o processo de eleição, o colegiado representativo foi reconhecido pelo Conselho Estadual dos Recursos Hídricos -CERH, em 20 de março de 2018.

Todo o processo de criação deste comitê, perpassando da mobilização à eleição dos seus membros e presidência, resultou de um amplo processo participativo com envolvimento dos segmentos poder público, sociedade civil organizada e usuários de água, possível por meio do projeto efetivado no âmbito das políticas públicas e secretaria de recursos hídricos do Estado (SEMARH-TO), Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FERH-TO), Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-TO), com execução da Fundação UnirG/Centro Universitário UnirG, Gurupi-TO, em parceria com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Universidade Federal do Tocantins (UFT-Unidade de Gurupi), Prefeituras Municipais e organizações não governamentais presentes na abrangência dessas bacias. Este comitê tem a missão, sobretudo, de abordar

sobre os conflitos e usos das bacias visando conter o processo de degradação da bacia e usos desconformes, destacando o rio Santo Antônio como importante recurso para o município de Gurupi, onde apenas na parte urbanizada da cidade tem-se 32% dos bairros constituídos em meio aos cursos d'água pertencentes a esta bacia, sendo fundamentais ações de conservação visando também a contribuição com as políticas públicas do município (CBHTO, 2018).

O controle sobre essas porções da bacia hidrográfica, tendo os dados da forma da bacia notadamente associados a vários outros parâmetros podem apoiar a gestão de recursos hídricos. No Brasil o recorte geográfico é muito extenso e isto gera dificuldades, uma vez que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental, entre outros, e a cada um desses setores corresponde uma divisão administrativa certamente distinta da bacia hidrográfica (PORTO & PORTO, 2008). Assim, desenvolver estudos com recortes no âmbito de cada bacia certamente subsidia o debate em torno do controle do uso e buscando a conservação dos corpos hídricos.

É importante que outros estudos sejam realizados. Embora os resultados deste estudo já possibilitem inferir sobre riscos inerentes a enchentes e processos erosivos, mais estudos no âmbito desta bacia podem subsidiar o debate no âmbito do comitê de bacias acerca da vulnerabilidade ou potenciais deste curso hídrico para o desenvolvimento do município e Estado. Mediante as pressões antrópicas decorrentes da agricultura, pecuária, turismo recreativo e abastecimento humano vislumbra-se a necessidade de dialogar com segmentos da sociedade e governo acerca do uso e ocupação do solo. Sugere-se que sejam realizados mais estudos nesta bacia, dentro tais análise da qualidade de água e enquadramento do corpo hídrico.

4. CONCLUSÃO

A bacia hidrográfica do rio Santo Antônio possui área de 3.067,161 Km² e perímetro de 331,998 Km, classificada como de 5^a ordem. Apresenta declividade plana e suave ondulada com a presença de colinas. Forma alongada e classificada como dendrítico, o que oferece menor risco de ocorrer grandes cheias devido à topografia favorável e ao escoamento superficial em condições normais de pluviosidade anual.

O coeficiente de compacidade calculado foi 1,68, o índice de circularidade 0,35, fator de forma igual a 0,31 e o índice de sinuosidade 18% demonstram que a bacia tem baixa tendência de ocorrer picos de enchentes.

Por outro lado, densidade hidrográfica 0,024 e a densidade de drenagem apresentada 0,23 demonstram que a bacia possui baixa capacidade de formar novos canais, onde a capacidade de drenagem é considerada pobre.

A bacia apresenta ainda susceptibilidade ao escoamento por ser mais alongada bem como menor risco de grandes cheias em condições normais de pluviosidade anual, com topografia muito favorável ao escoamento superficial.

Os dados obtidos nesta pesquisa permitirão um melhor embasamento acerca das ponderações dos usos e conflitos mediante o uso e ocupação do solo na abrangência desta importante bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, visto que traz informações do comportamento hidrológico e seu processo de drenagem. Por fim, resulta em subsídios aos processos de discussão e encaminhamentos do CBHSAST-TO, sendo um importante instrumento de gestão territorial.

REFERÊNCIAS

- ABUZIED, S.; YUAN, M.; IBRAHIM, S.; KAISER, M.; SALEEM, T. **Geospatial risk assessment of flash floods in Nuweiba area, Egypt**. Journal of Arid Environments. Volume 133, October 2016, Pages 54-72
- ABBOUD, I. A.; NOFAL, R. A. **Morphometric analysis of wadi Khumal basin, western coast of Saudi Arabia, using remote sensing and GIS techniques**. Journal of African Earth Sciences. Volume 126, February 2017, Pages 58-74
- CARABALLO-ARIAS, N.A.; FERRO, V. **Are calanco landforms similar to river basins?** Science of The Total Environment. Volumes 603–604, 15 December 2017, Pages 244-255
- CHANDRASHEKAR, H.; LOKESH, K.V.; SAMEENA, M.; JYOTHI ROOPA; RANGANNAE, G. **GIS –Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka**. Aquatic Procedia. Volume 4, 2015, Pages 1345-1353
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- ELESBON, A. A. A.; H. A. S. GUEDES; D. D. da SILVA; I. de C. OLIVEIRA. **Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus – Brasil**. Revista Escola de Minas. 2011; 64(3): 281-288.
- FERREIRA, C. W. S.; LIMA, C. S.; CAVALCANTI, L. C. S.; SANTOS, A. H. O. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do açude cachoeira II, no município de Serra Talhada – PE- Brasil**. In: Anais VI Seminário Latino Americano de Geografia Física. 2010
- GERBER, D.; PERTILLE, C. T.; VIEIRA, F. S.; CORRÊA, B. J. S.; SOUZA, C. F. **Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina Morphometric characterization Itajaí river watershed – Santa Catarina**. Acta Biológica Catarinense. 2018 Jan-Jun;5(1):72-83

- GRAVELIUS, H. *Flusskunde*. **Goschen Verlagshandlung Berlin**. En Zavoianu, I. 1985. *Morphometry of Drainage Basins*, Elsevier, Amsterdam (1914)
- GROHMANN, C. H. **Evaluation of TanDEM-X DEMs on selected Brazilian sites: Comparison with SRTM, ASTER GDEM and ALOS AW3D30**. *Remote Sensing of Environment*. Volume 212, June 2018, Pages 121-133
- GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C.; ALVES, F. M. **SRTM-based morphotectonic analysis of the Poços de Caldas Alkaline Massif, southeastern Brazil**. *Computers & Geosciences*. Volume 33, Issue 1, January 2007, Pages 10-19
- HORTON, R. E. **Drainage basin characteristics**. *American Geophysical Union Transactions*, 13 (1932), pp. 350-361
- HORTON, R.E. **Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology**. *Bulletin of the Geological Society of America*. Volume 56, Issue 3, 1945, Pages 275-370
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. **Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - BRASIL**. *REM: Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.
- 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**. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.
- MILLER, V. C. A. **Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area**. Virginia and Tennessee Technical Report 3 Office of Naval Research, Department of Geology, Columbia University, New York (1953)
- MOKARRAM, M.; HOJATI, M. **Morphometric analysis of stream as one of resources for agricultural lands irrigation using high spatial resolution of digital elevation model (DEM)**. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 142, Part A, November 2017, Pages 190-200
- MOTTA, P. N. S. D.; GLOAGUEN, T. V.; SANTOS, M. S. T.; FERREIRA, A. T. S.; MOTTA, T. O. **Análise Morfométrica Da Bacia Hidrográfica Do Rio Subaé, Bahia, Brasil Morphometric Analysis River Basin Of Subaé, Bahia, Brasil**. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.13 n.2 p. 470 - 485 Maio/Ago. 2017
- PAUL, D.; MANDLA, V. R.; SINGH, T. **Quantifying and modeling of stream network using digital elevation models**. *Ain Shams Engineering Journal*. Volume 8, Issue 3, September 2017, Pages 311-321
- PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. **Gestão de bacias hidrográficas**. *Estud. av.*, São Paulo , v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.
- RAI, P. K.; MISHRA, V. N.; MOHAN, K. **A study of morphometric evaluation of the Son basin, India using geospatial approach**. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. Volume 7, August 2017, Pages 9-20
- SAHOO, R.; JAIN, V. **Sensitivity of drainage morphometry based hydrological response (GIUH) of a river basin to the spatial resolution of DEM data**. *Computers &*

Geosciences. Volume 111, February 2018, Pages 78-86

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

SCHUMM, S. A. **The Fluvial System**. John Wiley & Sons, New York (1977).

Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente do Estado do Tocantins. SEPLAN. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente/Diretoria de Zoneamento Ecológico – Econômico – DEZ. 6. ed. rev. atu. Palmas: Seplan, 2012. 80 p.: ilust.; 21 x 29,7 cm.

STRAHLER, A.N. **Hypsometric (area - altitude) analysis of erosional topography**. Bulletin of the Geological Society of America, Volume 63, Issue 11, 1952, Pages 1117-1142

SIRGAS. **Sistema de referência geocêntrico para as Américas**. Disponível em: <http://www.sirgas.org/pt/>. Acesso em: 23 jul. 2018.

TAHA, M. M. N.; ELBARBARY, S. M.; NAGUIB, D. M.; EI-SHAMY, I.Z. **Flash flood hazard zonation based on basin morphometry using remote sensing and GIS techniques: A case study of Wadi Qena basin, Eastern Desert, Egypt**. Remote Sensing Applications: Society and Environment. Volume 8, November 2017, Pages 157-167.

TAUFIK, M.; PUTRA, Y. S.; HAYATI, N. **The Utilization of Global Digital Elevation Model for Watershed Management a Case Study: Bungbuntu Sub Watershed, Pamekasan**. Procedia Environmental Sciences. Volume 24, 2015, Pages 297-302

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

WALCOTT, R. C.; SUMMERFIELD, M.A. **Scale dependence of hypsometric integrals: An analysis of southeast African basins**. Geomorphology. Volume 96, Issues 1–2, 1 April 2008, Pages 174-186