

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DAS PEDRAS NO MUNICÍPIO DE PALMAS – TO

* Denise Domingos dos Santos Martins¹
Roseanne Veloso de Camargo¹
Girleene Figueiredo Maciel¹
Juan Carlos Valdés Serra¹
Joel Carlos Zukowski Junior¹

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE RIBEIRÃO DAS PEDRAS WATERSHED IN PALMAS – TO

Recibido el 2 de octubre de 2019; Aceptado el 24 de septiembre de 2020

Abstract

The watershed, also understood as the contribution basin of a watercourse, is the geographic area that collects rainwater, which, flowing through the soil surface, reaches the section considered. All events occurring in the drainage basin have a direct or indirect impact on rivers. Climatic conditions, vegetation cover and lithology are factors that control the morphogenesis of the slopes and, in turn, the type of detrital charge to be supplied to the rivers. Thus, the present study aims to characterize the morphometric parameters, using georeferenced data in GIS environment (Geographic Information System) of the watershed of Ribeirão das Pedras. For the delimitation of the topographic divider was used an MDE derived from the SRTM image obtained by the project Embrapa Satellite Monitoring and with this delimitation the morphometric parameters were calculated. The Ribeirão das Pedras basin is of the 3rd order, indicating that it is sparsely branched, although it is considered a large basin with an area of 478 km² and a perimeter of 112 km. In this sense, after the application of calculation and classification methods based on the methodology proposed by several authors, the Ribeirão das Pedras basin has a low drainage capacity, is little susceptible to erosion, low flood risk, high altimetric amplitude and low risk. Also considering the large extent of area covered by the watershed.

Keywords: environment, geoprocessing, management, morphometry, water resources.

¹ Universidade Federal do Tocantins, Brasil.

* *Autor correspondente:* Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins. 504 sul, alameda 04, lote 57, casa 01 – Plano diretor Sul, Palmas, Tocantins. 77021-690 – Brasil. Email: denisedsm@gmail.com

Resumo

A bacia hidrográfica, também entendida como bacia de contribuição de um curso d'água, é a área geográfica coletora da água da chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada. Todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios. As condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que controlam a morfogênese das vertentes e, por sua vez, o tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios. Sendo assim, o presente estudo traz como objetivo caracterizar os parâmetros morfométricos, usando dados georreferenciados em ambiente de SIG (Sistema de Informação Geográfica) da bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras. Para a delimitação do divisor topográfico foi utilizado um MDE derivado da imagem SRTM obtida pelo projeto Embrapa Monitoramento por Satélite e com essa delimitação foram calculados os parâmetros morfométricos. A bacia do ribeirão das Pedras é de 3º ordem, indicando ser pouco ramificada, apesar de ser considerada uma bacia grande com uma área de 478 km² e perímetro de 112 km. Neste sentido, após a aplicação de métodos de cálculo e classificação baseada na metodologia proposta por diversos autores, a bacia do ribeirão das Pedras possui uma baixa capacidade de drenagem, é pouco suscetível a erosão, baixo risco de inundação, alta amplitude altimétrica e baixo risco de enchentes considerando também a grande extensão de área coberta pela microbacia.

Palavras chave: geoprocessamento, gestão, meio ambiente, morfometria, recursos hídricos.

Introdução

No Brasil, o conceito de Bacia Hidrográfica foi instituído pela Lei Nº 9.433/1997, que em seu artigo 1º, inciso V, define a bacia como “unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”, com o objetivo de assegurar a necessária disponibilidade de água, a utilização racional e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado (Brasil, 1997).

A bacia hidrográfica, também entendida como bacia de contribuição de um curso d'água, é a área geográfica coletora da água da chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada (Pinto *et al.*, 1976). A ela não se limitam apenas os cursos d'água que seccionam o relevo ou drenam uma determinada área, mas sim, a um espaço topograficamente destinado a alimentar estes cursos d'água através dos processos de movimentação da água (Lima e Fontes, 2015).

Conforme salienta Christofolletti (1980), todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios. As condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que controlam a morfogênese das vertentes e, por sua vez, o tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios. Com isso, deve-se estudar a bacia hidrográfica como um todo, sem considerar apenas um dos elementos, mas o conjunto em interação.

A análise de bacias hidrográficas contribui a planejamentos ambientais, que servem de soluções a problemas que surgem em decorrência de ações antrópicas e de fenômenos naturais. Segundo Trentin (2011), quando se discutem os problemas relacionados a questões ambientais, as bacias hidrográficas se apresentam como unidades relevantes para tal discussão por esta ser um sistema integrado e aberto com entrada e saída contínua de matéria e energia.

A morfometria é um tipo de avaliação quantitativa que revela indicadores físicos específicos de forma a qualificar as alterações ambientais que ocorreram e/ou ocorrem. Esses parâmetros servem como referencial para o planejamento ambiental e auxiliam na tomada de decisão nos projetos de gestão dos recursos hídricos por corresponder a um conjunto de procedimentos que caracteriza os aspectos geométricos e de composição dos sistemas ambientais (Christofolletti, 1999).

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (Teodoro et al, 2007). De acordo com Santos *et al.* (2016), estudos referentes ao comportamento hidrológico de qualquer bacia hidrográfica, de maneira quantitativa, utiliza-se o método de análise morfométrica, que caracteriza a rede de drenagem, levando-se em consideração a geologia e geomorfologia da área de estudo.

Segundo Mendes *et al.* (2017), os dados acerca das características físicas da bacia (hipsometria, declividade, solos) e dos parâmetros morfométricos têm sido obtidos de forma mais rápida e precisa do que antes. Isso se deve a utilização de técnicas de Geoprocessamento como o Sistema de Informações Geográficas – SIG.

A análise geoambiental, vem como ferramenta auxiliadora para a interpretação de dados reais, com base em bancos de dados georreferenciados, que caracterizarão os elementos físicos da paisagem, resultando em detalhamentos riquíssimos das formas naturais da área de estudo (Santos *et al.*, 2016). Esses estudos geoambientais em bacias hidrográficas auxiliam no levantamento de informações referentes às características naturais e elementos físicos, estabelecendo unidades homogêneas que os descrevam.

Sendo assim, o presente estudo traz como objetivo caracterizar os parâmetros morfométricos, usando dados georreferenciados em ambiente de SIG (Sistema de Informação Geográfica) da bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras. Esta caracterização é de fundamental importância para a elaboração e execução de futuros projetos geoambientais, pois os resultados auxiliarão na compreensão do escoamento superficial da microbacia, favorecendo o seu manejo adequado.

Materiais e métodos

Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na área da bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras, localizada entre as coordenadas 10°11' e 10°23' de latitude Sul e 47°50' e 48°09' de longitude Oeste, na região central do Estado do Tocantins, pertencente à bacia do Rio das Balsas, que, por sua vez, pertence à bacia hidrográfica do Rio Tocantins (Figura 1).

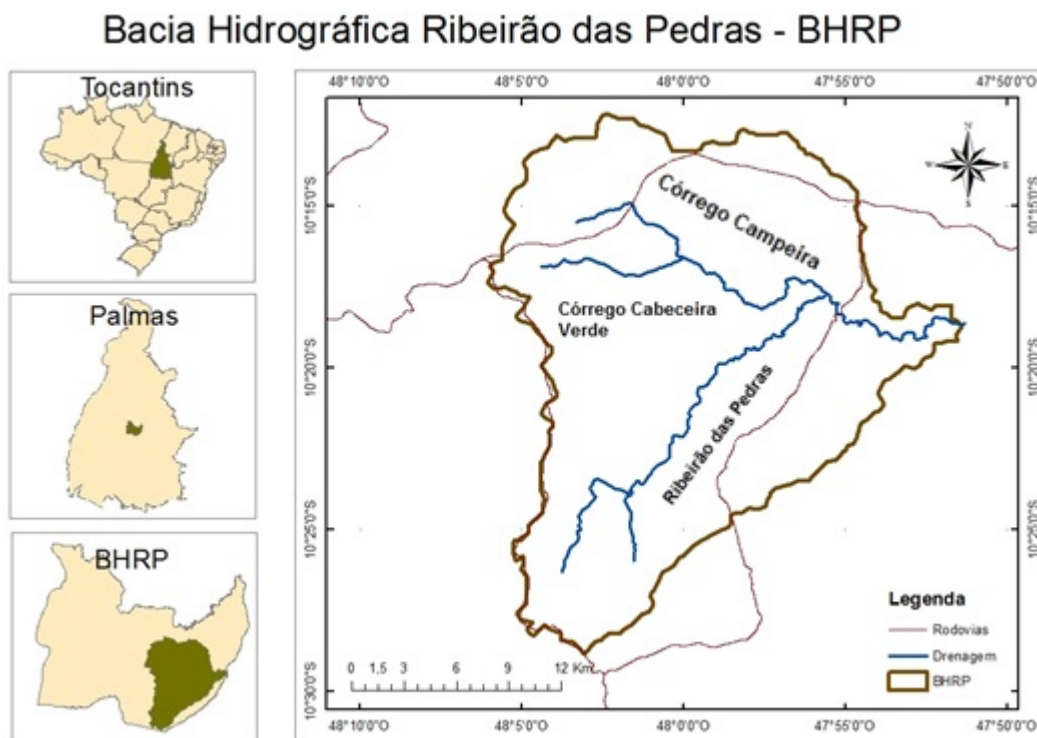


Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras – BHRP.

Fonte: autores.

A bacia está totalmente inserida dentro dos limites geográficos do município de Palmas. O clima no Tocantins, de acordo com Köppen, é do tipo AW – Tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno, sendo o mês mais chuvoso janeiro e o mais seco agosto, onde a precipitação média anual apresenta variação em torno de 1.500 a 2.100 mm. A classificação climática de Palmas é do tipo clima úmido com moderada deficiência hídrica no inverno C2WA'a', sendo caracterizada por duas estações bem definidas, uma seca e a outra chuvosa (Tocantins, 1997).

O ribeirão das Pedras tem sua nascente ao leste no município de Palmas, numa altitude de 500 metros, e percorre para o nordeste. São contribuintes da bacia os córregos Cabeceira Verde e Campeira, e suas nascentes estão a 450 e 400 metros de altitude, respectivamente. O ribeirão, por sua vez, tem sua exutória no rio das Balsas a uma altitude de 250 metros.

Delimitação da Bacia Hidrográfica

Para a delimitação do divisor topográfico foi utilizado um MDE derivado da imagem SRTM obtida pelo projeto Embrapa Monitoramento por Satélite (SRTM, 2019). As cenas utilizadas foram SC-22-Z-B e SC-23-Y-A. Após a aquisição das cenas, as mesmas foram processadas utilizando o software ArgGis versão 10.1. Inicialmente foi realizado o mosaico, obtendo um único arquivo com a combinação das imagens.

Com a utilização das extensões Spatial Analyst e Hydrology Modeling foi realizada a delimitação automática da bacia hidrográfica de acordo com a metodologia de Sobrinho *et al.* (2010). As etapas foram: preenchimento de depressões – fill; direção de fluxo - flow direction; fluxo acumulado - flow accumulation; comprimento de drenagem – flow length; ordem de fluxo – stream order; e delimitação de bacias – watershed. Como a bacia foi obtida em um arquivo raster foi necessária sua conversão para o formato vetor (polígono), para a realização dos cálculos morfométricos.

Morfometria

Com a delimitação da bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras, obtiveram-se as diferentes características morfométricas que, de acordo com Tonello (2005), podem ser divididas em características geométricas (área total, perímetro total, coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade); características do relevo (declividade, altitude e amplitude) e, características da rede de drenagem (comprimento do curso d'água principal, comprimento total dos cursos d'água, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água). Também foram calculados os parâmetros coeficiente de manutenção e extensão do percurso superficial, de acordo com Christofoletti (1969) e produzido mapa de declividade atribuindo as classes, proposto por Embrapa (1999). Segue abaixo a descrição dos parâmetros morfométricos determinados.

Características geométricas

a) Área

Esse parâmetro é essencial para a obtenção dos outros parâmetros físicos (Villela e Mattos, 1975). Esse parâmetro pode ser expresso em km² ou ha. A fim de verificar se uma bacia é classificada como grande ou pequena é levada em consideração a classificação feita por Wisler e Brater (1964) em que, bacias com área inferior a 26 km² são classificadas como pequenas, e acima desse valor são classificadas como grandes. O valor foi gerado no programa ArcGis, expresso em quilômetro quadrado (km²).

b) Perímetro

Corresponde a medida do comprimento da linha do divisor topográfico que delimita a área da bacia (Smith, 1950), e o valor foi gerado no programa ArcGis e expresso em quilometro (km).

c) Coeficiente de compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade é um os parâmetros que refletem a forma da bacia. Segundo Villela e Mattos (1975), este coeficiente é um número adimensional, que indica a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área igual à da bacia, obtido pela Equação 1.

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde

P: perímetro (km)

A: área (km²)

Cardoso *et al.* (2006), descreve que quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Quanto mais próximo de 1, mais circular é a bacia e maior a sua tendência a gerar enchentes rápidas e acentuadas.

d) Fator de Forma (Kf)

Fioreze *et al.* (2010) descreve que o fator de forma também é um dos parâmetros que refletem a forma da bacia, dado pela relação entre a largura média e o comprimento da bacia. O fator de forma pode ser obtido de acordo com a Equação 2.

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

Onde

A: área da bacia hidrográfica (km²)

L: comprimento da bacia hidrográfica (km)

De acordo com Cardoso *et al.* (2006), a bacia é relacionada à forma de um retângulo. Tanto a forma da bacia como a forma do sistema de drenagem podem ser influenciadas por algumas características, principalmente a geologia. Podem atuar também sobre alguns processos hidrológicos ou sobre o comportamento hidrológico da bacia.

Uma bacia estreita e longa, com Kf baixo, é menos sujeita a enchentes porque há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, simultaneamente, toda a sua extensão (Villela e Mattos, 1975).

e) Índice de Circularidade (Ic)

É a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro. O valor máximo a ser obtido é igual a 1.0, onde quanto maior o valor, mais próxima da forma circular estará a bacia de drenagem (Embrapa, 2014). Para determinar o índice de circularidade utiliza-se a Equação 3.

$$Ic = \frac{12.57 * A}{P^2}$$

Equação (3)

Onde

Ic: índice de circularidade

A: área de drenagem (km²)

P: perímetro (km)

Características do relevo

a) Declividade

A declividade é muito importante para a modelagem do escoamento, uma vez que a velocidade do fluxo depende desta variável. Pode ser determinada por vários métodos, mas em geral consiste na razão entre a diferença das altitudes dos pontos extremos em um curso d'água e o comprimento desse curso d'água. Pode ser expressa em % ou m/m (Paiva e Paiva, 2001). A declividade do canal principal pode ser obtida de acordo com a Equação 4.

$$SRp = \frac{AH}{Rp}$$

Equação (4)

Onde

SRp: declividade do canal principal

AH: amplitude altimétrica do canal principal

Cr: comprimento

Rp: comprimento do canal principal

b) Altitude

A variação de altitude associa-se com a precipitação, evaporação e transpiração, consequentemente sobre o deflúvio médio. Grandes variações de altitude numa bacia acarretam diferenças significativas na temperatura média, a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração. Mais significativas, porém, são as possíveis variações de precipitação anual com a elevação (Teodoro *et al.*, 2007). A altitude foi obtida a partir do banco de dados da Secretaria da Fazenda e Planejamento do Estado do Tocantins.

c) Amplitude

Amplitude é a variação entre a altitude máxima e altitude mínima.

Características da rede de drenagem

a) Ordem dos cursos d'água

Esse parâmetro se refere a uma determinação relacionada com o grau de ramificações e/ou bifurcações presentes em uma bacia hidrográfica (Andrade *et al.*, 2008). A junção de dois canais de primeira ordem forma um canal de segunda ordem; quando dois rios de segunda ordem juntam-se, forma-se um rio de terceira ordem e, assim por diante (Nascimento *et al.*, 2013).

b) Densidade de Drenagem

Para Carvalho *et al.* (2009), a densidade de drenagem indica a eficiência real da drenagem atuante nas bacias hidrográficas. De acordo com Horton (1945), a densidade explica o comportamento hidrológico e litológico de cada unidade de solo. Nos locais onde a infiltração da água no solo é dificultada, o escoamento superficial é gerado junto com a esculturação do terreno e geração dos rios e córregos, o que aumenta a densidade de drenagem da área. A densidade é determinada segundo a equação 5.

$$Dd = \frac{Cr}{A}$$

Equação (5)

Onde

Cr: comprimento da rede de drenagem (km)

A: a área da bacia (km²)

Segundo Beltrame (1994), a classificação dos valores numéricos de densidades de drenagem é realizada em 4 classes (menor que 0.5 km/km² é considerada baixa; de 0.5 a 2.00 - média; de 2.01 a 3.5 - alta; maior que 3.5 - muito alta).

c) Coeficiente de Manutenção

A partir da densidade de drenagem é possível calcular o Coeficiente de manutenção que representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem (Santos *et al.*, 2012). O Coeficiente de manutenção (Cm) é calculado de acordo com a Equação 6.

$$Cm = \frac{1}{Dd}$$

Equação (6)

Onde

Dd: densidade de drenagem

Lana (2001) considera o coeficiente de manutenção como um dos valores numéricos mais importantes para a caracterização do sistema de drenagem, limitando sua área mínima requerida para o desenvolvimento de um canal.

d) Extensão do Percurso Superficial

A extensão do percurso superficial (Eps) é considerada como a distância média que um fluxo hídrico percorre até chegar ao leito do rio (Nunes *et al.*, 2006). O resultado obtido também serve para caracterizar a textura topográfica sendo calculada conforme a equação 7 proposta por Christofletti (1969).

$$Eps = \frac{1}{2Dd}$$

Equação (7)

Onde

Dd: densidade de drenagem

Para Pinto, Júnior e Rossete (2005) o valor obtido pelo cálculo da extensão do percurso superficial é similar, quanto à interpretação, ao coeficiente da manutenção. A diferença reside no fato de que no índice de coeficiente de manutenção o resultado é expresso em área mínima necessária para a existência de um canal, enquanto que o índice da extensão do percurso superficial indica o comprimento do caminho percorrido pelas águas pluviais antes de se estabilizarem ao longo de um canal.

Resultados e discussão

A bacia do ribeirão das Pedras é de 3° ordem, indicando ser pouco ramificada, apesar de ser considerada uma bacia grande com uma área de 478 km² e perímetro de 112 km. O comprimento do canal principal é de 46 km com uma rede de drenagem total de 75 km. Os resultados da caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras estão apresentados na Tabela 1. A densidade de drenagem é de 0.16 km/km² indicando dessa forma que a bacia possui uma baixa capacidade de drenagem, tomando como base a proposição de Villela e Mattos (1975) indicando que a densidade varia de pobre (0.5 km/km²) a bem drenada (>3.5 km/km²).

Para Oliveira *et al.* (2011), a densidade de drenagem reflete a propriedade de transmissibilidade do terreno e, conseqüentemente, a suscetibilidade a erosão. Nesse sentido, o baixo valor da Dd torna a bacia do ribeirão das Pedras menos suscetível à erosão dos solos.

De acordo com Lavagnoli (2007), os solos da região, são solos bastante permeáveis, muito porosos, com horizontes espessos e pouca diferenciação entre si. Tem como principal limitação a baixa fertilidade natural, devido a acidez, aos altos teores de alumínio livre e às altas altitudes.

Dessa forma, a bacia apresenta em sua composição litológica, rochas de granulometria fina, como as rochas areníticas presentes na área, as quais possuem melhor permeabilidade, apresentando densidade de drenagem baixa, dificultando assim o escoamento superficial.

Tabela 1. Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras.

Parâmetros	Valores e Unidades
Área	478 km ²
Perímetro	112 km
Comprimento do canal principal	46 km
Comprimento total da rede de drenagem	75 km
Coefficiente de Compacidade	1.43
Fator de Forma	0.085
Índice de Circularidade	0.48
Altitude Máxima	650 m
Altitude Mínima	250 m
Amplitude Altimétrica	400 m
Ordem	3 ^a
Densidade de drenagem	0.16 km/km ²
Coefficiente de manutenção	6.25 km ² /km
Extensão do Percurso superficial	3.125 km
Declividade no canal principal	8.69%

Cabe ressaltar que a densidade de drenagem é um importante fator na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia ajudando substancialmente no planejamento do manejo da bacia hidrográfica (Cardoso *et al.*, 2006).

A bacia possui coeficiente de manutenção de 6.25 km²/km indicando que são necessários 6.25 km² de área para manter por um quilômetro de canal na bacia do ribeirão das Pedras. Para Rodrigues *et al.* (2017), o índice de Coeficiente de Manutenção funciona de forma inversa à Densidade de Drenagem; enquanto que Dd baixa é indicadora de boa capacidade de infiltração da água no solo e de cobertura vegetal, o Cm baixo significa que o canal não consegue manter ativo um km de canal fluvial, assim, quanto mais alto for a classe do Cm melhor capacidade o canal terá de se manter ativo.

A Extensão do Percurso Superficial que indica a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente foi de 3.125 km. Este é um importante indicador da distância média percorrida pela água precipitada e permite inferir se a bacia hidrográfica apresenta ou não risco de inundação. Como a água na bacia percorre uma distância considerável até atingir o canal, o risco de inundação é baixo.

De acordo com Fonseca e Silva (2017), o valor da extensão do percurso superficial apresenta correspondência inversamente proporcional com a densidade de drenagem, ou seja, quanto menor a densidade de drenagem, maior a distância que a água deve percorrer até o leito do rio. Assim, o valor encontrado está corroborando com as informações sobre a densidade de drenagem da bacia de 0.16 km/km².

Analisando imagens de satélite da área da bacia foi possível verificar a ausência de cobertura vegetal nos córregos Cabeceira Verde e Campeira, afluentes da margem esquerda do ribeirão das Pedras. Para Pinto Júnior e Rossete (2005), este fator facilita o impacto das gotas de chuva fazendo com que os agregados se quebrem e crostas sejam formadas na superfície do solo aumentando os efeitos do escoamento superficial e causando processos erosivos.

Trentin e Robaina (2005) afirmam que o estudo da altimetria tem fundamental importância na análise da energia do relevo. Ele indica condições mais propícias à dissecação para áreas de maior altitude, e à acumulação para áreas de menor altitude, fatores observados na bacia em estudo.

O valor encontrado para a amplitude altimétrica foi de 400 metros. Tonello *et al.* (2006) afirmam que uma amplitude altimétrica alta indica que a bacia possui um relevo acidentado influenciando na evapotranspiração, na temperatura e na precipitação e tende a favorecer o escoamento rápido. Segundo Fritz (2000), as curvas de nível existentes nas cartas topográficas permitem a confecção de mapas de declividade, os quais geram importantes subsídios para estudos ambientais, conforme demonstra a Figura 2.

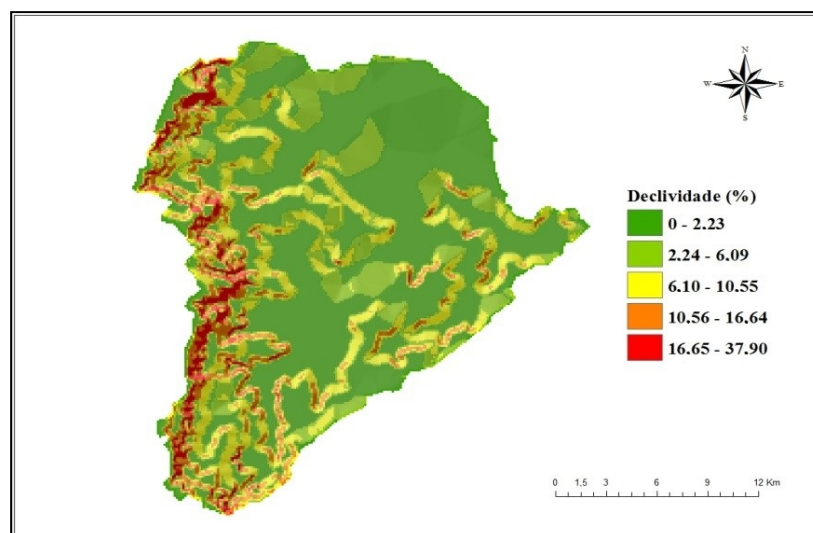


Figura 2. Mapa de declividade da área da bacia do ribeirão das Pedras.

De acordo com Embrapa (1979), a classe de declive de 0.0 a 3.0% é classificada como plano; a classe de 3.0 a 8.0% é classificada como suave-ondulado; entre 8.0 e 20.0% é qualificada como sendo ondulado; entre 20.0 e 45.0% é classificada como sendo forte-ondulado; a classe de 45 a 75% é definida como montanhosa e acima de 75% forte montanhoso.

A declividade não apresentou expressiva variação na área, em geral, a bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras apresenta baixa declividade, como pode ser observado na Figura 02, na qual mostra mais de 80% da área da bacia no intervalo entre as declividades de 0% a 16.64%. A maior concentração de altas declividades está localizada na porção oeste da bacia em que a altitude se apresenta mais elevada e evidenciada pela influência da estrutura geológica na área.

O uso e ocupação do solo às margens dos córregos Campeira e Campina Verde podem ser explicadas devido à proximidade com a TO-030 que liga o município de Palmas a Santa Tereza e também as baixas declividades e altitudes facilitando a utilização dessas terras por não apresentarem impedimentos mecânicos. Porém, com a ocupação desordenada nessas áreas acompanhada por práticas inadequadas de conservação do solo, estas áreas apresentam características de vulnerabilidade e risco ambiental.

Os parâmetros que se relacionam com a forma da bacia são descritos como 0.085 de fator de forma (não sujeita a enchentes), 0.48 de índice de circularidade e 1.43 de coeficiente de compacidade (tendência mediana a enchentes). Para Oliveira *et al.* (2011), esses parâmetros morfométricos são os mais utilizados para verificar se uma bacia é suscetível à inundação por influenciar no tempo de concentração da bacia.

De acordo com os valores encontrados, de modo geral, não há favorecimento à concentração de fluxo fluvial que permita que os fluxos dos tributários cheguem a exutória da bacia em tempos diferentes com o início da chuva; e a forma alongada da bacia indica que ela é menos sujeita a enchentes porque há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, simultaneamente, toda a sua extensão.

Portanto, as informações derivadas dessa análise podem ser utilizadas para as ações de planejamento servindo como ponto de partida para a definição e elaboração de indicadores ambientais.

Considerações finais

As bacias hidrográficas são adotadas como unidades de caracterização e avaliação dos recursos hídricos por serem áreas de captação natural da água para diversas atividades humanas.

Metodologias como a análise morfométrica de uma bacia hidrográfica ou de uma rede de drenagem estão sendo utilizadas por vários pesquisadores facilitando o entendimento de forma integrada nos processos do ciclo hidrológico que ocorrem numa bacia hidrográfica exercendo influência na infiltração, no deflúvio, na evapotranspiração e nos escoamentos superficiais e subsuperficiais.

De modo geral, os parâmetros morfométricos são muito importantes para a compreensão dos fatores que afetam o comportamento das bacias, pois auxiliam na tomada de decisão e na elaboração dos planos de gestão.

A análise morfométrica realizada na bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras mostrou resultados que permitem inferir num preliminar diagnóstico ambiental da área, e que permitem também verificar a suscetibilidade a enchentes e estimar a área mínima necessária para a manutenção de um canal de escoamento permanente. Possibilitam também a compreensão da vulnerabilidade natural à erosão dos terrenos, informações importantes na definição do zoneamento e ordenamento territorial das bacias hidrográficas estudadas.

Neste sentido, após a aplicação de métodos de cálculo e classificação baseada na metodologia proposta por diversos autores, verificou-se que a bacia do ribeirão das Pedras possui uma baixa capacidade de drenagem, é pouco suscetível a erosão, tem baixo risco de inundação, alta amplitude altimétrica, devido à presença de declives na porção oeste e baixo risco de enchentes. A bacia apresentou baixa declividade, exceto na porção oeste, o que torna a área passível de ocupação humana, que vem ocorrendo de modo desordenado, especialmente às margens dos córregos Campeira e Campina Verde. De acordo com alguns parâmetros calculados, dentre eles o fator de forma (sendo seu formato mais alongado), a bacia não é sujeita a enchentes, contudo o índice de circularidade e o coeficiente de compacidade indicam tendência mediana a enchentes.

Com essas informações, este estudo pode contribuir para um melhor planejamento ambiental e tomada de decisão quanto à gestão dos recursos hídricos da bacia do ribeirão das Pedras com um melhor direcionamento das ações de planejamento, servindo como ponto de partida para a definição e elaboração de Indicadores Ambientais.

Como recomendação para futuros trabalhos fica a elaboração de mapas de uso e ocupação da terra e de aptidão agrícola, com informações mais detalhadas da área, nos quais possa ser mostrada a comunidade local como parte de um programa ambiental e geoeconômico.

Referências

- Andrade, N. L. R., Xavier, F. V., Alves, E. C. R. F., Silveira, A., Oliveira, C. U. R. (2008) Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do Rio Manso – MT. *Geociências*, **27**(2), 237-248.
- Beltrame, A. V. (1994) *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*. Florianópolis: Ed. Da UFSC.
- Brasil (1997) *Lei Federal nº 9.433 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*, Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Presidência da República Casa Civil, Brasília – DF, 09 de janeiro de 1997. Acesso em 15 de julho 2019, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm
- Cardoso, C. A., Dias, H. C. T., Soares, C. P. B., Martins, S. V. (2006) Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, **30**(2), 241-248. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>
- Carvalho, W. M. C., Vieira, E. O., Rocha, J. M. J., Pereira, A. K. S., Carmo, T. V. B. (2009) Caracterização Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Malheiro, no município de Sabará – MG. *Revista Irriga*, **14**(3), 398-412. <https://doi.org/10.15809/irriga.2009v14n3p398-412>
- Christofoletti, A. (1969) Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, **18**(9), 35-64.
- Christofoletti, A. (1980) *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 150 pp.
- Christofoletti, A. (1999) *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999) *Estudo morfológico e morfométrico nas Bacias do Riacho Cabuçu e Riacho dos Negros, Litoral Norte da Bahia*. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Embrapa Solos, Rio de Janeiro – RJ, 49 pp.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro – RJ.
- Fioreze, A. P., Oliveira, L. F. C., Franco, A. P. B. (2010) Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Bárbara, Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, **40**(2), 167-173. doi: <https://doi.org/10.5216/pat.v40i2.3931>
- Fritz, P. R. (2000) *Cartografia Básica*. Canoas: LA SALLE, 171 pp.
- Fonseca, E. L., Silva, E. P. (2017) Análise fisiográfica como subsídio ao estudo da suscetibilidade erosiva em bacias hidrográficas. *Acta Geográfica*, Boa Vista, **11**(25), 137-158. doi: <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v11i25.4029>
- Horton, R. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins: hidro-physical approach to quatitative morphology. *Geological Society of American Bulletin*, New York, **56**(3), 275-370. doi: <https://doi.org/10.1130/0016-7606>
- Lana, C. E., Alves, J. M. P., Castro, P. T. A. (2001) Análise Morfométrica da Bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. *REM: Revista Escola de Minas*, Ouro Preto - MG, **54**(2), 121-126. <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672001000200008>
- Lavagnoli, S. R. (2007) *Dados da vulnerabilidade da paisagem como subsídio ao ordenamento e monitoramento ambiental da sub-bacia do ribeirão Água Suja – Tocantins*. Dissertação do Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente, Universidade Federal doTocantins, Palmas, 104f.
- Lima, A. S., Fontes, A. L. (2015) Estudo de parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do rio Jacarecica (SE) *Interespaco*, **01**(3), 203-221. <http://dx.doi.org/10.18766/2446-6549/interespaco.v1n3p203-221>
- Mendes, L. S., Mendes, N. G., Moraes, M. R. B., Durant, P. C., Carvalho, H. P. (2017) Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica experimental do córrego Fundo. *In Anais: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, Campo Grande/MS.

- Nascimento, F. I. C., Santos, W. L., Lira, E. M., Arcos, F. O. (2013) Caracterização morfométrica como base para o manejo da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Acre. *Revista Brasileira de Geografia Física*, **06**(2), 170-183.
- Nunes, F. G., Ribeiro, N. C., Fiori, A. P. (2006) Propriedades morfométricas e aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Atuba:Curitiba-Paraná. In *Anais: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology*. Goiânia/GO.
- Oliveira, E. D., Oliveira, E. D.; Crestani, A. (2011) Caracterização fisiográfica da bacia de drenagem do córrego Jandaia, Jandaia do Sul/PR. *Acta Geográfica*, Boa Vista, **5**(10), 169-183. <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v5i10.427>
- Paiva, J. B. D. De., Paiva, E. M. C. D. (2001) Hidrologia aplicada á gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: *ABRH*, 625 pp.
- Pinto, N. L. S., Holtz, A. C. T., Martins, J. A. (1976) *Hidrologia Básica*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Pinto Junior, O. B., Rossete, A. N. (2005) Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Cachoeira, MT-Brasil. *Geoambiente*, Jataí, (4), 01-16. https://doi.org/10.5216/rev_geoambie.v0i4.25872
- Rodrigues, T. O., Lisboa, G. S., Silva, Q. D. (2017) Morfometria das unidades de drenagem do médio curso do rio Anil, Ilha do Maranhão. In *Anais: XVII Simpósio Brasileiro de geografia Física Aplicada; I Congresso Nacional de Geografia Física*. Instituto de Geociências – Unicamp, Campinas/SP.
- Santos, A. M., Targa, M. S., Batista, G. T., Dias, N.W. (2012) Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, **7**(3), 195-211. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>.
- Santos, V. S., Menezes, D. J., Robaina, L. E. S., Trentin, R. (2016) Uso dos parâmetros morfométricos na bacia hidrográfica do rio Jaguari/RS em estudos geoambientais. In *Anais: XI SINAGEO*.
- Smith, K. G. (1950) Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal Science*, New Haven, **248**, 655-68.
- Sobrinho, T. A., Oliveira, P. T. S., Rodrigues, D. B. B., Ayres, F. M. (2010) Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, **30**(1), 46-57. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000100005>
- SRTM, Shuttle Radar Topography Mission, Embrapa Monitoramento (2019) Acesso em: 27 jun. 2019, disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/to/to.htm>.
- Teodoro, V. L. I., Teixeira, D., Costa, D. J. L., Fuller, B. B. (2007) O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Iníara*, (20), 137-156.
- Tonello, K. C. (2005) *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas*, Guanhões, MG. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Tonello, K. C., Dias, H. C. T., Souza, A.L., Alvares, C.A., Ribeiro, S., Leite, F.P. (2006) Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG. *Revista Árvore*, **30**(5), 849-857.
- Trentin, R. (2011) *Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do rio Itu-Oeste do Rio Grande do Sul - Brasil*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia. UFPR, Curitiba. 216f.
- Trentin, R., Robaina, L.E. de S. (2005) Metodologia para mapeamento geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: *Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 11, 2005, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Ed. da USP, 3606-3615.
- Villela, S. M., Mattos, A. (1975) *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.
- Wisler, C. O., Brater, E. F. (1964) *Hidrologia*. Tradução e publicação de Missão Norte-Americana pela Cooperação Econômica e Técnica no Brasil. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A. 484 pp.