



DOI: 10.31416/rsdv.v9i2.216

## **ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUNDAÚ UTILIZANDO O MODELO SWAT** *MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE MUNDAÚ RIVER BASIN USING THE SWAT MODEL*

**Andreina Fernandes da Silva** [andrelina.silva@ufrpe.br]

*Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife/PE, Brasil. CEP: 52171-900.*

**Carolyne Wanessa Lins de Andrade Farias** [carolyne.andrade@ufrpe.br]

*Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife/PE, Brasil. CEP: 52171-900.*

### **RESUMO**

O conhecimento das características morfométricas é crucial para a gestão dos recursos hídricos e o estudo de bacias hidrográficas, principalmente para analisar o grau de vulnerabilidade ambiental. A análise morfométrica de bacias hidrográficas fornece dados que permitem a compreensão do regime hidrológico, bem como das susceptibilidades quanto a enchentes, inundações, erosões e à manutenção da rede drenagem. O presente estudo tem o objetivo de analisar a morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú utilizando o modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Foi realizado o delineamento da bacia e posteriormente determinadas suas características morfométricas, entre elas o fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água. Além disso, foram elaborados mapas de localização, de rede de drenagem e de declividade da bacia. A bacia apresenta área de 3.969,61 km<sup>2</sup> e perímetro de 566,6 km, com forma mais alongada, contribuindo para o processo de escoamento e sendo menos propensa a enchentes, hierarquia dos cursos d'água de terceira ordem e densidade de drenagem de 0,1173 km/km<sup>2</sup>, caracterizando uma bacia de drenagem pobre. As declividades indicam presença de relevos que variam de plano a fortemente ondulado.

**Palavras-chave:** *Hidrologia; Geoprocessamento; Recursos hídricos.*

### **ABSTRACT**

The knowledge of morphometric characteristics is crucial for the management of water resources and the study of watersheds, especially to analyze the degree of environmental vulnerability. The morphometric analysis of watersheds provides data that allows the understanding of the hydrological regime, as well as the susceptibilities regarding flooding, inundation, erosion and the maintenance of the drainage network. The present study aims to analyze the morphometry of the Mundaú River Basin using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. The basin was delineated and its morphometric characteristics were subsequently determined, including the shape factor, circularity index, compactness coefficient, drainage density and stream order. In addition, maps of the location, drainage network and slope of the basin were prepared. The basin presents an area of 3,969.61 km<sup>2</sup> and a perimeter of 566.6 km, with a more elongated shape, contributing to the runoff process and being less prone to flooding, a third order watercourse hierarchy and a drainage density of 0.1173 km/km<sup>2</sup>, characterizing a basin with poor drainage. The slopes indicate the presence of reliefs that vary from flat to strongly undulated.

**Keywords:** *Hydrology; Geoprocessing; Water resources.*



## 1 INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas podem ser compreendidas como áreas delimitadas por divisores topográficos que captam naturalmente a água precipitada, constituindo os canais de escoamento que fluem até formar um canal principal, direcionando a água a um único ponto de saída, denominado exutório (VILLELA e MATTOS, 1975). De acordo com Lima (1996), a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema geomorfológico aberto, onde, mesmo quando perturbada, em contínua flutuação, a mesma permanece num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico. Ou seja, a adição de energia e a perda de energia do próprio ecossistema encontram-se sempre em delicado balanço. Logo, o planejamento ambiental e o gerenciamento dos recursos naturais em bacias hidrográficas vêm se tornando o caminho mais propício para o desenvolvimento de pesquisas e implementação de medidas que visam reverter quadros de degradação ambiental. A fim de criar um sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, vinculando princípios e normas para a gestão das águas, e adotando as bacias hidrográficas como uma “unidade territorial de estudo e gestão” foi estabelecida no Brasil a Política Nacional dos Recursos Hídricos através da Lei n° 9.433/1997.

No tocante a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica consiste na estimativa de parâmetros físicos, hidrológicos e de relevo, os quais influenciam o seu regime hidrológico. Segundo Rodrigues et al. (2013), há diversos tipos de parâmetros que podem ser analisados em bacias hidrográficas. Vários parâmetros físicos foram desenvolvidos, alguns deles aplicáveis à bacia como um todo, enquanto que outros relativos a apenas algumas características do sistema (LIMA, 2008). Dentre os parâmetros morfométricos tem-se como exemplo o fator de forma, o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade, a densidade de drenagem e a altitude média. As informações geradas a partir da análise desses parâmetros podem subsidiar o processo de planejamento integrado destas unidades de gerenciamento territorial e dos recursos hídricos (SOARES et al., 2016). Segundo Villela e Mattos (1975), a caracterização morfométrica possui grande aplicação na previsão de fenômenos como enchentes, inundações e erodibilidade. A área da bacia hidrográfica, por exemplo, tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo, atuam sobre a taxa ou sobre o regime dessa produção de água, assim como sobre a taxa de sedimentação. O caráter e a extensão dos canais (padrão de drenagem) afetam a disponibilidade de sedimentos, bem como a taxa de formação do deflúvio (LIMA, 1986).

Para auxiliar a compreender as características morfométricas das bacias hidrográficas, várias ferramentas foram desenvolvidas, incluindo os modelos hidrológicos baseados em Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), como o Soil and Water Assessment Tool (SWAT). O SWAT é um modelo hidrológico que foi projetado para prever os impactos de práticas de manejo de solos e água, produção de sedimentos e agroquímicos nas bacias hidrográficas, trabalhando em passo de tempo diário (ARNOLD, 2012). Desde a sua criação, o SWAT passou por contínuos aprimoramentos e expansões de suas capacidades de processamento, sendo capaz também de realizar simulações contínuas por grandes períodos de tempos. Neste modelo, há a integração entre interfaces SIG, como por exemplo o software Quantum GIS (QGIS), e equações matemáticas que representam o

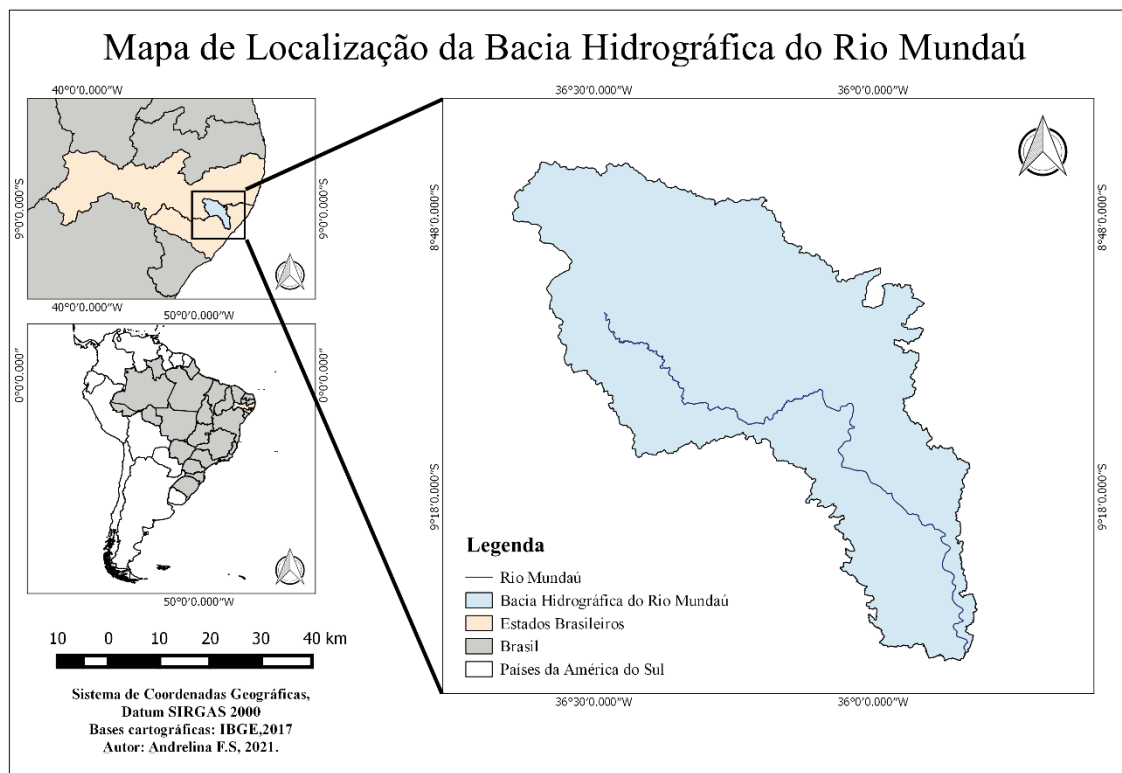
comportamento hidrológico da bacia. O QGIS é um software livre, com ambiente de trabalho amigável, integrante do Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) como um projeto oficial. Mostra-se em constante desenvolvimento, com listas de discussão ativas, atendendo diversas necessidades de seus usuários. O QGIS permite consultas espaciais, exploração interativa de dados, identificação e seleção de geometrias, pesquisa, visualização e seleção de atributos e criação de simbologia vetorial e raster (ALMEIDA, 2011), além de apresentar uma interface gráfica de fácil utilização.

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo analisar a morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, localizada entre os estados de Pernambuco e Alagoas, utilizando os softwares livres Quantum GIS (QGIS) e o Soil and Water Assessment Tool (SWAT).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú (BHRM) está localizada nos Estados de Pernambuco e Alagoas, entre as coordenadas 8°42' e 9°36' de latitude Sul e 36°39' e 35°47' de longitude Oeste (Figura 1). A BHRM ocupa uma área de 3.969,61 km<sup>2</sup> e abrange 16 municípios do Estado de Pernambuco e 17 municípios do Estado de Alagoas.



**Figura 1:** Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú (BHRM)



O Rio Mundaú nasce no município de Garanhuns, com cerca de 69 km percorrendo áreas do Estado de Pernambuco, tendo seus principais afluentes no Estado de Pernambuco: pela margem direita, Riacho da Conceição, Riacho Salgado, Rio Correntes e o Mundauzinho, e pela margem esquerda, o Rio Canhoto. O Rio Canhoto, que deságua no Rio Mundaú em território alagoano, é o tributário mais importante e tem, por sua vez, como principal contribuinte o Rio Inhaúma, que drena todo o município de Palmeirinha (APAC, 2020).

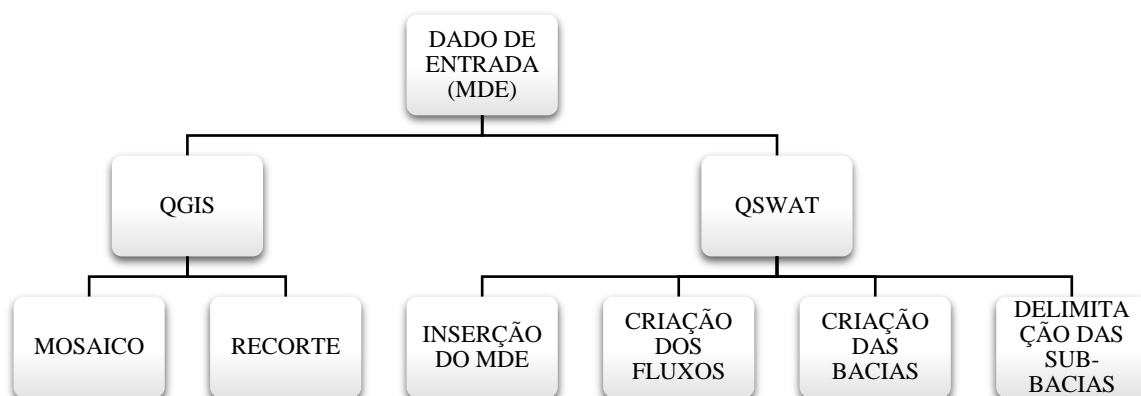
A região apresenta um clima, segundo a classificação de Köppen, Aw (Tropical, estação seca no inverno), sendo uma pequena porção a noroeste da bacia composta pelo clima BSh (clima seco e semiárido, com baixas latitudes e altitudes) (ALVARES et al., 2014). A precipitação média anual varia de 497 a 1.143,63 mm (ARAÚJO et al., 2015).

## **2.2 Processamento dos dados para a caracterização morfométrica**

O tratamento dos dados foi realizado com o auxílio do software livre e gratuito Quantum GIS (QGIS) 2.6.1 e 2.18.12, além do modelo SWAT 2012 (v. 1.1). O Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado neste estudo foi o da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), desenvolvida pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) no ano 2000, e adquirido gratuitamente na EMBRAPA Monitoramento por Satélite (<http://www.revelobr.cnpem.embrapa.br>). As cartas (com resolução espacial de 30 m) utilizadas foram SC-24-X-B, SC-24-X-D, SC-25-V-A e SC-25-V-C, as quais constituíram um mosaico para a área estudada, onde estas encontravam-se no sistema de referência WGS84. Para que os cálculos da área e de distâncias fossem uniformizados o mosaico foi convertido para o sistema de referência SIRGAS 2000 (Sistema de referência Geocêntrico para as Américas) e projetados no Sistema UTM (Universal Transverso de Mercator - Zona 24S), seguindo recomendação do IBGE (2015).

O delineamento da bacia e criação das sub-bacias, além do processamento da rede de drenagem, foram realizados por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE) com o auxílio do modelo SWAT, sendo este último desenvolvido pelo Agricultural Research Service do United States Department of Agriculture (USDA), Blackland Research and Extension Center da Texas A&M University. Segundo Srinivasan e George (2019), o modelo utiliza o Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM) como componente principal para realizar o delineamento de bacias hidrográficas.

A Figura 2 apresenta o fluxograma com as etapas do processamento dos dados para obtenção das características morfométricas da BHRM. Primeiramente foi utilizado o QGIS para o processamento da imagem (mosaico e recorte) e em seguida foi utilizado o QSWAT para criação dos fluxos, bacia e sub-bacias. A delimitação da bacia hidrográfica com o SWAT seguiu os seguintes passos: seleção do MDE, definição do limiar do número mínimo de células, criação dos cursos d'água, criação das sub-bacias e delineamento da bacia hidrográfica. Com isso, o modelo SWAT insere na tabela de atributos dos shapefiles das sub-bacias geradas e dos cursos d'água criados os seguintes dados: áreas, comprimentos, ordem dos cursos de d'água, cota máxima e mínima, dentre outros.



**Figura 2:** Fluxograma de processamento dos dados no QGIS e QSWAT

### 2.3 Morfometria da Bacia Hidrográfica

A caracterização morfométrica da bacia do Rio Mundaú foi dividida em três grupos: parâmetros físicos, hidrológicos e de relevo, sendo realizada utilizando ferramentas SIG (QGIS e QSWAT) e equações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros utilizados para caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO	EQUAÇÃO	FONTE
<b>FÍSICOS</b>			
Área de drenagem (A)	Representa a área plana (projeção horizontal) inclusa entre seus divisores topográficos.	(km <sup>2</sup> ou ha)	Villela e Mattos (1975)
Perímetro (P)	Expresso pelo comprimento da linha do divisor de água que circunda a bacia.	(km)	França e Demattê (1990)
Fator de forma (Kf)	Relação entre a área da bacia (A) e o comprimento do eixo da bacia (L).	$Kf = \frac{A}{L^2}$ (km <sup>2</sup> /km)	Horton (1945)
Coefficiente de compacidade (Kc)	Relação entre o perímetro (P) da bacia e a área da bacia (A).	$Kc = 0,28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$ (km/km <sup>2</sup> )	Villela e Mattos (1975)
Índice de circularidade (IC)	Relação entre a área da bacia (A) e o perímetro (P) da bacia.	$IC = 12,57 * \left(\frac{A}{P^2}\right)$	Miller (1953)
Razão de alongação (Re)	Relação entre a área da bacia (A) e o comprimento do eixo da bacia (L).	$Re = 1,128 * \left(\frac{A^{0,2}}{L}\right)$	Schumm (1963)
<b>HIDROLÓGICOS</b>			
Comprimento do rio principal (L)	Distância que se estende ao longo do curso d'água desde a desembocadura até determinada nascente.	(km)	Christofolletti (1980)
Tempo de concentração (tc)	Tempo que uma gota de chuva que atinge a região mais remota da bacia leva para atingir o exutório. L: comprimento do	$tc = 0,87 * \left(\frac{L^3}{\Delta h}\right)^{0,385}$ (horas)	Kirpich (1940)



	curso d'água (km); $\Delta h$ : diferença de altitude ao longo do curso d'água principal (m).		
<b>Hierarquia fluvial</b>	É uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação de uma bacia.		Villela e Mattos (1975)
<b>Relação de bifurcação (Rb)</b>	É a relação entre o número total de canais de uma ordem e o número total de canais de outra ordem imediatamente superior.	$Rb = \frac{N_u}{N_{u+1}}$	Horton (1945)
<b>Densidade de drenagem (Dd)</b>	Relação entre o comprimento da rede de drenagem ( $C_r$ ) e a área da bacia (A).	$Dd = \frac{C_r}{A}$ ( $km/km^2$ )	Horton (1945)
<b>Densidade hidrográfica (Dh)</b>	Relação entre o número de segmentos de rios ( $N_t$ ) e a área da bacia (A).	$Dh = \frac{N_t}{A}$ ( $km^{-2}$ )	Christofolletti (1980)
<b>Razão de textura (T)</b>	Relação entre o número de segmentos de rios ( $N_t$ ) e o perímetro da bacia (P).	$T = \frac{N_t}{P}$ ( $km^{-1}$ )	Smith (1950)
<b>RELEVO</b>			
<b>Altitude média (Améd)</b>	Exerce influência sobre a precipitação, sobre as perdas de água por evaporação e transpiração.	(m)	Villela e Mattos (1975)
<b>Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm)</b>	Diferença altimétrica entre a altitude mínima e a altitude máxima.	(m)	Christofolletti (1980)
<b>Declividade média (%)</b>	Controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial	(%)	Villela e Mattos (1975)
<b>Índice de rugosidade (Ir)</b>	Relação entre a variação da cota ( $\Delta H$ ) e a Densidade de drenagem (Dd).	$Ir = \Delta H * Dd$	Christofolletti (1980)
<b>Razão de relevo (Rr)</b>	Relação entre a variação da cota ( $\Delta H$ ) e o comprimento do eixo da bacia (L).	$Rr = \frac{\Delta H}{L}$	Christofolletti (1980)

Complementarmente, para o cálculo de alguns parâmetros: Perímetro, declividade média e altitude média, foram utilizadas as ferramentas do QGIS, como a calculadora de campo da tabela de atributos. Para a caracterização do relevo da bacia estudada, de acordo com a declividade obtida, utilizou-se a classificação proposta pela EMBRAPA (1979), a qual determina classes de declividade entre 0 e 3 % como relevo plano, 3 a 8 % como relevo suavemente ondulado, 8 a 20% como ondulado, 20 a 45% como fortemente ondulado, 45 a 75% como relevo montanhoso e acima de 75% como fortemente montanhoso.

A maioria dos cálculos sobre os parâmetros morfométricos deram-se por meio de equações numéricas e, outra parte pela calculadora do QGIS. Os resultados foram posteriormente descritos e convertidos em documentos cartográficos (tabelas e mapas), visando uma melhor compreensão dos resultados.





### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da caracterização dos parâmetros físicos da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, apresentados na Tabela 2, indicam que a mesma apresenta uma área de drenagem de 3.969,61 km<sup>2</sup> e perímetro de 566,6 km. Foi obtido também um fator de forma (Kf) de 0,1311, coeficiente de capacidade (Kc) de 2,51, índice de circularidade (Ic) de 0,1554, e razão de alongação (Re) de 0,034. Segundo Soares et al. (2016), o fator de forma e o índice de circularidade estão associados ao formato geométrico da bacia e, os valores verificados indicam, de acordo com Schumm (1956), que a bacia se apresenta mais alongada, o que favorece o escoamento superficial e conseqüentemente, segundo Villela e Mattos (1975), apresenta menor concentração de deflúvio, o que confirma menor risco de enchentes nas condições normais de precipitação (SANTOS, 2012).

**Tabela 2.** Resultado das características morfométricas (parâmetros físicos) da BHRM

PARÂMETRO FÍSICO	VALOR	UNIDADE
Área de drenagem (A)	3.969,61	km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	566,6	km
Fator de forma (Kf)	0,1311	km <sup>2</sup> /km
Coeficiente de compacidade (Kc)	2,51	km/km <sup>2</sup>
Índice de circularidade (IC)	0,1554	-
Razão de alongação (Re)	0,034	-

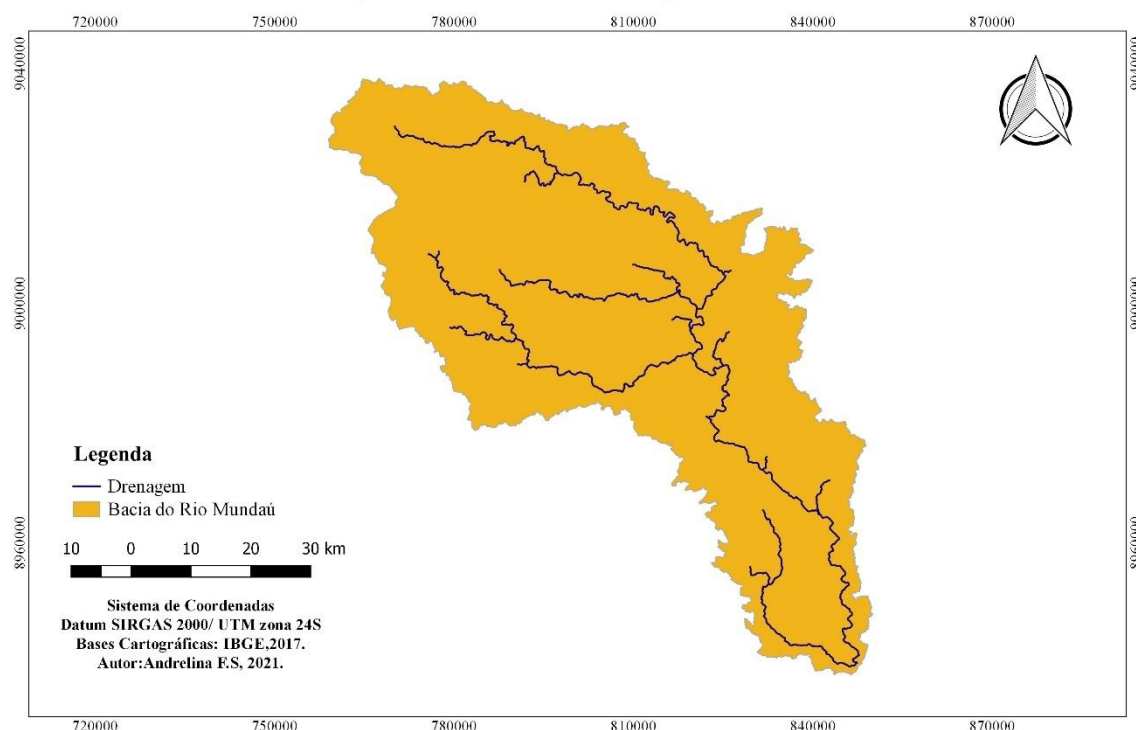
A Tabela 3 apresenta o resultado dos parâmetros hidrológicos obtidos para a BHRM. Constatou-se que o comprimento do rio principal (L) resultou em 174 km. O tempo de concentração (Tc), que é o tempo que a água leva para percorrer desde o ponto mais distante da bacia até o exutório, foi de 23,94 horas. Em bacias alongadas, como a BHRM, os cursos de d'água afluentes entram em contato com o curso d'água principal em diversos pontos durante o fluxo, diminuindo a propensão de ocorrência de cheias. Evidenciou-se uma hierarquia fluvial de 3<sup>a</sup> ordem. A relação de bifurcação (Rb) dos canais de 1/2 ordem foi de 2,28 e canais de 2/3 ordem foi de 0,87, o que conforme os estudos de Horton (1945), representam características de relevos planos ou relativamente ondulados.

A Figura 3 apresenta o mapa da rede de drenagem da BHRM. Em relação à densidade de drenagem (Dd), foi verificado um valor de 0,1173 km/km<sup>2</sup>, mostrando que a bacia tem uma drenagem pobre. Segundo Villela e Mattos (1979), a densidade de drenagem de uma bacia pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup> para bacias de drenagem pobres e de 3,5 km/km<sup>2</sup> em bacias excepcionalmente bem drenadas. A densidade hidrográfica (Dh) constatada foi de 0,0078 canais/km<sup>2</sup>, indicando que a bacia possui baixa densidade hidrográfica. De acordo com Lana et al. (2001), se o índice estiver acima de 2,00 canais/km<sup>2</sup>, significa que a bacia teria grande capacidade de gerar novos cursos d'água, o que não foi encontrado no presente estudo. O valor de razão de textura (Rt) obtido foi 0,054 (1/km<sup>2</sup>), indicando um relevo com textura grosseira (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resultado das características morfométricas (parâmetros hidrológicos) da BHRM

PARÂMETRO HIDROLÓGICO	VALOR	UNIDADE
Comprimento do rio principal (L)	174	km
Tempo de concentração (tc)	23,94	horas
Ordem da bacia	3	
Relação de bifurcação (Rb)	1/2 ordem 2,28	
	2/3 ordem 0,87	
Densidade de drenagem (Dd)	0,1173	canais/km <sup>2</sup>
Densidade hidrográfica (Dh)	0,0078	canais/km <sup>2</sup>
Razão de textura (T)	0,054	1/km <sup>2</sup>

### Rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú

**Figura 3:** Mapa da rede de drenagem da BHRM

A Tabela 4 apresenta as características morfométricas do relevo da BHRM. Constatou-se uma altitude máxima e mínima de 990 m e 30 m, respectivamente, sendo encontrada uma amplitude média de 447,07 m e amplitude altimétrica máxima (Hm) de 960 m. A declividade média da bacia variou entre 0,35% e 36%, indicando que o relevo é classificado como plano até o fortemente ondulado, segundo a Embrapa (1979). A declividade é um importante parâmetro, pois controla boa parte da velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias. Já o relevo tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno, enquanto que a temperatura, a precipitação, a evaporação, são funções de altitude da

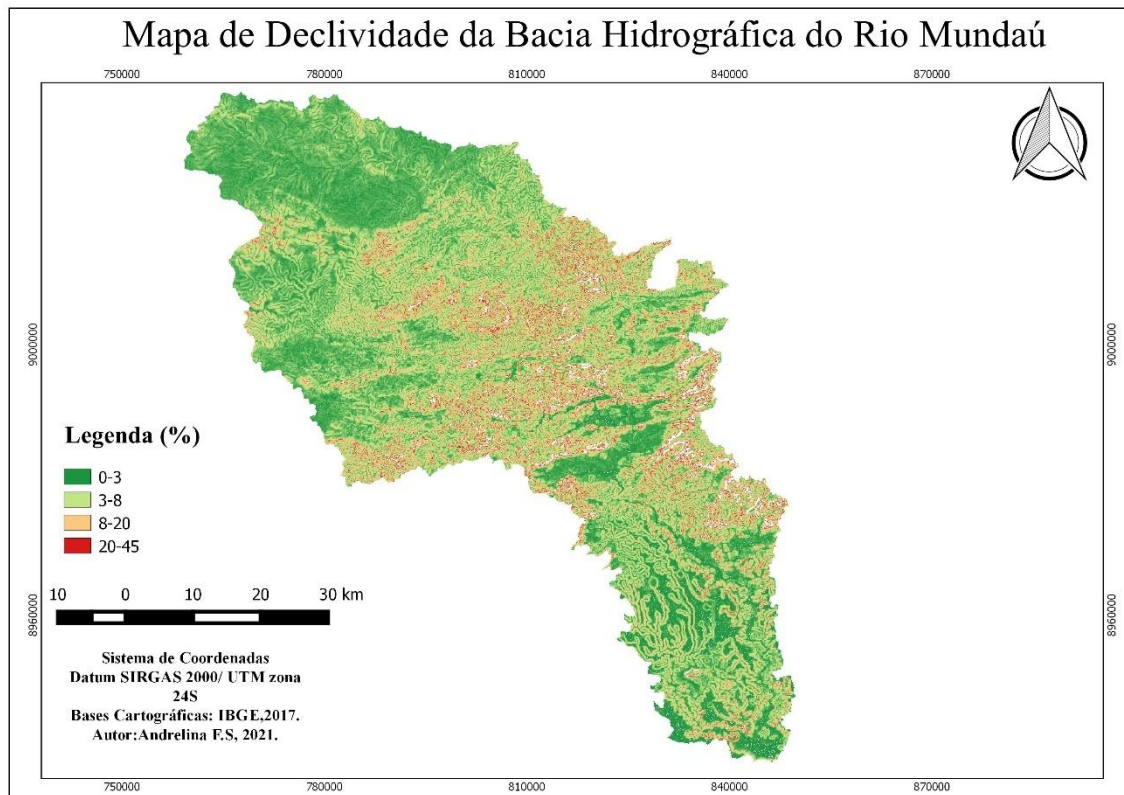


bacia (VILLELA e MATTOS, 1975).

**Tabela 4.** Resultado das características morfométricas (parâmetros de relevo) da BHRM

PARÂMETRO DE RELEVO	RESULTADOS	UNIDADES
Altitude média (Améd)	447,07	m
Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm)	960	m
Declividade média (%)	0,35-36 %	%
Índice de rugosidade (Ir)	0,112	
Razão de relevo (Rr)	0.0055	

O mapa de declividade obtido para a BHRM é apresentado na Figura 5. Verifica-se que grande parte da bacia apresenta declividades abaixo de 3% (relevo plano) e que as maiores declividades (entre 20 e 45%) se encontram na parte central da bacia, na divisa entre os estados pernambucano e alagoano.



**Figura 4.** Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú

O índice de rugosidade foi de 0,112, sendo considerado um valor baixo, o que define menor risco de degradação da bacia, uma vez que apresenta pouca variação em seu relevo, com poucos desníveis entre a cabeceira e a seção de referência associados à carente rede de drenagem. O valor (Ir) apresentado indica que a bacia em estudo tem menor risco a enchentes. A razão de relevo (Rr) da bacia foi de 0,0055, representando baixa relação do relevo com o formato da bacia e sua amplitude altimétrica. Segundo Schumm (1956), quanto maior o valor de Rr, maior será o desnível



entre a cabeceira e o exutório, conseqüentemente maior será a declividade média da bacia.

#### 4 CONCLUSÕES

A análise dos dados e dos resultados obtidos para a BHRM permitiram concluir que a bacia possui forma alongada, contribuindo para o processo de escoamento superficial e com a menor susceptibilidade à ocorrência de enchentes.

Os índices de Kc, Ic, Kf e Dd calculados reforçaram que a bacia apresenta uma baixa propensão a enchentes. As declividades predominantes na bacia indicaram que o relevo varia de plano a fortemente ondulado, logo, quando ocorre precipitação na bacia, é necessário muito tempo para que o escoamento superficial das águas alcance o rio principal e o exutório.

Os softwares livres (QGIS e SWAT) se mostraram ferramentas eficientes no que diz respeito à obtenção das características morfométricas e também na confecção dos mapas para a área de estudo, permitindo o entendimento das características da bacia, em escala representativa, e auxiliando na gestão e tomada de decisão no escopo dos recursos hídricos.

#### REFERÊNCIAS

- ARNOLD, Jeffrey G. et al. SWAT: Model use, calibration, and validation. Transactions of the ASABE, 55: 1491-1508, 2012.
- ALMEIDA, L.C. Análise espacial de dados com o quantum GIS: exercícios realizados durante tópico especial ofertado pelo programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC. Revista Eletrônica de Geografia, 3: 173-194, 2011.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 22: 711-728, 2014.
- APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Bacias Hidrográficas - Bacia do Rio mundaú. Disponível em: <http://200.238.107.184/bacias-hidrograficas/40-bacias-hidrograficas/199-bacia-do-rio-mundau> Acesso em: 23 ago. 2020.
- ARAÚJO, M.S.; ARAÚJO, H.M.; SILVA JÚNIOR, C.G., Indicadores socioambientais e aplicabilidade no alto curso da bacia hidrográfica do rio Mundaú-PE. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 19: 1-10, 2015.
- CIRILO, José Almir. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. Estudos avançados, 22: 61-82, 2008.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1979. 412 p.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of the Geological Society of America, 56: 275-370, 1945.
- LANA, C.E.; ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. Rem: Revista Escola de Minas, 54: 121-126, 2001.
- Lei Federal 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos



- Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em 25 jan 2021
- LEITE, Marcos Esdras; ROCHA, Andre Medeiros. Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicado ao cálculo de índices morfométricos em bacia hidrográfica. *Geo UERJ*, 28: 44-65, 2016.
- LIMA, W.P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Departamento de Ciências Florestais Piracicaba - São Paulo. Piracicaba, 1986. 242p.
- LIMA, W.P. Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Departamento de Ciências Florestais Piracicaba. 2.ed, São Paulo. Piracicaba, 2008. 253p.
- MARCUZZO, F.F.N.; ROMERO, V.; CARDOSO, M.R.D. Detalhamento Hidromorfológico da Bacia do Rio Mundaú. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19. Maceió, 2011. Anais. Maceió: ABRH, 2011.
- RODRIGUES, Adriana de Carvalho Figueiredo et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Terra Nova-PE. *Revista Semiárido De Visu*, 8: 2-14, 2020.
- RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, B.T.; GARCIA, Y.M.; CARDOSO, L.G. Análise morfométrica da microbacia do Córrego do Vangasse - Pratânia/SP. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, Tupã, 9: 475-482, 2013.
- SOARES, S.L.; LOPES, W.G.R.; CASTRO, A.C.L.; ARAUJO, G.M.C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. *Revista do Departamento de Geografia*, 31: 82-100, 2016.
- SANTOS, A.M.; TARGA, M.S.; BATISTA, G.T.; DIAS, N.W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 7: 195-211, 2012.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. *Geological Society of America Bulletin*, 67: 597-646, 1956.
- SOARES, S.L.; LOPES, W.G.R.; CASTRO, A.C.L.; ARAUJO, G.M.C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. *Revista do Departamento de Geografia*, 31: 82-100, 2016.
- TONELLO, Kelly Cristina et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. *Rev. Árvore*, Viçosa, 30: 849-857, 2006.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. 1975. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 17,18,245 p.