

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPAMA, EM PERNAMBUCO

MORPHOMETRIC AND HYDROLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE PIRAPAMA RIVER HYDROGRAPHIC BASIN, IN PERNAMBUCO

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA Y HIDROLÓGICA DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO PIRAPAMA, EN PERNAMBUCO

Amaury Gouveia Pessoa Neto

Universidade de Pernambuco (UPE)

E-mail: agpn@poli.br

RESUMO

As caracterizações morfométrica e hidrológica de uma bacia hidrográfica configuram um instrumento relevante à gestão dos recursos hídricos, uma vez que estão relacionadas ao seu regime hidrológico. Dessa forma, o presente estudo buscou analisar as características morfométricas e hidrológicas da bacia hidrográfica do rio Pirapama, localizada no estado de Pernambuco. Para a determinação dos parâmetros morfométricos, foi utilizado um Modelo Digital de Elevação (MDE) com 30 metros de resolução, oriundo de perfilamento a laser aerotransportado dotado de sensor LiDAR, que foi processado no *software* livre QGIS (versão 3.10.9), sendo possível realizar a delimitação automática da bacia, extrair sua rede hidrográfica e, conseqüentemente, obter suas características geométricas, hidrográficas e de relevo. Para obtenção das características hidrológicas foram extraídos dados diários de vazão de uma série histórica de 27 anos, compreendida entre janeiro de 1994 e dezembro de 2020, do posto fluviométrico denominado “Pirapama”. A partir desses dados históricos, foi possível determinar as vazões específicas média de longo prazo e a associada a uma permanência de 90% do tempo ($Q_{90\%}$). Pelos resultados, foi verificado que a bacia do rio Pirapama apresenta um formato alongado, abrange um sistema de drenagem regular, seu canal principal tem um formato divagante, suas cotas altimétricas variam de zero a 537,28 m e sua vazão de referência com 90% de permanência equivale a 0,125 m³/s. Esses resultados contribuem para o entendimento dos processos hidrológicos da bacia de forma consistente, subsidiando um planejamento ambiental adequado.

PALAVRAS-CHAVE: características geométricas, hidrográficas e de relevo; Modelo Digital de Elevação (MDE); regime hidrológico; *software* livre QGIS.

ABSTRACT

The morphometric and hydrological characterizations of a watershed constitute a relevant tool for the management of water resources since they are related to its hydrological regime. Thus, the present study sought to analyze the morphometric and hydrological characteristics of the Pirapama river basin, located in the state of Pernambuco. To determine the morphometric parameters, a Digital Elevation Model (DEM) with 30 meters of resolution was used, derived from airborne laser profiling equipped with a LiDAR sensor, which was processed in the free software QGIS (version 3.10.9), making it possible to carry out the automatic delimitation of the basin, extract its hydrographic network and, consequently, obtain its geometric, hydrographic and relief characteristics. To obtain the hydrological characteristics, daily flow data were extracted from a 27-year historical series, between January 1994 and December 2020, from the fluviometric station called “Pirapama”. From these historical data, it was possible to determine the specific, long-term average and associated flows with a stay of 90% of the time ($Q_{90\%}$). From the results, it was verified that the Pirapama river basin presents an elongated format, covers a regular drainage system, its main channel has a rambling format, its elevations range from zero to 537.28 m and its reference flow with 90% of permanence is equivalent to 0.125 m³/s. These results contribute to the understanding of the basin's hydrological processes in a consistent way, subsidizing an adequate environmental planning.

KEYWORDS: geometric, hydrographic and relief characteristics; Digital Elevation Model (MDE); hydrological regime; free QGIS software.

RESUMEN

Las caracterizaciones morfométricas y hidrológicas de una cuenca constituyen una herramienta relevante para la gestión de los recursos hídricos ya que están relacionadas con su régimen hidrológico. Así, el presente estudio buscó analizar las características morfométricas e hidrológicas de la cuenca del río Pirapama, ubicada en el estado de Pernambuco. Para la determinación de los parámetros morfométricos se utilizó un Modelo de Elevación Digital (DEM) con 30 metros de resolución, derivado del perfilado láser aerotransportado equipado con un sensor LiDAR, el cual fue procesado en el software libre QGIS (versión 3.10.9), posibilitando realizar la delimitación automática de la cuenca, extraer su red hidrográfica y, en consecuencia, obtener sus características geométricas, hidrográficas y de relieve. Para obtener las características hidrológicas se extrajeron datos de caudal diario de una serie histórica de 27 años, entre enero de 1994 y diciembre de 2020, de la estación fluviométrica denominada “Pirapama”. A partir de estos datos históricos fue posible determinar los flujos específicos, promedio de largo plazo y asociados con una permanencia del 90% del tiempo (Q90%). De los resultados se verificó que la cuenca del río Pirapama presenta un formato alargado, cubre un sistema de drenaje regular, su cauce principal tiene un formato laberíntico, sus elevaciones van de cero a 537.28 m y su caudal de referencia con 90% de permanencia es equivalente a 0,125 m³/s. Estos resultados contribuyen a la comprensión de los procesos hidrológicos de la cuenca de manera consistente, subsidiando una adecuada planificación ambiental.

PALABRAS-CLAVE: características geométricas, hidrográficas y del relieve; Modelo de Elevación Digital (DEM); régimen hidrológico; software QGIS gratuito.

1. INTRODUÇÃO

Uma bacia hidrográfica pode ser compreendida como uma região geográfica delimitada por um divisor topográfico, o qual é definido por uma linha imaginária que conecta os pontos de maiores altitudes do local, responsável pela captação da água precipitada, estabelecendo uma rede de drenagem que converge para uma única saída, o exutório (DIAS *et al.*, 2019; SILVA, 2019; COSTA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2020; SILVA; FARIAS, 2021; SOUZA *et al.*, 2021). No Brasil, as bacias hidrográficas são constituídas como unidades territoriais de planejamento político, hídrico e social, conforme a Lei Federal nº 9.433/97, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997).

Essas unidades territoriais contemplam elementos físicos, biológicos e humanos que interagem constantemente entre si, provocando transformações em suas estruturas climáticas, geomorfológicas, hidrológicas, pedológicas e socioambientais, o que torna indispensável o conhecimento de todos os seus aspectos (PARENTE *et al.*, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2020; VALE; BORDALO, 2020). Assim, conforme Faria *et al.* (2017), o manejo de bacias hidrográficas possibilita que seja realizada a ordenação de uma série de ações sobre o meio ambiente, a estrutura social,

econômica, institucional e legal da região, promovendo sua conservação e a utilização sustentável do recurso hídrico.

A caracterização morfométrica consiste na análise quantitativa das relações entre parâmetros físicos, hidrológicos e de relevo de uma bacia hidrográfica, os quais influenciam diretamente o seu regime hidrológico, ou seja, a infiltração, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e subsuperficial, bem como a quantidade de água produzida (MOURA *et al.*, 2018; CUNHA; BACANI, 2019; BARBOSA; COSTA, 2021; SILVA; FARIAS, 2021). No tocante à caracterização hidrológica de uma bacia hidrográfica, Farias *et al.* (2020) afirmam que esse tipo de análise contribui para a determinação das disponibilidades hídricas atuais e futuras, possibilitando a identificação dos locais em déficit hídrico ou suscetíveis à enchentes.

Nesse sentido, segundo Dias *et al.* (2020), as caracterizações morfométrica e hidrológica de uma bacia hidrográfica são essenciais para a realização de análises hidrológicas ou ambientais, proporcionando o conhecimento da dinâmica ambiental da região de forma integrada. Para Servidoni *et al.* (2021), a obtenção desses tipos de características possibilita o entendimento de questões associadas ao ambiente fluvial, subsidiando uma gestão eficaz para prevenção de riscos de enchentes e inundações. Moura *et al.* (2018) complementam a importância do estudo hidrológico e das características físicas de uma bacia afirmando que o mesmo reflete diretamente na escolha de fontes para abastecimento de água para uma população.

Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e técnicas de geoprocessamento são frequentemente empregados como ferramentas para o planejamento e gestão ambiental de bacias hidrográficas, uma vez que proporcionam um ambiente flexível para o tratamento, armazenamento e análise da informação espacial (DIAS *et al.*, 2019; SILVA, 2019; ALVES; BARROS, 2021). Conforme Pessoa Neto *et al.* (2021), o processamento de Modelos Digitais de Elevação (MDE) em um ambiente SIG possibilita a delimitação de uma bacia hidrográfica de forma automatizada, a determinação do caminho preferencial do escoamento superficial da água e, conseqüentemente, a obtenção de seus parâmetros geométricos, do comprimento de sua rede hidrográfica e de suas cotas altimétricas. Esses parâmetros, quando relacionados por modelos matemáticos, definem as características morfométricas de uma bacia hidrográfica (ALVES *et al.*, 2020).

Dentro da temática da caracterização morfométrica de bacias hidrográficas por meio de SIG, diversos trabalhos, de origens nacional e internacional, (CHANDRA; GIDDE, 2019; MORETTO *et al.*,

2019; VENKATESH; ANSHUMALI, 2019; ABDETA *et al.*, 2020; ARABAMERI *et al.*, 2020; BORGES *et al.*, 2020; ALVES; BARROS, 2021; FIORESE, 2021; MARINHO *et al.*, 2021; ROSSETE *et al.*, 2021; ALMEIDA *et al.*, 2022; TOME HERNÁNDEZ; VILLARREAL MANZO, 2022) chegaram à conclusão que a caracterização morfológica é fundamental para o planejamento e gestão do território. Em relação à caracterização hidrológica, os estudos elaborados por Colombo *et al.* (2018), Cheng *et al.* (2019), England *et al.* (2018), Pereira *et al.* (2020), Servidoni *et al.* (2021), e Gurung *et al.* (2022) demonstraram o quanto o conhecimento da disponibilidade de água numa bacia hidrográfica é importante para a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Diante do exposto e devido aos diversos tipos de uso e ocupação do solo e a importância na contribuição do abastecimento de água de parte da Região Metropolitana do Recife (RMR), o presente estudo tem como objetivo analisar as características morfológicas e hidrológicas da bacia hidrográfica do rio Pirapama, em Pernambuco, a fim de contribuir para a gestão e o planejamento dos recursos hídricos dessa região.

2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DO ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Pirapama está situada entre as mesorregiões pernambucanas da Região Metropolitana do Recife, da Zona da Mata e do Agreste, compreendida entre as coordenadas UTM (Fuso 25 S) 286.362,0475mE e 237.116,5438mE, e 9.101.402,8585mN e 9.076.213,2261mN (VIANA *et al.*, 2018). Como representado na Figura 1, a referida bacia compõe o denominado Grupo 2 das bacias de pequenos rios litorâneos do estado de Pernambuco (GL-2) e abrange os seguintes municípios: Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes, Ipojuca e Moreno, pertencentes à RMR; Vitória de Santo Antão e Escada, situados na Zona da Mata; e Pombos, inserido no Agreste.

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Pirapama



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

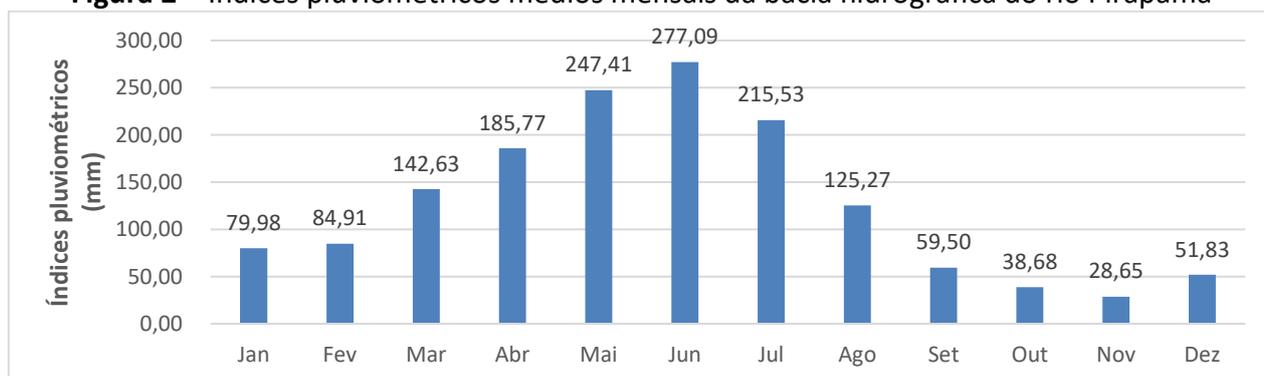
De acordo com a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), o canal principal dessa bacia, o rio Pirapama, tem sua nascente no município de Pombos e seu exutório se encontra no estuário do rio Jaboatão, em Jaboatão dos Guararapes (APAC, 2022). Nele está situada uma barragem homônima, cuja finalidade é abastecer parte da RMR. Seu principal afluente, o rio Gurjaú, se destaca por possuir o manancial que abastece os municípios de Jaboatão dos Guararapes e do Cabo de Santo Agostinho.

O uso e ocupação do solo da bacia do rio Pirapama é bastante diversificado. Sua maior parte é ocupada por atividades agrícolas, mas também se destaca a presença da classe urbana, sobretudo para uso residencial e industrial, e por vegetação densa, representada por Áreas de Preservação Ambiental. De acordo com Viana *et al.* (2018), a atividade industrial é um importante segmento produtivo da área, contando com diversas indústrias voltadas para variadas áreas, tais como: alimentos, bebidas, borracha, matéria plástica, mecânica, minerais não metálicos, químico, sucroalcooleira e têxtil.

Acerca da geomorfologia da região, a bacia se encontra em estruturas geológicas do cristalino e apresenta um relevo em que são predominantes morros de topos arredondados (VIANA *et al.*, 2018).

Segundo dados históricos de precipitação oriundos de dez postos pluviométricos monitorados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (duas estações) e pela APAC (oito estações), a bacia hidrográfica do rio Pirapama apresentou índices pluviométricos médios máximo e mínimo mensais respectivos a 277,09 mm e 28,65 mm (Figura 2) e média anual de 1.493,39 mm para um período de 42 anos, compreendido entre 1º de janeiro de 1981 e 31 de dezembro de 2022. Na região, a precipitação mensal máxima ocorre, geralmente, no mês de junho, podendo ser superada na ocorrência de eventos extremos.

Figura 2 – Índices pluviométricos médios mensais da bacia hidrográfica do rio Pirapama



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados extraídos da APAC (2023a) e do Hidroweb (2023).

A escolha da bacia hidrográfica do rio Pirapama como região de estudo se deu por apresentar características físico-naturais e formas de cobertura do solo específicas, bem como por ser responsável por abastecer parte da RMR. Essas razões tornam o conhecimento das suas características morfométricas e hidrológicas de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização morfométrica

Para a obtenção das características morfométricas da bacia do rio Pirapama, inicialmente, foi utilizado um Modelo Digital de Elevação (MDE), na representação *raster* (grade regular), de

resolução espacial de 30 metros que foi cedido pela APAC, o qual foi oriundo do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D). O PE3D foi executado pela Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do estado de Pernambuco (SRHE) a partir do mapeamento de todo o estado pernambucano realizado por meio de um perfilamento a laser aerotransportado dotado de sensor LiDAR, permitindo obter com rapidez e qualidade as informações relacionadas à altimetria do estado pernambucano (CIRILO *et al.* 2014).

O MDE adquirido foi tratado no *software* livre QGIS (versão 3.10.9), onde teve seus sistemas de coordenadas e geodésico reprojatados, respectivamente, para UTM (fuso 25S) e SIRGAS 2000. Após a reprojeção, foram excluídos os *pixels* espúrios com o uso da função *r.fill.dir*, tornando o arquivo em um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC).

Após o tratamento do MDE, com a utilização da função *r.watershed* foi possível produzir camadas, em formato matricial, com informações sobre as direções de fluxo e a declividade da região. A partir das mesmas e através da função *r.water.outlet*, foi realizada a delimitação automática da bacia. Entretanto, como as camadas das direções de fluxo e da delimitação da bacia foram geradas em formato matricial, foi necessário convertê-las, com auxílio da função *r.to.vect*, para arquivos no formato vetorial para que fosse possível extrair valores geométricos como área e perímetro da bacia e comprimento da rede hidrográfica.

A caracterização morfométrica da bacia do rio Pirapama foi realizada conforme modelos matemáticos que relacionam suas características geométricas, a rede de drenagem e o relevo. Tais modelos estão descritos no Quadro 01.

Quadro 1 – Parâmetros morfométricos e modelos matemáticos utilizados para determinação da caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapama.

Parâmetro	Modelo Matemático	Descrição
Características Geométricas		
Área da bacia (A)	Obtido pelo SIG (km ²)	Superfície total da bacia (SCHUMM, 1956)
Perímetro da bacia (P)	Obtido pelo SIG (km)	Comprimento do divisor topográfico (SCHUMM, 1956)
Comprimento axial da bacia (L _a)	Obtido pelo SIG (km)	Comprimento entre o exutório e o ponto mais longínquo da bacia (SCHUMM, 1956)
Largura média da bacia (L _m)	$L_m = \frac{A}{L_a}$	Razão entre a área e o comprimento axial da bacia (HORTON, 1945)
Coeficiente de compacidade (K _c)	$K_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	Relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (HORTON, 1945)

Fator de forma (Kf)	$K_f = \frac{A}{(L_a)^2}$	Razão entre a área e o quadrado do comprimento axial da bacia (HORTON, 1945)
Índice de circularidade (Ic)	$I_c = 12,57 \times \frac{A}{P^2}$	Relação entre a área e o perímetro da bacia. Tende a um, à medida que se aproxima da forma circular (MÜLLER, 1953)
Características Hidrográficas		
Comprimento do canal principal (L)	Obtido pelo SIG (km)	Comprimento entre a nascente e o exutório do rio principal (HORTON, 1932)
Comprimento do talvegue do canal principal (Ltal)	Obtido pelo SIG (km)	Distância, em linha reta, entre a nascente e o exutório do rio principal (HORTON, 1932)
Comprimento total da rede hidrográfica (Lt)	Obtido pelo SIG (km)	Somatório de todos os cursos d'água da bacia (HORTON, 1932)
Densidade de drenagem (Dd)	$D_d = \frac{L_t}{A}$ (km/km ²)	Correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (HORTON, 1932)
Sinuosidade (S)	$S = \frac{L}{L_{tal}}$	É definida pela relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue (SCHUMM, 1963)
Tempo de concentração (Tc)	$T_c = 85,2 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,358}$ (h)	Tempo que a água leva do ponto mais distante até o exutório da bacia (KIRPICH, 1940)
Ordem da bacia	Obtido pelo SIG	Classificação hierárquica da bacia (STRAHLER, 1957)
Características de Relevo		
Altitude máxima (Hmáx)	Obtido pelo SIG (m)	Cota altimétrica de maior valor de elevação
Altitude mínima (Hmín)	Obtido pelo SIG (m)	Cota altimétrica de menor valor de elevação
Amplitude altimétrica (ΔH)	$\Delta H = H_{máx} - H_{mín}$ (m)	Diferença entre as altitudes máxima e mínima da bacia (STRAHLER, 1957)
Declividade do rio principal	$S_1 = \frac{\Delta H}{L}$ (m/km)	Relação da amplitude altimétrica e do comprimento do rio principal (VILLELA E MATOS, 1975)
	$S_{10-85} = \frac{H_{85\%} - H_{10\%}}{0,75 \times L}$ (m/km)	
Índice de rugosidade (Ir)	$I_r = \Delta H \times D_d$	Relação entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem (MELTON, 1957)

Fonte: Adaptado de PESSOA NETO *et al.*, 2021.

Por fim, foi realizada uma classificação dos parâmetros morfométricos determinados, conforme relação descrita no Quadro 02.

Quadro 02 – Valores de referência para classificação dos parâmetros morfométricos.

Parâmetro	Intervalo	Unidade	Descrição
Características Geométricas			
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,00 - 1,25	-	Bacia com alta propensão à enchentes
	1,26 - 1,50		Bacia com tendência mediana à enchentes
	> 1,50		Bacia não sujeita à enchentes
Fator de forma (Kf)	< 0,50	-	Bacia não sujeita à enchentes

	0,50 - 0,75		Bacia com tendência mediana à enchentes
	0,76 - 1,00		Bacia sujeita à enchentes
Índice de circularidade (Ic)	< 0,50	-	A bacia possui forma alongada
	0,51 - 0,75		A bacia possui forma intermediária
	0,76 - 1,00		A bacia possui forma circular
Características Hidrográficas			
Densidade de drenagem (Dd)	< 0,50	km/km ²	Bacia com drenagem pobre
	0,50 - 1,50		Bacia com drenagem regular
	1,51 - 2,50		Bacia com drenagem boa
	2,51 - 3,50		Bacia com drenagem muito boa
	> 3,50		Bacia excepcionalmente bem drenada
Sinuosidade (S)	≅ 1,00	-	O rio principal tende a ser retilíneo
	> 2,00		O rio principal tende a ser tortuoso
Ordem da bacia	1	-	Improvável habitat de peixes
	2		Baixas condições para habitação
	3		Moderadas condições para habitação
	≥ 4		Elevadas condições para habitação
Características de Relevo			
Índice de rugosidade (Ir)	< 150,00	-	Fraca
	150,00 - 550,00		Média
	551,00 - 950,00		Forte
	> 950,00		Muito forte

Fonte: Adaptado de PESSOA NETO *et al.*, 2021.

3.2 Caracterização hidrológica

Para análise hidrológica, através do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb), foram obtidos dados diários de vazão provenientes do posto fluviométrico denominado “Pirapama”, situado no canal principal da bacia do rio Pirapama, cujos metadados são apresentados no Quadro 3. Essa estação foi escolhida por atender ao critério de não possuir lacunas na série de dados temporais, que considerou um período de 27 anos, compreendido entre janeiro de 1994 e dezembro de 2020.

Quadro 03 – Metadados do posto fluviométrico Pirapama

Código	39200000
Nome	Pirapama
Bacia	Rio Pirapama
Rio	Pirapama
Unidade da Federação	Pernambuco
Município	Cabo de Santo Agostinho
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	- 8,28°
Longitude	- 35,06°

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados extraídos do Hidroweb (2023).

A obtenção dos referidos dados possibilitou a determinação da Vazão específica (q), que representa a relação entre a vazão média de longo prazo e a área de contribuição do posto objeto do estudo. Conforme Domingues *et al.* (2020), esse parâmetro define a capacidade de escoamento superficial produzido pela bacia e pode ser calculado por meio da Equação 1.

$$q = \frac{\overline{Q_{LD}}}{A} \quad (\text{Equação 01})$$

Em que q é a vazão específica, em $\text{m}^3/\text{s}.\text{km}^2$, Q_{LD} é a vazão média de longa duração, em m^3/s , e A é a área da bacia, em km^2 . Conforme Domingues *et al.* (2020), a vazão média de longa duração é determinada a partir da média aritmética de todas as vazões diárias da série histórica.

Também, por meio desses dados, foi possível definir a vazão denominada $Q_{90\%}$, que representa uma vazão associada a uma permanência de 90% do tempo (GASQUES *et al.*, 2018). A mesma foi obtida através da curva de permanência, que representa o resultado da plotagem da série de vazões, em ordem decrescente, em função de sua frequência acumulada. O motivo foi decidido definir a $Q_{90\%}$ se deu por ela ser utilizada como referência para o estado de Pernambuco para critérios de outorga para derivações e captação de águas superficiais (APAC, 2023b).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização morfométrica

4.1.1 Características geométricas

Os parâmetros relativos à caracterização geométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapama estão dispostos na Tabela 1. Por meio do SIG, foram definidos a área, o perímetro e o comprimento

axial da bacia, respectivos a 606,30 km², 250,16 km e 47,38 km. Esses resultados, quando relacionados, determinam o formato da bacia, isto é, se é mais alongada ou circular.

Tabela 1 – Características geométricas da bacia hidrográfica do rio Pirapama.

Característica geométrica	Valor
Área da bacia (A)	606,30 km ²
Perímetro da bacia (P)	250,16 km
Comprimento axial da bacia (La)	47,38 km
Largura média da bacia (Lm)	12,80 km
Coefficiente de compacidade (Kc)	2,84
Fator de forma (Kf)	0,27
Índice de circularidade (Ic)	0,12

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A partir do valor do Kc, correspondente a 2,84, constatou-se que a bacia hidrográfica do rio Pirapama, em condições médias de precipitação, apresenta baixa suscetibilidade a enchentes. Lopes *et al.* (2018) fundamentam essa característica pelo fato de o Kc possuir o valor afastado do unitário. Acerca do Kf, o resultado equivalente a 0,27 atesta que a bacia possui um formato alongado. Comprovando essa caracterização, o Ic igual a 0,12 comprova que a bacia possui formato bastante alongado, uma vez que configura um valor menor que 0,50.

Martins *et al.* (2020) encontraram resultados similares ao deste trabalho para a bacia do rio Monapo, em Moçambique, sendo o Kc igual a 1,97, o Kf, 0,21 e o Ic, 0,25, indicando o formato alongado da bacia e predominância dos processos de escoamento. Entretanto, para a bacia do rio Zambeze, também em Moçambique, Wairosse *et al.* (2022) constataram que a mesma possui o formato ovalado e tendência mediana à enchentes, uma vez que seus Kc, Kf e Ic apresentaram valores respectivos a 1,44, 0,54 e 0,48.

Em estudos realizados para bacias pernambucanas, Esteves *et al.* (2023) encontraram para a bacia do riacho Camaçari, cujo canal principal configura um dos afluentes do rio Pirapama, os valores do Kc, Kf e Ic iguais a 2,50, 0,22 e 0,16, respectivamente. A partir desses resultados, os autores concluíram que a bacia não está sujeita a enchentes e grandes cheias. Soares e Galvíncio (2020), ao analisarem as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Beberibe, localizada na RMR, verificaram que a mesma apresenta formato alongado, uma vez que seus Kc, Kf e Ic correspondem, respectivamente, a 1,86, 0,18 e 0,28.

4.1.2 Características hidrográficas

Os parâmetros morfométricos referentes à caracterização hidrográfica podem ser conferidos na Tabela 2. Os valores relativos aos comprimentos do rio principal, do talvegue do rio principal e da rede hidrográfica da bacia do rio Pirapama foram de 83,27 km, 46,56 km e 555,42 km, respectivamente. Esses valores contribuem na influência direta na densidade de drenagem da bacia, se é bem ou mal drenada, e sinuosidade do rio principal, se tende a ser retilíneo ou sinuoso.

Tabela 2 – Características hidrográficas da bacia hidrográfica do rio Pirapama.

Característica hidrográfica	Valor
Comprimento do canal principal (L)	83,27 km
Comprimento do talvegue do canal principal (Ltal)	46,56 km
Comprimento total da rede hidrográfica (Lt)	555,42 km
Densidade de drenagem (Dd)	0,92 km/km ²
Sinuosidade (S)	1,79
Tempo de concentração (Tc)	20,83 h
Ordem da bacia	5 ^a

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Conforme Souza et al. (2021), a Dd infere se a bacia apresenta uma drenagem pobre ou excepcional. Para a bacia do rio Pirapama, o valor de 0,92 km/km² para a Dd indica que sua drenagem é regular. A respeito do parâmetro “S” para o rio principal, o resultado de 1,79 mostra que o canal tende a ser divagante, uma vez que esse é um valor intermediário a 1,00 e 2,00.

Para a caracterização hidrográfica da microbacia do açude Grande, no Rio Grande do Norte, Lopes *et al.* (2022) obtiveram valores de 0,04 km/km² para a Dd, indicando que a bacia apresenta uma drenagem baixa ou pobre, e 0,12 para a sinuosidade do rio principal, demonstrando que o canal constitui um padrão retilíneo. Já para a bacia do açude Cachoeira II, em Pernambuco, Santos *et al.* (2021) encontraram para a Dd e para a sinuosidade do rio principal valores respectivos a 0,76 km/km² e 1,36, constatando que a bacia possui uma drenagem regular e canal principal divagante.

Como pode ser verificado na Figura 3, a bacia do rio Pirapama é de quinta ordem, segundo classificação designada por Strahler (1957). Essa hierarquia fluvial define um sistema de drenagem com boa ramificação e considerável quantidade de afluentes de primeira ordem, proporcionando boas condições para habitação de peixes. Acerca do Tc, foi encontrado o valor de 20,83 horas, isto é, a bacia leva pouco menos de um dia para que toda água precipitada chegue ao exutório.

Conforme Mamédio *et al.* (2018), esse parâmetro é fundamental para análises hidrológicas, como a determinação de vazões máximas de bacias hidrográficas.

Figura 3 – Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do rio Pirapama



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.1.3 Características do relevo

A Tabela 3 apresenta as características do relevo da bacia do rio Pirapama. As altitudes máxima e mínima da bacia são de 537,28 m e 0,00 m, respectivamente, resultando numa amplitude altimétrica equivalente à altitude máxima.

Tabela 3 – Características do relevo da bacia hidrográfica do rio Pirapama.

Característica geométrica	Valor
Altitude máxima (Hmax)	537,28 m
Altitude mínima (Hmin)	0,00 m
Amplitude altimétrica (ΔH)	537,28 m
Declividade do rio principal (S_1)	6,45 m/km

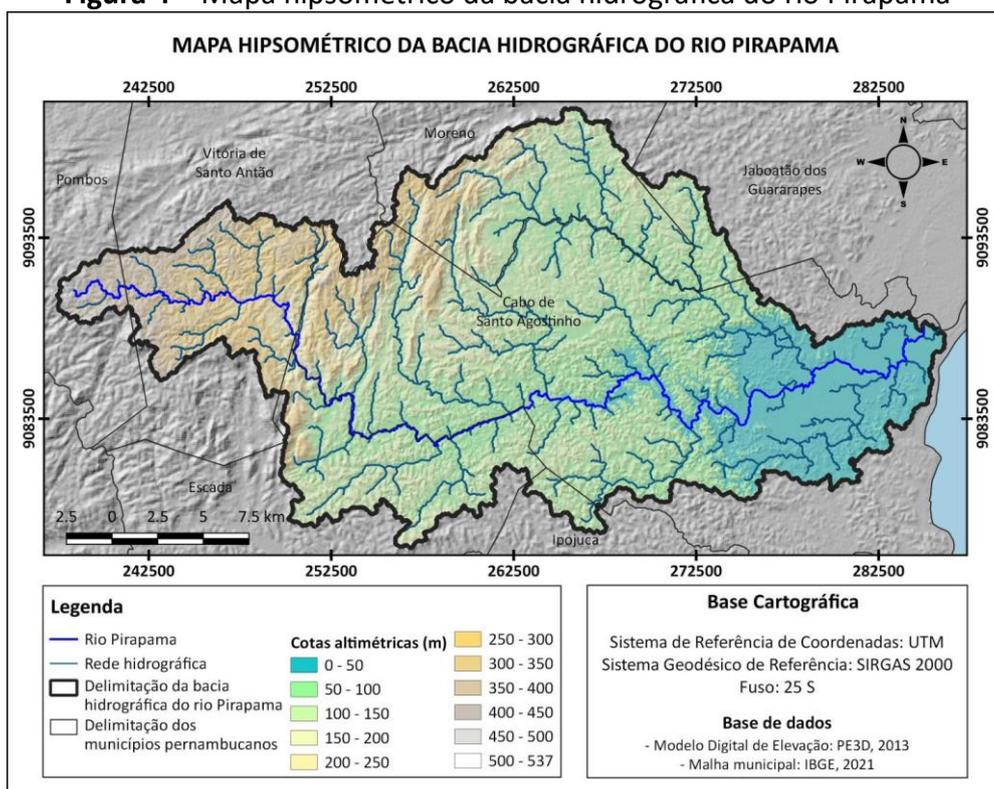
Declividade do rio principal (S_{10-85})	3,76 m/km
Índice de rugosidade (IR)	492,19

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Outra característica significativa ao relevo da bacia é o Índice de rugosidade que, segundo Silva *et al.* (2018), relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com o potencial erosivo, ou seja, quanto maior o valor do Ir, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas. Para a bacia do Pirapama, o Ir encontrado foi de 492,19, indicando médio risco de degradação.

O mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Pirapama pode ser verificado através da Figura 4, o qual foi elaborado a partir do MDE da região. Segundo Lopes *et al.* (2018), o mapa hipsométrico de uma bacia hidrográfica relaciona o MDE e a representação da rede de fluxo, possibilitando determinar as conectividades à montante e à jusante dos cursos d'água.

Figura 4 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Pirapama



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Os valores de declividade do rio principal foram de 6,45 m/km (S_1) e 3,76 m/km (S_{10-85}), sendo considerada como suavemente ondulada e favorecendo a proteção da rede de drenagem. A

divergência entre os valores das declividades pode ser justificada pela cota altimétrica da nascente do rio Pirapama ser de 355,01 m, enquanto que à 85,00 % do comprimento deste canal ser de 235,09 m, como mostra seu perfil longitudinal (Figura 5). Melo *et al.* (2020) encontraram para o rio Real, na Bahia, valores de declividades equivalentes a 2,68 m/km (S_1) e 1,47 m/km (S_{10-85}), sendo classificadas como baixas. De acordo com Souza *et al.* (2021), a declividade do rio principal está diretamente relacionada à velocidade do escoamento da água.

Também, por meio do perfil longitudinal, é possível constatar a acumulação de água que é represada pela barragem Pirapama, representada pelo segmento constante compreendido pelas extensões 45,60 km e 58,00 km à jusante da nascente do rio principal.

Figura 5 – Perfil longitudinal do rio Pirapama



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de MDE oriundo do PE3D (2013).

4.2 Caracterização hidrológica

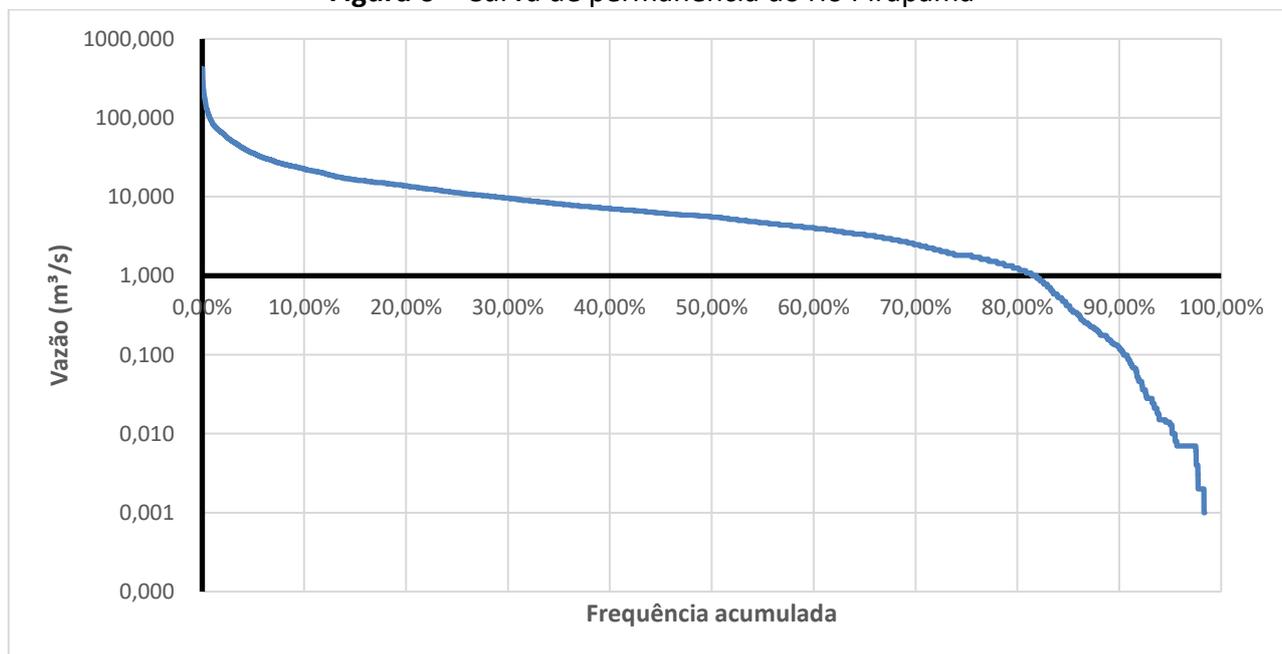
Na análise hidrológica da bacia hidrográfica do rio Pirapama foram utilizados dados históricos da estação fluviométrica Pirapama por ser a mais próxima do exutório a apresentar dados de vazões. A bacia de contribuição do rio Pirapama apresentou como resultado para as vazões específica e média de longa duração, respectivamente, 0,028 m³/s.km² e 10,33 m³/s. De acordo com Domingues *et al.* (2020), determinar os valores dessas vazões possibilita o conhecimento da disponibilidade de água em uma bacia hidrográfica e, conseqüentemente, planejar seus múltiplos

usos, tais como: controle de enchentes, obras hidráulicas, irrigação, abastecimento urbano, dentre outros.

Outro aspecto relevante a ser considerado é a análise da vazão com 90% de permanência ($Q_{90\%}$), que é utilizada como referência no estado pernambucano para concessão de outorga para derivações e captação de águas superficiais. Essa vazão de referência foi obtida para o rio Pirapama por meio da curva de permanência, como apresenta a Figura 6. Para Pereira *et al.* (2020), o conhecimento das vazões de permanência de um curso d'água é bastante relevante para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

A partir da curva de permanência para o rio Pirapama, foi verificado que a vazão de referência com 90% de permanência ($Q_{90\%}$) foi de $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$. Isso significa que em 90% do período de um ano, ou seja, aproximadamente 329 dias, o rio Pirapama apresentará valores de vazões iguais ou superiores a $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$. Também foi constatado que os valores das vazões máxima e mínima foram de, respectivamente, $422,76 \text{ m}^3/\text{s}$ e zero.

Figura 6 – Curva de permanência do rio Pirapama



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados extraídos do Hidroweb (2023).

Analisando os valores máximos e mínimos de vazão para o rio Pirapama, apresentados na curva de permanência, salienta-se que os dias em que as vazões mais elevadas são verificadas (vazões transcorridas em até 5% da probabilidade de ocorrência) são agrupados, geralmente,

durante os meses de maio a agosto, ao passo que as vazões mínimas ocorrem com maior frequência durante os meses compreendidos entre novembro e fevereiro. De acordo com Sousa *et al.* (2022), estas variações estão associadas diretamente ao regime pluviométrico da região, ou seja, em períodos chuvosos, o escoamento superficial é considerável; já nos períodos de estiagem, a vazão dos rios é, em grande parte, controlada pelo fluxo de base.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica do rio Pirapama, em Pernambuco, revelou sua baixa propensão à enchentes, em condições normais de precipitação, devido ao seu formato alongado. Além disso, foi possível verificar que sua rede hidrográfica apresenta cinco ordens e drenagem regular e que seu rio principal possui declividade considerada como suavemente ondulada, favorecendo a proteção da rede de drenagem.

A obtenção das características morfométricas e hidrológicas da bacia hidrográfica do rio Pirapama foi realizada de modo satisfatório e a metodologia empregada demonstrou praticidade e eficiência quanto à precisão na determinação dos resultados e se mostrou uma ferramenta viável tanto em termos de economia de tempo quanto de recursos financeiros.

Os resultados apresentados neste estudo são capazes de facilitar o entendimento da relação entre as propriedades físicas e dinâmicas da bacia, permitindo a realização do monitoramento dos seus processos hidrológicos de forma consistente, contribuindo na gestão e planejamento dos recursos hídricos da região.

REFERÊNCIAS

ABDETA, G. C.; TESEMMA, A. B.; TURA, A. L.; ATLABACHEW, G. H. Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia. **Applied Water Science**, [S.L.], v. 10, n. 7, p. 158, 2020.

ALMEIDA, J. B. G.; FONSECA, J. M. A.; COSTA, L. V. S.; JUVENAL, L. H. S.; CORDEIRO, J.; SANTIAGO, G. L. A. Uso de técnicas de sensoriamento remoto para a análise morfométrica da sub-bacia do Ribeirão do Peixe, Itabira-MG. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 5, p. e5211527770, 2022.

ALVES, A. T. A.; BARROS, V. H. O. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho das Garças, Pernambuco, Brasil. **Revista Semiárido de Visu**, Petrolina, v. 9, n. 2, p. 131 - 142, 2021.

ALVES, W. S.; MARTINS, A. P.; MORAIS, W. A.; PÔSSA, E. M.; MOURA, D. M. B.; SANTOS, L. N. S.; FERREIRA, R. S.; NUNES, N. C.; PEREIRA, M. A. B.; MOREIRA, E. P. Morfometria da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, sudoeste de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 7, p. 3636 - 3658, 2020.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2022. **Bacias Hidrográficas - GL-2**. Disponível em <http://200.238.107.184/bacias-hidrograficas/40-bacias-hidrograficas/223-gl-2>. Acesso em 9 ago 2022.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2023a. **Histórico de Chuvas**. Disponível em <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acesso em 15 jan 2023.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2023b. **Outorga**. Disponível em <https://www.apac.pe.gov.br/outorga>. Acesso em 1 fev 2023.

ARABAMERI, A.; TIEFENBACHER, J. P.; BLASCHKE, T.; PRADHAN, B.; BUI, D. T. Morphometric Analysis for Soil Erosion Susceptibility Mapping Using Novel GIS-Based Ensemble Model. **Remote Sensing**, [S.L.], v. 12, n. 5, p. 874, 2020.

BARBOSA, V. V.; COSTA, L. R. F. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego João Moreira, São João da Ponte – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 5, p. 2966 - 2974, 2021.

BORGES, E. F.; MESQUITA, M.; MORÃES, D. H. M.; CASAROLI, D.; ALVES JUNIOR, J.; OLIVEIRA, H. F. E.; FLORES, R. A.; MORÃES, V. H. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Grande, oeste da Bahia-BA. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 31863 - 31875, 2020.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos e cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. Disponível em <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9433&ano=1997&ato=a12ATVU90MJpWTbaf>. Acesso em 27 jul 2022.

CHANDRA, V.; GIDDE, M. R. Morphometric Analysis of Baltira Watershed using QGIS platform. **International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 387 - 391, 2019.

CHENG, Y.; OGDEN, F. L.; ZHU, J. Characterization of sudden and sustained base flow jump hydrologic behaviour in the humid seasonal tropics of the Panama Canal Watershed. **Hydrological Processes**, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 569 - 582, 2019.

CIRILO, J. A.; ALVES, F. H. B.; SILVA, L. A. C.; CAMPOS, J. H. A. L. Suporte de informações georreferenciadas de alta resolução para implantação de infraestrutura e planejamento territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 4, p. 755-763, 2014.

COLOMBO, D. H.; COVIZZI, F.; VANZELA, L. S. Análise morfométrica e disponibilidade de água na bacia hidrográfica do ribeirão Reserva no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 1, p. 2249 - 2259, 2018.

COSTA, A. A. D.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara, Mato Grosso - Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v. 35, n. 74, p. 483 - 500, 2020.

CUNHA, E. R.; BACANI, V. M. Influência da resolução do MDE na caracterização morfométrica de bacia hidrográfica. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 29, n. 59, p. 1029 - 1043, 2019.

DIAS, A. A.; AQUINO, C. M. S.; SANTOS, F. A. Caracterização ambiental e análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Itaueira, Piauí, Brasil. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 11, p. 265 - 276, 2020.

DIAS, N. O.; MACHADO, V. S.; MARCATO JUNIOR, J.; OSCO, L. P.; RAMOS, A. P. M. Análise morfométrica de bacia hidrográfica utilizando dados de diferentes Modelos Digitais de Superfície. **Colloquium Exactarum**, Presidente Prudente, v. 11, n. 4, p. 23 - 35, 2019.

DOMINGUES, G. F.; BARBOSA, R. A. B.; CORRÊA, C. C. S. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVEIRA, L. J.; DIAS, H. C. T. Caracterização morfométrica e comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do rio Pardo. **Revista Ifes Ciência**, Vitória, v. 6, n. 2, p. 3-16, 2020.

ENGLAND, N.; JAMES, A. L.; CHUTKO, K. J.; PYRCE, R. S.; YAO, H. Hydrologic and water isotope characterization of a regulated Canadian Shield river basin. **Hydrological Processes**, [S.L.], v. 33, n. 6, p. 905 - 919, 2019.

ESTEVES, L. V.; ESTEVES, A. M. S. L.; MOURA, T. C. C.; OLIVEIRA, C. S.; ALVES, E. M.; PAZ, D. H. F. Caracterização morfométrica da sub-bacia do Riacho Camaçari, Pernambuco, com uso do software QGIS e complementos de processamento GRASS e GDAL. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 703-714, 2023.

FARIA, M. M.; ARAÚJO, W. F.; GONÇALVES, R.; WANKLER, F. L.; EVANGELISTA, R. A. DE O.; SANDER, C. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé Carrapato, Boa Vista, Roraima. **Revista Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 19, n. 2, p. 9 - 22, 2017.

FARIAS, E. S.; SILVA, G. M. F.; SILVA, J. B. L.; SILVA, D. P.; PIRES, L. C. Caracterização hidrológica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu. **Scientia Plena**, [S.L.], v. 16, n. 8, p. 081701, 2020.

FIGLIARETTI, C. H. U. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pardinho, estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Geomática**, Apucarana, v. 9, n. 3, p. 235 - 250, 2021.

GASQUES, A. C. F.; NEVES, G. L.; SANTOS, J. D.; MAUAD, F. F.; OKAWA, C. M. P. Regionalização de vazões mínimas: breve revisão teórica. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 14, n. 2, p. 60-70, 2018.

GURUNG, P.; DHUNGANA, S.; KYAW, A. K.; BHARATI, L. Hydrologic characterization of the Upper Ayeyarwaddy River Basin and the impact of climate change. **Journal of Water and Climate Change**, [S.L.], v. 13, n. 7, p. 2577 - 2596, 2022.

HIDROWEB. Rede Hidrometeorológica Nacional, 2023. **Séries Históricas de Estações**. Disponível em <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em 15 jan 2023.

LOPES, I.; RAMOS, C. M. C.; LEAL, B. G. Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica no semiárido de Pernambuco através de dados SRTM em softwares livre. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v. 8, n. 1, p. 31-40, 2018.

LOPES, J. R. A.; BEZERRA, J. M.; ALMEIDA, N. M. D. P.; COSTA, H. C. G.; FERNANDES, G. S. T.; GONÇALVES, G. L.; MENDONÇA, S. S. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. E. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Açude Grande no semiárido do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 15, n. 1, p. 429-442, 2022.

MAMÉDIO, F.; CASTRO, N.; CORSEUIL, C. Tempo de concentração para bacias rurais monitoradas na região do Planalto Basáltico no sul do Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 4, 2018.

MARINHO, D. S.; VENDRUSCOLO, J.; VASCONCELOS, T. B.; CAVALHEIRO, W. C. S.; STACHIW, R. Caracterização morfométrica da Sub-bacia do rio Ribeirão, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 14, n. 2, p. e7225, 2021.

MARTINS, A. P.; BATISTA, D. F.; CABRAL, J. B. P. Análise fisiográfica da bacia do rio Monapo – província de Nampula – Moçambique. **Geographia**, Niterói, v. 23, n. 50, 2021.

MELO, D. O. S.; SANTOS, L. S.; BARBOSA, A. G.; MENDES, L. A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 7, p. 3553-3570, 2020.

MORETTO, B.; GENTILI, J. O.; CAMPO, A. M. Análisis morfométrico multiescalar en la cuenca alta del arroyo Sauce Corto (Buenos Aires, Argentina). **Revista Huellas**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 149 - 167, 2019.

MOURA, D. M. B.; OLIVEIRA, R. M.; OLIVEIRA, I. J.; NASCIMENTO, D. T. F.; ALVES, W. S. O uso de geotecnologias na análise morfométrica da alta bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, no município de Iporá-Goiás, Brasil. **Geofocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica**, [S.L.], n. 21, p. 19 - 38, 2018.

PARENTE, Y. Y.; MENDES, A. C.; MIRANDA, A. G. O.; DOURADO JÚNIOR, O. C. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Curuçá (Pará) e demarcação de nascentes fluviais como subsídio à gestão. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v. 10, n. 3, p. 138 - 152, 2020.

PEREIRA, B. R. L.; ANDRADE, A. A.; FERREIRA FILHO, D. F.; PESSOA, F. C. L.; FERNANDES, L. L. Análise morfométrica, hidrológica e pluviométrica da bacia do rio Piriá - PA. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v. 10, n. 1, p. 45 - 54, 2020.

PE3D - Projeto Pernambuco Tridimensional. **Mapeamento do Território Pernambucano**. 2013. Disponível em <http://www.pe3d.pe.gov.br/mapa.php>. Acesso em 17 set 2022.

PESSOA NETO, A. G.; SOARES, A. E. P.; SILVA, S. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco, utilizando Modelos Digitais de Elevação provenientes de sensor LiDAR. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v. 11, n. 4, p. 242 - 253, 2021.

RIBEIRO, K. V.; MAGALHÃES, V. R.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Bacia hidrográfica do rio Mulato, estado do Piauí: A importância da análise morfométrica no planejamento. **International Journal Semiarid**, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 61 - 72, 2020.

ROSSETE, A.; PESAMOSCA, C.; ARAÚJO, A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Darro, Querência – Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 18, n. 38, p. 171 - 185, 2021.

SANTOS, A. G. B.; BEZERRA, A. C.; NASCIMENTO, A. H. C.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, J. L. B.; MOURA, G. B. A. Caracterização morfométrica e uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica do semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 2, p. 1036-1043, 2021.

SERVIDONI, L. E.; AYER, J. E. B.; ESTELLA, P. V. M.; OLIVEIRA, G. H.; MINCATO, R. L. Atributos morfométricos e hidrológicos da bacia hidrográfica do Alto Sapucaí, Minas Gerais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. e169817, 2021.

SILVA, A. F.; FARIAS, C. W. L. A. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Mundaú utilizando o modelo SWAT. **Revista Semiárido de Visu**, Petrolina, v. 9, n. 2, p. 76 - 86, 2021.

SILVA, J. S. A.; RODRIGUES, R. S. S.; BITTENCOURT, G. M. Aplicação de diferentes MDE's para extração de variáveis morfométricas de uma bacia hidrográfica. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v. 10, n. 1, p. 10 - 19, 2020.

SILVA, T. B. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Salgado, Bahia, Brasil. **Revista Sertão Sustentável**, Xique-Xique, v. 1, n. 1, p. 76 - 82, 2019.

SOARES, G. A. S.; GALVÍNIO, J. D. Uso do LiDAR para avaliar os padrões hídricos de bacias em áreas urbanas: caracterização fisiográfica da bacia do rio Beberibe, PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 7, p. 3659-3674, 2020.

SOUSA, E. S.; SANTOS, V. C.; COSTA, C. E. A. S. Influência de fenômenos climáticos sobre o regime de vazões na bacia hidrográfica do Rio Tapajós. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 22, n. 1, p. 18-30, 2022.

SOUZA, E. G. F.; NASCIMENTO, A. H. C.; CRUZ, E. A.; PEREIRA, D. F.; SILVA, R. S.; SILVA, T. P.; FREIRE, W. A. Delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 3, p. 1530 - 1540, 2021.

SOUZA, T. C.; LIMA, R. M.; BITENCOURT, W. C. Análise morfométrica da bacia hidrográfica da barragem do rio Coco (TO). **Geoambiente On-Line**, Goiânia, n. 37, p. 73 - 87, 2020.

TOME HERNÁNDEZ, G.; VILLARREAL MANZO, L. A. Caracterización morfométrica de la cuenca del río Huitzilac, Puebla, México. **Boletín Geográfico**, [S.L.], v. 44, n. 1, p. 41 - 58, 2022.

VALE, J. R. B.; BORDALO, C. A. L. Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Apeú, Amazônia Oriental. **Formação (Online)**, Presidente Prudente, v. 27, n. 51, p. 313 - 335, 2020.

VENKATESH, M.; ANSHUMALI. A GIS-based assessment of recent changes in drainage and morphometry of Betwa River basin and sub-basins, Central India. **Applied Water Science**, [S.L.], v. 9, n. 7, p. 157, 2019.

VIANA, J. F. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, B. B.; SILVA, R. M.; SOUSA, W. S. Modelagem Hidrológica da bacia hidrográfica do rio Pirapama – PE utilizando o modelo SWAT. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 3, n. 1, p. 155 - 172, 2018.

WAIROSSE, M. W., VICTOR, B. V.; VICTOR, R. B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Zambeze: uma contribuição na identificação do grau de susceptibilidade à inundações no Município de Tete. **Boletim GeoÁfrica**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, p. 105-121, 2022.

*Artigo recebido em: 01/02/2023.
Aceito para publicação em: 24/06/2023.*