CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DAS PIABAS NO BIOMA CAATINGA UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS SIG

Áurea Kelly Jordão Borges de Araújo [1]; Sonaly Rodrigues Felix [2]; José Matheus da Silva Miranda [3]; Joab Kleber Lucena Machado [4]; Dayse Luna Barbosa [5]; Mônica de Amorim Coura [6]; Ándrea Carla Lima Rodrigues [7]& Maycon Breno Macena da Silva[8]

RESUMO – A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas constitui uma importante ferramenta para o entendimento da dinâmica hidrológica em regiões semiáridas, especialmente no bioma Caatinga, onde a irregularidade das precipitações influencia diretamente os processos de escoamento superficial. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar a discretização e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Piabas, localizada no município de Campina Grande, utilizando técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG. A delimitação da bacia foi realizada no software QGIS versão 3.44.9, utilizando um Modelo Digital de Elevação (MDE) do ANADEM obtido por meio do plugin LFTools. Foram aplicadas ferramentas do módulo GRASS GIS, como r.fill.dir, r.watershed e r.water.outlet, para geração da rede de drenagem e delimitação automática da bacia. Os resultados indicaram que a bacia possui área de 2,95 km², formato alongado e densidade de drenagem moderada, características que influenciam o comportamento hidrológico local. O estudo evidencia a eficiência das geotecnologias na análise hidrológica de bacias inseridas no semiárido nordestino, contribuindo para o manejo sustentável da água e do solo na Caatinga.

ABSTRACT– Morphometric characterization of watersheds is an important tool for understanding hydrological dynamics in semiarid regions, especially in the Caatinga biome, where rainfall irregularity directly influences surface runoff processes. In this context, the present study aimed to perform the discretization and morphometric characterization of the Piabas watershed, located in Campina Grande, using geoprocessing techniques in a GIS environment. The watershed delineation was carried out using QGIS version 3.44.9, based on a Digital Elevation Model (DEM) from ANADEM obtained through the LFTools plugin. Tools from the GRASS GIS module, such as

[1]) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Rua Aprígio Veloso 882, Bairro Universitário, Campina Grande/PB, 58429-900, Tel (83) 2101-1000, engaureajborges@gmail.com
[2]) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Rua Aprígio Veloso 882, Bairro Universitário, Campina Grande/PB, 58429-900, Tel (83) 2101-1000, felix.sonaly6@gmail.com
[3]) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Rua Aprígio Veloso 882, Bairro Universitário, Campina Grande/PB, 58429-900, Tel (83) 2101-1000, matheus45sm@gmail.com
[4]) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Rua Aprígio Veloso 882, Bairro Universitário, Campina Grande/PB, 58429-900, Tel (83) 2101-1000, joabmachado@gmail.com
[5]) Professora Titular da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil (UAEC), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Rua Aprígio Veloso 882, Bairro Universitário, Campina Grande/PB, 58429-900, Tel (83) 2101-1000, dayseluna@yahoo.com.br
[6]) Professora Titular da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil (UAEC), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Rua Aprígio Veloso 882, Bairro Universitário, Campina Grande/PB, 58429-900, Tel (83) 2101-1000, macoura1@yahoo.com.br
[7]) Professora Titular da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil (UAEC), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Rua Aprígio Veloso 882, Bairro Universitário, Campina Grande/PB, 58429-900, Tel (83) 2101-1000, andreaufcg@gmail.com
[8]) Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), BR-110, s/n, Alto da Tubiba, Patos/PB, 58700-000, Tel (83) 3423-9676, breno.macena@ifpb.edu.br

r.fill.dir, r.watershed, and r.water.outlet, were applied to generate the drainage network and automatically delineate the watershed. The results indicated that the watershed has an area of 2.95 km², an elongated shape, and moderate drainage density, characteristics that directly influence local hydrological behavior. The study demonstrates the efficiency of geotechnologies in the hydrological analysis of watersheds located in the Brazilian semiarid region, contributing to sustainable water and soil management in the Caatinga biome.

Palavras-Chave – Morfometria de bacias hidrográficas; Geoprocessamento; Semiárido brasileiro.

INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga constitui um dos mais importantes ecossistemas do semiárido brasileiro, ocupando aproximadamente 862.818 km², o que corresponde a cerca de 10,1% do território nacional (IBGE, 2019). Exclusivo do Brasil, esse bioma apresenta elevada diversidade ambiental e adaptações naturais específicas às condições climáticas, marcadas por longos períodos de estiagem, altas temperaturas e elevada irregularidade espacial e temporal das precipitações (MACHADO et al., 2026). Além disso, a elevada variabilidade pluviométrica característica do semiárido nordestino influencia diretamente os processos hidrológicos, a disponibilidade hídrica e a dinâmica da cobertura vegetal, tornando necessária a realização de estudos voltados ao monitoramento e à compreensão das bacias hidrográficas inseridas nesse ambiente (SILVA et al., 2020).

Nas últimas décadas, as alterações climáticas associadas ao avanço das atividades antrópicas têm intensificado os processos de degradação ambiental na Caatinga, aumentando a vulnerabilidade dos ecossistemas e modificando a dinâmica natural dos recursos hídricos (SILVA et al., 2020). Estudos recentes demonstram que mudanças no uso e na cobertura da terra, associadas à expansão urbana, à supressão da vegetação nativa e à degradação do solo, têm provocado alterações significativas nos processos hidrológicos, afetando a infiltração, o escoamento superficial, a produção de sedimentos e a recarga hídrica em bacias hidrográficas semiáridas (DE; SILVA, 2025; GAROFOLO; RODRIGUEZ, 2022). Em áreas urbanas do semiárido, a impermeabilização do solo e a ocupação desordenada contribuem para o aumento do escoamento superficial e da suscetibilidade a alagamentos, reforçando a necessidade de estudos hidrológicos aplicados ao planejamento territorial.

Nesse contexto, a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas constitui uma importante ferramenta para a compreensão da dinâmica hidrológica, permitindo analisar aspectos relacionados à forma da bacia, à rede de drenagem, ao relevo e ao potencial de resposta a eventos pluviométricos. Os parâmetros morfométricos permitem avaliar tendências associadas à concentração do escoamento superficial, à suscetibilidade a enchentes, à erosão e ao transporte de sedimentos, fornecendo subsídios para o planejamento ambiental e a gestão sustentável dos recursos hídricos. Em regiões semiáridas, essas análises tornam-se ainda mais relevantes devido à elevada vulnerabilidade

hídrica e ambiental das bacias hidrográficas (ROCHA; SANTOS, 2025). Apesar do avanço das geotecnologias aplicadas à hidrologia, ainda são escassos estudos voltados à caracterização morfométrica de pequenas bacias urbanas inseridas no bioma Caatinga.

O avanço das geotecnologias e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem contribuído significativamente para a automatização dos processos de delimitação de bacias hidrográficas e de extração de variáveis fisiográficas, tornando as análises mais rápidas, precisas e eficientes. Ferramentas integradas a ambientes SIG, associadas ao uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE), permitem representar detalhadamente a dinâmica do relevo e da drenagem superficial, favorecendo estudos hidrológicos em diferentes escalas espaciais. Além disso, técnicas de sensoriamento remoto e de modelagem hidrológica vêm sendo amplamente empregadas para monitorar alterações ambientais e hidrológicas no bioma Caatinga, contribuindo para estratégias de conservação e de manejo sustentável dos recursos naturais (RAVELLYS et al., 2021; SILVA et al., 2020).

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Piabas, localizada no município de Campina Grande-PB, por meio de técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG. A pesquisa busca contribuir para a compreensão do comportamento hidrológico de pequenas bacias urbanas inseridas no bioma Caatinga, fornecendo informações relevantes para ações de manejo da água e do solo no semiárido nordestino.

METODOLOGIA

A área de estudo é a bacia hidrográfica do Riacho das Piabas e apresenta grande relevância para investigações hidrológicas, uma vez que reúne características típicas de pequenas bacias urbanas do semiárido brasileiro, nas quais a interação entre fatores naturais e transformações antrópicas influencia diretamente a dinâmica dos recursos hídricos. Nesse contexto, a caracterização morfométrica constitui uma etapa fundamental para compreender a organização da rede de drenagem, a configuração do relevo e os condicionantes físicos que controlam a resposta hidrológica da bacia diante dos eventos pluviométricos.

A delimitação da bacia hidrográfica e a extração dos parâmetros morfométricos foram realizadas no ambiente do Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software QGIS, versão 3.44.9. As ferramentas de geoprocessamento empregadas possibilitaram a obtenção automática da rede de drenagem, da área de contribuição, do divisor de águas e das demais variáveis morfométricas necessárias às análises. A integração dessas informações em um ambiente SIG proporcionou maior precisão na delimitação da bacia e maior confiabilidade nos resultados obtidos, constituindo uma base consistente para as análises hidrológicas desenvolvidas neste estudo. A Figura

01 apresenta a localização da bacia hidrográfica do riacho Piabas e sua delimitação espacial, evidenciando a área considerada para a obtenção dos parâmetros morfométricos.

Figura 01 – Área de estudo

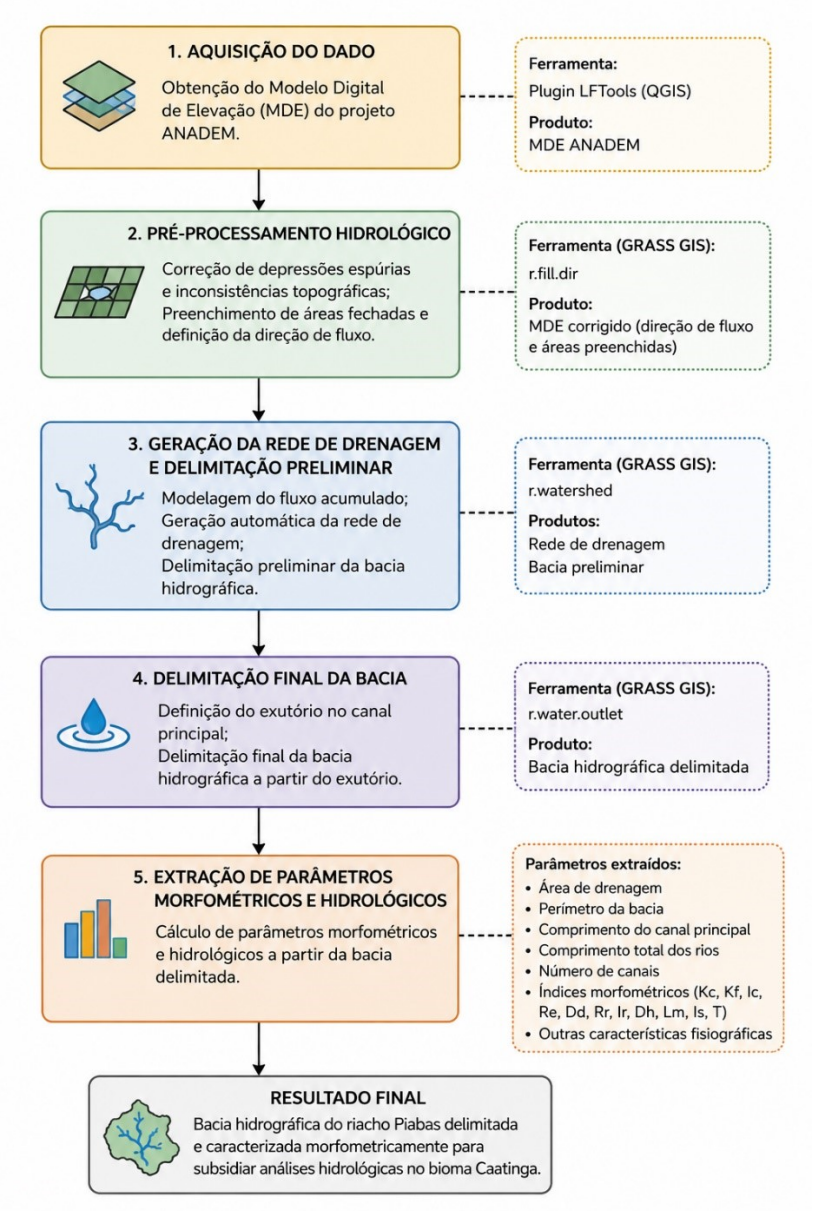


Fonte: Autores (2026)

Para a execução das etapas metodológicas, utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente do projeto ANADEM, obtido por meio do plugin LFTools. O MDE ANADEM apresenta resolução de 30 x 30 m, elevada consistência hidrológica e adequação para estudos geomorfológicos e hidrológicos em regiões brasileiras, sendo amplamente utilizado em aplicações de modelagem hidrológica e na delimitação automática de bacias hidrográficas (LAIPELT et al., 2024; TOLEDO SALGADO et al., 2026). As análises espaciais foram realizadas no sistema de coordenadas SIRGAS 2000/UTM zona 25S.

O processamento hidrológico foi realizado com ferramentas do módulo GRASS GIS integradas ao QGIS. Inicialmente, aplicou-se a ferramenta r.fill.dir para correção de depressões espúrias e definição da direção de fluxo do terreno. Em seguida, utilizou-se a ferramenta r.watershed para a geração da rede de drenagem e a delimitação preliminar da bacia hidrográfica, com base no fluxo acumulado. Posteriormente, a ferramenta r.water.outlet foi utilizado para definição do exutório e delimitação final da bacia hidrográfica. O detalhamento sequencial do procedimento metodológico adotado encontra-se apresentado na Figura 02.

Figura 02 – Passo a passo metodológico



Fonte: Autores (2026)

Após a delimitação da bacia, foram calculados parâmetros geométricos, altimétricos e hidrológicos relacionados à forma da bacia, à rede de drenagem e ao relevo, o que permitiu caracterizar o comportamento hidrológico da área de estudo. Os cálculos incluíram parâmetros básicos, como área, perímetro, amplitude altimétrica, comprimento do canal principal e comprimento total da rede de drenagem, além de índices morfométricos, tais como coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic), razão de elongação (Re), densidade de drenagem (Dd), densidade hidrográfica (Dh), índice de rugosidade (Ir), razão de relevo (Rr), índice

de sinuosidade (Is) e razão de textura (T). As fórmulas utilizadas para o cálculo dos parâmetros morfométricos são apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01 - Fórmulas utilizadas para o cálculo dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do riacho Piabas

Parâmetro	Fórmula	Descrição
Área da bacia (A)	—	Área total da bacia hidrográfica
Perímetro (P)	—	Comprimento do limite da bacia
Altitude mediana	—	Mediana das cotas altimétricas
Altitude mínima	—	Menor cota altimétrica da bacia
Altitude máxima	—	Maior cota altimétrica da bacia
Amplitude altimétrica (H)	$H = Alt_{máx} - Alt_{mín}$	Diferença entre altitude máxima e mínima
Comprimento do eixo principal (L)	—	Distância máxima no sentido do escoamento
Comprimento do canal principal (Lcp)	—	Extensão do canal principal
Comprimento total dos rios (Lt)	$Lt = \sum Li$	Soma do comprimento de todos os canais
Número total de canais (Nt)	—	Quantidade total de canais da rede
Coeficiente de Compacidade (Kc)	$Kc = 0{,}28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	Relação entre perímetro e área da bacia
Fator de Forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{L^2}$	Relação entre área e comprimento da bacia
Índice de Circularidade (Ic)	$Ic = \frac{12{,}57 \times A}{P^2}$	Indica o grau de circularidade da bacia
Razão de Elongação (Re)	$\mathrm{Re} = \frac{1{,}128 \times \sqrt{A}}{L}$	Mede o grau de alongamento da bacia
Densidade de Drenagem (Dd)	$\mathrm{Dd} = \frac{Lt}{A}$	Relação entre rede de drenagem e área
Razão de Relevo (Rr)	$\mathrm{Rr} = \frac{H}{L}$	Relação entre amplitude altimétrica e comprimento
Índice de Rugosidade (Ir)	$Ir = H - Dd$	Relação entre relevo e drenagem
Densidade Hidrográfica (Dh)	$\mathrm{Dh} = \frac{Nt}{A}$	Número de canais por unidade de área
Extensão Média do Escoamento Superficial (Lm)	$\mathrm{Lm} = \frac{1}{2 \times Dd}$	Distância média percorrida pelo escoamento superficial
Índice de Sinuosidade (Is)	$\mathrm{Is} = \frac{Lcp}{L}$	Relação entre comprimento real e vetorial do canal
Razão de Textura (T)	$\mathrm{T} = \frac{Nt}{P}$	Relação entre número de canais e perímetro

Fonte: Autores (2026)

RESULTADOS

Os parâmetros morfométricos obtidos para a bacia hidrográfica do riacho Piabas permitiram caracterizar a dinâmica fisiográfica e hidrológica da área de estudo, fornecendo subsídios relevantes para análises hidrológicas e para a compreensão do comportamento do escoamento superficial em pequenas bacias urbanas inseridas no bioma Caatinga. A avaliação desses parâmetros possibilita identificar aspectos relacionados à forma da bacia, ao padrão de drenagem, à declividade do terreno e às características do relevo, fatores que exercem influência direta sobre a resposta hidrológica da bacia frente aos eventos de precipitação, bem como sobre os processos de infiltração, a concentração

do escoamento e a suscetibilidade à ocorrência de enchentes. A Tabela 02 apresenta os principais parâmetros extraídos a partir do processamento hidrológico realizado no ambiente SIG.

Tabela 02 - Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do riacho das Piabas

Parâmetro	Valor
Área da bacia (km²)	2,95
Perímetro (km)	9,18
Altitude mediana (m)	563,66
Altitude mínima (m)	526,30
Altitude máxima (m)	644,77
Amplitude altimétrica (m)	118,47
Comprimento do eixo principal (km)	2,86
Comprimento do canal principal (km)	2,94
Comprimento total dos rios (km)	5,37
Número total de canais	11
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,50
Fator de Forma (Kf)	0,36
Índice de Circularidade (Ic)	0,44
Razão de Elongação (Re)	0,68
Densidade de Drenagem (Dd) (km/km²)	1,82
Razão de Relevo (Rr)	0,04
Índice de Rugosidade (Ir)	0,22
Densidade Hidrográfica (Dh)	3,73
Extensão Média do Escoamento Superficial (Lm)	0,14
Índice de Sinuosidade (Is)	1,03
Razão de Textura (T)	1,20

Fonte: Autores (2026)

Os resultados indicam que a bacia hidrográfica do riacho Piabas possui área de drenagem de 2,95 km², caracterizando-se como uma pequena bacia urbana inserida no semiárido nordestino. A amplitude altimétrica observada foi de 118,47 m, evidenciando variações topográficas moderadas que influenciam diretamente a velocidade do escoamento superficial, os processos erosivos e a resposta hidrológica da bacia aos eventos pluviométricos.

Os índices relacionados à forma da bacia indicaram predominância de um padrão alongado. O coeficiente de compacidade (Kc = 1,50), associado ao fator de forma (Kf = 0,36), ao índice de circularidade (Ic = 0,44) e à razão de elongação (Re = 0,68), indica menor propensão à concentração simultânea dos fluxos superficiais. Segundo Villela e Mattos (1975) e Christofoletti (1980), bacias com essas características tendem a apresentar maior tempo de concentração e menor suscetibilidade a picos de vazão elevados durante eventos de precipitação intensa. Resultados semelhantes foram observados por Dornellas et al. (2020) na bacia do Alto Rio Paraíba, na qual os parâmetros

morfométricos também evidenciaram predominância de bacias alongadas e um comportamento hidrológico condicionado pelas características geomorfológicas típicas do semiárido paraibano.

A densidade de drenagem obtida (Dd = 1,82 km/km²) caracteriza uma rede de drenagem moderadamente desenvolvida, refletindo a interação entre o relevo, a geologia, a cobertura do solo e as condições climáticas locais. Esse valor é superior ao encontrado por Jeremias et al. (2022) em microbacias hidrográficas do município de Itaporanga-PB e compatível com os intervalos observados em bacias semiáridas do Nordeste brasileiro. Em áreas urbanizadas, valores mais elevados de densidade de drenagem podem estar associados ao aumento da impermeabilização do solo e à maior eficiência da rede de escoamento superficial, favorecendo a rápida transferência da água precipitada para os canais de drenagem.

A densidade hidrográfica (Dh = 3,73 canais/km²) reforça a presença de uma rede hidrográfica relativamente bem distribuída para uma bacia de pequena dimensão. De acordo com Jeremias et al. (2022), esse parâmetro está diretamente relacionado ao potencial de formação de novos canais e à capacidade de dissecação do relevo, constituindo um importante indicador da dinâmica hidrológica local.

Os valores da razão de relevo (Rr = 0,04) e do índice de rugosidade (Ir = 0,22) indicam relevo com declividades baixas a moderadas, característica comum em áreas urbanas situadas sobre superfícies suavemente onduladas. Essas condições tendem a favorecer a infiltração em áreas permeáveis, embora o processo possa ser significativamente reduzido em áreas submetidas à urbanização. Estudos desenvolvidos por Da Silva, Costa e Zaidan (2021) demonstraram que alterações na morfometria associadas à expansão urbana podem potencializar processos de inundação, mesmo em bacias de relevo moderado, devido ao aumento do escoamento superficial decorrente da impermeabilização do solo.

O índice de sinuosidade (Is = 1,03) indica que o canal principal apresenta traçado predominantemente retilíneo, o que favorece maior eficiência no transporte dos fluxos superficiais e menor dissipação de energia ao longo do canal. Além disso, a razão de textura (T = 1,20) indica baixa a média dissecação do relevo, compatível com a reduzida dimensão territorial da bacia e com as características geomorfológicas observadas em outras bacias semiáridas estudadas na Paraíba (DORNELLAS et al., 2020; JEREMIAS et al., 2022).

De modo geral, os parâmetros morfométricos obtidos permitiram caracterizar adequadamente a dinâmica hidrológica da bacia do riacho Piabas. Os resultados evidenciam que, embora a bacia apresente forma alongada e relevo moderado, fatores relacionados à urbanização e à ocupação do solo podem exercer influência significativa sobre os processos de escoamento superficial. Dessa

forma, a análise morfométrica mostrou-se uma ferramenta eficiente para subsidiar o planejamento hídrico, a gestão territorial e o manejo sustentável da água e do solo em bacias hidrográficas inseridas no bioma Caatinga.

CONCLUSÕES

A utilização de técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG mostrou-se eficiente para a delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Piabas, permitindo a obtenção de parâmetros hidrológicos relevantes para estudos aplicados ao manejo da água e do solo no bioma Caatinga. O uso integrado do Modelo Digital de Elevação (MDE) do ANADEM, aliado às ferramentas hidrológicas do GRASS GIS no QGIS, possibilitou a automatização da discretização da bacia e a extração consistente de variáveis morfométricas.

Os resultados obtidos evidenciaram que a bacia do riacho Piabas apresenta pequena área de drenagem e formato relativamente alongado, conforme indicado pelos valores do coeficiente de compacidade, fator de forma e do índice de circularidade. Essas características sugerem menor tendência à rápida concentração do escoamento superficial, o que contribui para um tempo de resposta hidrológica moderado em eventos pluviométricos intensos.

A densidade de drenagem e a densidade hidrográfica observadas indicam uma rede de drenagem moderadamente desenvolvida, compatível com as condições fisiográficas e climáticas do semiárido nordestino. Além disso, os baixos valores da razão de relevo e do índice de rugosidade indicam predominância de relevo suavemente ondulado, o que influencia os processos de infiltração, o transporte de sedimentos e a dinâmica do escoamento superficial.

O índice de sinuosidade próximo da unidade revelou que o canal principal apresenta baixa sinuosidade, o que favorece maior eficiência no deslocamento do fluxo hídrico ao longo da drenagem principal. Essas características, associadas às condições ambientais da Caatinga, evidenciam a importância da análise morfométrica como ferramenta de apoio ao planejamento hídrico e à gestão territorial em bacias hidrográficas urbanas e semiáridas.

Dessa forma, o estudo demonstra que a aplicação de ferramentas SIG e modelagem hidrológica constitui uma abordagem eficaz para subsidiar análises hidrológicas em pequenas bacias hidrográficas, contribuindo para o entendimento dos processos hidrológicos no bioma Caatinga e para o desenvolvimento de estratégias voltadas ao manejo sustentável dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI. Geomorfologia. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1980.

DA SILVA, J. L. DE S.; COSTA, R. M.; ZAIDAN, R. T. APLICAÇÃO DA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO SUBSÍDIO AO ENTENDIMENTO DOS PROCESSOS CRESCENTES DE INUNDAÇÕES NA MALHA URBANA DA CIDADE DE UBÁ-MG. Caminhos de Geografia, v. 22, n. 82, p. 201–214, 2 ago. 2021.

DE, H.; SILVA. Impact of Land Cover and Land Use Change on Hydrological Processes in the Pojuca River Basin, Bahia, Brazil. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 18, n. 2, p. 1579–1598, 5 mar. 2025.

DORNELLAS, P. DA C. et al. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO ALTO RIO PARAÍBA, REGIÃO SEMIÁRIDA DO ESTADO DA PARAIBA. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 21, n. 3, 1 jul. 2020.

GAROFOLO, L.; RODRIGUEZ, D. A. Impacto observado das mudanças no uso e cobertura da terra na hidrologia de bacias com ênfase em regiões tropicais. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 42, p. 1–15, 7 jul. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

JEREMIAS et al. Caracterização morfométrica das micro bacias hidrográficas inseridas no município e Itaporanga (PB). Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 13, n. 3, p. 92–104, 2 jul. 2022.

LAIPELT, L. et al. ANADEM: A Digital Terrain Model for South America. **Remote Sensing**, v. 16, n. 13, p. 2321–2321, 25 jun. 2024.

MACHADO, R. B. M. et al. Climatic regionalization of the Brazilian Semi-Arid Region and its sociodemographic dynamics. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v. 61, 17 mar. 2026.

RAVELLYS, L. et al. Modeling of the Hydrological Processes in Caatinga and Pasture Areas in the Brazilian Semi-Arid. Water, v. 13, n. 13, p. 1877–1877, 5 jul. 2021.

ROCHA, W. DA S.; SANTOS, S. DE A. Vulnerabilidade ambiental e hídrica em bacias hidrográficas semiáridas. Revista Ouricuri, v. 15, n. 1, p. 03-25, 9 maio 2025.

SILVA et al. Changes in the water resources, soil use and spatial dynamics of Caatinga vegetation cover over semiarid region of the Brazilian Northeast. Remote Sensing Applications Society and Environment, v. 20, p. 100372–100372, 1 ago. 2020.

TOLEDO SALGADO, S. R. et al. Comparative Analysis of Global DEMs for Dam-Break Flood Modeling and Inundation Mapping. **Water Resources Management**, v. 40, n. 3, fev. 2026.

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