



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v19n12025p172-182

Submetido em: 04 jun. 2025

Aceito em: 09 dez. 2025

Delimitação e análise morfométrica da bacia do Ribeirão Santo Antônio no município de Miracema/RJ

Delimitation and morphometric analysis of the Ribeirão Santo Antônio basin in the municipality of Miracema/RJ

Delimitación y análisis morfométrico de la cuenca del Ribeirão Santo Antônio en el municipio de Miracema/RJ

Débora Ferreira Magdaleno  <https://orcid.org/0009-0002-3894-6582>

Instituto Federal Fluminense

Mestre em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense. Engenheiro Ambiental da Prefeitura Municipal de Miracema.

E-mail: deboramagdaleno@gmail.com

Vicente de Paulo Santos de Oliveira  <https://orcid.org/0000-0002-5981-0345>

Instituto Federal Fluminense

Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Professor Titular no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

E-mail: vicentepsoliveira@gmail.com

Leonardo Bernardo Campaneli da Silva  <https://orcid.org/0000-0002-8230-4408>

Instituto Estadual do Ambiente

Doutorado em Ciências Ambientais e Conservação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Analista Ambiental do Instituto Estadual do Ambiente.

E-mail: leonardobcampaneli@gmail.com

Resumo: O uso de geotecnologias para delimitação de bacias e caracterização morfométrica permite a análise integrada de diversos tipos de dados, desempenhando um papel fundamental no apoio à tomada de decisões, especialmente no âmbito do planejamento ambiental. O coeficiente de compactidade de 1,8378 e fator de forma de 0,2918 da bacia demonstram um formato alongado. A extensão média do escoamento superficial de 0,0902 sugere que os cursos d'água são relativamente curtos e a densidade de drenagem de 2,7721 km/km² indica que a bacia possui uma rede de drenagem bem desenvolvida. A análise desses parâmetros indica que, embora a bacia tenha uma forma que normalmente causaria tempos de resposta mais longos, os canais curtos e a rede de drenagem bem desenvolvida pode acelerar a resposta a eventos de precipitação. O estudo apresentou informações relevantes sobre a bacia do Ribeirão Santo Antônio, fornecendo dados que podem proporcionar a melhoria da gestão dos recursos hídricos no município de Miracema/RJ.

Palavras-chave: Sistema de Informações Geográficas (SIG). Sensoriamento Remoto. Modelo Digital de Elevação (MDE). Bacia hidrográfica. Análise morfométrica.

Abstract: The use of geotechnologies for watershed delineation and morphometric characterization enables the integrated analysis of various types of data, playing a fundamental role in supporting decision-making, especially in the context of environmental planning. The compactness coefficient of 1,8378 and the form factor of 0,2918 indicate an elongated shape. The mean overland flow length of 0,0902 suggests that the watercourses are relatively short, while the drainage density of 2,7721 km/km² indicates a well-developed drainage network. The analysis of these parameters suggests that, although the basin's shape would typically result in longer response times, the short channels and well-developed drainage network may accelerate the response to precipitation events. This study provided relevant information about the Ribeirão Santo Antônio watershed, offering data that can contribute to the improvement of water resource management in the municipality of Miracema/RJ.

Keywords: Geographic Information System (GIS). Remote sensing. Digital Elevation Model (DEM). Watershed. Morphometric analysis.

Resumen: El uso de geotecnologías para la delimitación de cuencas y la caracterización morfométrica permite el análisis integrado de diversos tipos de datos, desempeñando un papel fundamental en el apoyo a la toma de decisiones, especialmente en el ámbito de la planificación ambiental. El coeficiente de compacidad de 1,8378 y el factor de forma de 0,2918 de la cuenca indican una forma alargada. La extensión media del escurrimiento superficial de 0,0902 sugiere que los cursos de agua son relativamente cortos, mientras que la densidad de drenaje de 2,7721 km/km² indica que la cuenca posee una red de drenaje bien desarrollada. El análisis de estos parámetros sugiere que, aunque la forma de la cuenca normalmente generaría tiempos de respuesta más largos, la presencia de canales cortos y una red de drenaje bien desarrollada podría acelerar la respuesta a eventos de precipitación. El estudio presentó información relevante sobre la cuenca del Ribeirão Santo Antônio, proporcionando datos que pueden contribuir a la mejora de la gestión de los recursos hídricos en el municipio de Miracema/RJ.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica (SIG). Teledetección. Modelo Digital de Elevación (MDE). Cuenca hidrográfica. Análisis morfométrico.

1 Introdução

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos tem por objetivo garantir o uso múltiplo das águas, sendo que o desenvolvimento dessa gestão foi feito considerando o caráter descentralizado, conforme foi definido pela Lei 9.433/1997, contando com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades e estabelecendo a bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão.

Quando se trata da gestão das bacias hidrográficas, as regulamentações englobam uma extensão territorial maior do que a dos municípios e sua aplicação pode resultar em circunstâncias diferentes da realidade municipal que exigem abordagens específicas para resolver problemas locais. Além disso, apenas um número limitado de municípios possui regulamentações próprias direcionadas aos recursos hídricos. Isso, por sua vez, dificulta ou torna inviável a implementação de uma gestão coerente e eficaz. No entanto, os municípios são obrigados a incorporar o tema dos recursos hídricos em suas leis orgânicas, planos diretores e leis de zoneamento, na tentativa de aproximar as regulamentações da realidade local e, assim, mitigar os desafios enfrentados (CANTADOR, 2015). Nesse contexto, a caracterização de forma adequadas das bacias hidrográficas dentro dos limites territoriais do município proporcionam um maior entendimento da dinâmica dos recursos hídricos.

O uso de geotecnologias oferece a vantagem de permitir a análise integrada de diversos tipos de dados, desempenhando um papel fundamental no apoio à tomada de decisões, especialmente no âmbito do planejamento ambiental (FRANÇA E SILVA et al., 2019). Dentre as diversas possibilidades, as técnicas de geoprocessamento podem ser utilizadas na delimitação e na análise morfométrica das bacias hidrográficas

visando fornecer dados para cooperar no planejamento das ações de órgãos públicos no que se refere a gestão dos recursos hídricos dentro território do município, considerando suas bacias.

O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de técnicas de geoprocessamento para delimitação automática de bacias hidrográficas têm sido objeto de estudo em várias partes do mundo. Sobrinho et al. (2020), analisou uma metodologia para delimitação automática de bacias hidrográficas, utilizando dados do projeto SRTM, integrados e processados em ambiente SIG, validados na bacia hidrográfica do Córrego Guariroba, no município de Campo Grande. Em 2022, Moreira analisou e descreveu a utilização de ferramentas do software ARCGIS, proveniente do banco de dados Geométricos do Brasil (TOPODATA), partir do uso de Modelo Digital de Elevação (MDE), proveniente de dados SRTM, no processo de delimitação automática da bacia hidrográfica do Rio Curu e de uma sub-bacia.

A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos principais procedimentos executados em estudos hidrológicos e ambientais, visando o entendimento das suas dinâmicas local e regional e o apoio ao gerenciamento dos recursos hídricos. Para Saha, Das e Mandal (2022), a análise dos parâmetros morfométricos fornece um cenário preciso sobre as características geomorfológicas e o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, principalmente em áreas onde os dados hidrológicos não estão disponíveis devido à ausência de uma estação de medição. Ouba e Saidi (2022) realizaram a delimitação das bacias hidrográficas e análises morfométricas, utilizando o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG), em quatro sub-bacias da margem direita da bacia hidrográfica do Tensift, no Marrocos, identificando que suas condições fisiográficas não permitem um escoamento rápido e apontando que o uso de geotecnologias é uma ferramenta útil para uma gestão eficaz das bacias hidrográficas. Goran e Khattab (2023), analisaram os processos morfológicos e hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Heshkaro, localizada no Iraque, utilizando o modelo digital de elevação ALOS PALSAR e a caixa de ferramentas do ArcGIS indicando que a bacia apresenta baixo escoamento, baixo relevo e alta infiltração, além de baixa exposição à erosão e ao transporte de sedimentos e demonstrando que os resultados deste estudo forneceram a base necessária para a gestão aprofundada da bacia hidrográfica. Dornellas et al. (2020) analisou e interpretou as características morfométricas da bacia do Alto Rio Paraíba, foram aplicados diversos índices morfométricos (lineares, de área e de relevo) para a maior compreensão da morfodinâmica fluvial na esculturação do relevo da bacia. Em 2023, Moura fez uma análise geomorfométrica da alta Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Marta com uso de modelagem matemática, produtos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, utilizando os índices que melhor retratam a infiltração e o escoamento superficial da água das chuvas.

O que se observa no município de Miracema, localizado no noroeste fluminense, não é diferente de muitos municípios brasileiros de pequeno porte que sofrem com os efeitos da gestão pouco efetiva seus recursos hídricos, sendo que os motivos são os mais diversos, incluindo a falta de planejamento municipal,

infraestrutura precária, poucos recursos financeiros e a falta de dados e estudos que possam embasar as ações dos órgãos públicos.

O Ribeirão Santo Antônio, que passa pelo distrito sede de Miracema/RJ e pelo distrito de Venda das Flores, pode ser considerado o curso de maior relevância dentro dos limites territoriais desse município. O órgão público municipal não possui mapeamentos que visam a caracterização da bacia desse curso d'água e, em consulta ao portal HidroWeb, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), é possível constatar que não existem estações fluviométrica no município. As estações localizadas no Rio Pomba tendem a demonstrar características que não correspondem das bacias do município, uma vez que estas representam uma pequena porção relativa à bacia do Rio Pomba.

Em fevereiro de 2022, o município sofreu com chuvas expressivas que levaram ao transbordamento do Ribeirão Santo Antônio, atingindo 133 vias públicas da sede municipal e do distrito de Venda das Flores, e ao transbordamento do Ribeirão do Bonito, atingindo 20 vias públicas do distrito de Paraíso do Tobias. Tal evento hidrológico impactante deixou cerca de 1.400 pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, além de atingir 10 comunidades em zona rural, resultando em prejuízos materiais significativos e colocando em risco a população local.

Nesse cenário, o estudo pretende, através do uso Modelo Digital de Elevação (MDE) de livre acesso e um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto, promover a delimitação a bacia do Ribeirão Santo Antônio inserida no município de Miracema/RJ, além levantar valores fisiográficos e realizar a análise morfométrica dessa bacia, visando fornecer dados que proporcionem a melhoria da gestão municipal dos recursos hídricos, contribuindo diretamente para segurança hídrica, no desenvolvimento de estratégias para conservação e uso racional da água e preservação ambiental.

2 Material e Método

2.1 Área de estudo

A bacia do Ribeirão Santo Antônio está localizada em sua maior parte no município de Miracema/RJ, inserido na Região Hidrográfica IX – Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana.

O Ribeirão Santo Antônio consiste no curso d'água de maior relevância do município e sua nascente está localizada em Miracema/RJ inserida na Área de Preservação Ambiental Miracema, uma Unidade de Conservação da Natureza, grupo de uso sustentável, de acordo com a Lei Nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). O exutório (foz) na bacia está localizado em Paraoquena, distrito de Santo Antônio de Pádua/RJ, onde o Ribeirão Santo Antônio encontra o Rio Pomba.

O município de Miracema está localizado na Região Noroeste Fluminense e possui uma área territorial do município é de 303,24 km² incluindo seus 3 distritos e o censo realizado em 2010 pelo IBGE

quantificou a população residente no município de Miracema em 26.843 pessoas, sendo o quantitativo da população residente na área rural de 2.102 habitantes e na área urbana de 24.741 habitantes.

2.2 Delimitação da bacia

O estudo foi realizado através do QGIS na versão 3.34, um sistema de informações geográficas (SIG) gratuito e de código aberto, e do Modelo Digital de Elevação (MDE) ALOS-PALSAR, de 12,5 metros de resolução espacial, que foi produzido a partir de reamostragem dos dados SRTM de 30 metros. Tal MDE foi criado pela equipe do Alaska Satellite Facility (ASF) com o objetivo de fornecer uma base topográfica para a correção de terreno radiométrica das imagens de radar SAR do sensor PALSAR do satélite ALOS (Advanced Land Observation Satellite) (LAURENCELLE et al., 2015).

O pré-processamento do MDE envolveu o reprojetando das imagens de satélite para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) com Datum SIRGAS 2000, Projeção UTM e Zona 23S, sendo que a delimitação da bacia foi feita utilizando o SIG GRASS dentro do QGIS.

O comando `r.fill.dir` do SIG GRASS no QGIS foi usado para fazer um refinamento do MDE gerando uma camada de elevação sem depressões, visando minimizar os erros na extração da direção e segmentos de fluxo (rede de drenagem) que foi feito através do comando `r.watershed`.

Com a camada de direção de fluxo e determinando manualmente o ponto de exutório da bacia foi possível fazer sua delimitação com o comando `r.water.outlet` do SIG GRASS, sendo que essa delimitação foi ajustada manualmente próximo ao ponto do exutório para melhor representar a realidade.

A rede de drenagem e delimitação da bacia foram vetorizadas através do comando `r.to.vect`, sendo que os ângulos dos vetores dos segmentos de fluxo foram suavizados.

2.3 Levantamento de dados fisiográficos e características morfométricas

Os dados fisiográficos calculados para dar suporte a caracterização morfométricas foram: área da bacia, perímetro da bacia, comprimento do canal principal, comprimento axial, comprimento do talvegue, variação altimétrica na bacia, média de altitude, altitude mínima, altitude máxima, variação altimétrica do talvegue e soma do comprimento desses segmentos

O canal principal, comprimento axial e comprimento do talvegue foram determinados manualmente com as ferramentas de edição de vetores, sendo que o comprimento axial foi baseado no canal principal do Ribeirão Santo Antônio desconsiderando as sinuosidades e o talvegue foi estipulado considerando o comprimento do canal principal acrescentando a distância da nascente principal até o divisor de águas.

O cálculo da área, perímetro, comprimento do eixo axial do canal principal e comprimento de todos os cursos d'água da bacia foi realizado através da ferramenta de calculadora de campo, enquanto que a ferramenta de estatísticas zonais foi utilizada para cruzar informações da camada raster do MDE com a camada vetorial da bacia hidrográfica calculando o valor da variação de declividade na bacia, média de

altitude, altitude mínima e altitude máxima. A variação altimétrica do canal principal e a soma do comprimento desses segmentos foi estipulado através da análise das estatísticas da camada de drenagem.

A caracterização morfométrica da bacia foi baseada nos seguintes parâmetros: extensão média do escoamento superficial, coeficiente de compacidade (k_c), fator de forma (k_f) e densidade de drenagem (D_d). Todos os parâmetros citados foram calculados com a ferramenta de calculadora de campo do QGis aplicando suas respectivas fórmulas.

A extensão média do escoamento superficial é definida como a distância média que a água da chuva teria que escoar nos terrenos de uma bacia hidrográfica, se o escoamento acontecesse em linha reta do ponto onde caiu até o mais próximo no leito de um curso de água qualquer da bacia, podendo ser definida pela equação 1 abaixo (VILLELA e MATTOS, 1975).

$$l = \frac{A}{4 * Lt} \quad (1)$$

Onde l é a extensão média do escoamento superficial, Lt é o comprimento total de todos os canais e A é a área da bacia hidrográfica

De acordo com Villela e Mattos (1975), o coeficiente de compacidade (K_c) representa uma relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de área correspondente a da bacia. O K_c foi determinado de acordo com equação 2.

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Onde K_c é coeficiente de compacidade, P é o perímetro e A é a área da bacia.

O fator de forma (K_f) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, sendo determinado pela relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Esse parâmetro permite avaliar o quanto a forma da bacia hidrográfica é alongada a partir da equação 3 (VILLELA e MATTOS, 1975).

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

Onde K_f é o fator forma, A é a área da bacia e L é o comprimento axial ou comprimento do eixo da bacia.

Segundo Christofletti (1980), a densidade de drenagem (D_d) representa a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede de drenagem e a área total da bacia (equação 4).

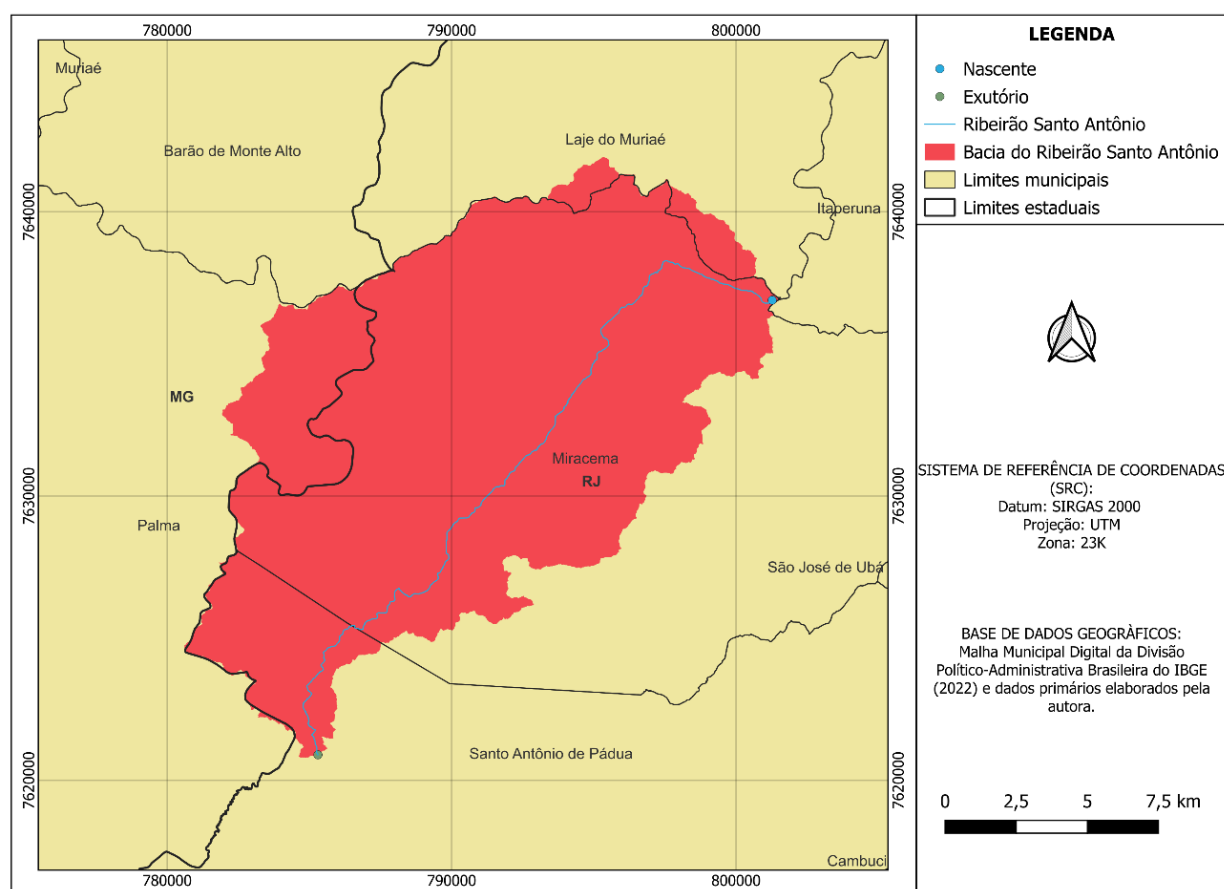
$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (4)$$

Onde D_d é a densidade de drenagem, Lt é o comprimento total de todos os canais e A é a área da bacia hidrográfica.

3 Resultados

O resultado obtido na delimitação da bacia hidrográfica e obtenção da rede de drenagem com dados do MDE ALOS-PALSAR mostra-se compatível com a realidade, o que pode ser evidenciado pela compatibilidade dos limites territoriais do município em alguns pontos. A demarcação da bacia do Ribeirão Santo Antônio evidenciou que, além do exutório localizado no município Santo Antônio de Pádua/RJ, pequenas porções de sua área estão localizadas nos municípios de Laje do Muriaé/RJ e Palma/MG que pode ser visto no mapa de localização abaixo (Figura 01).

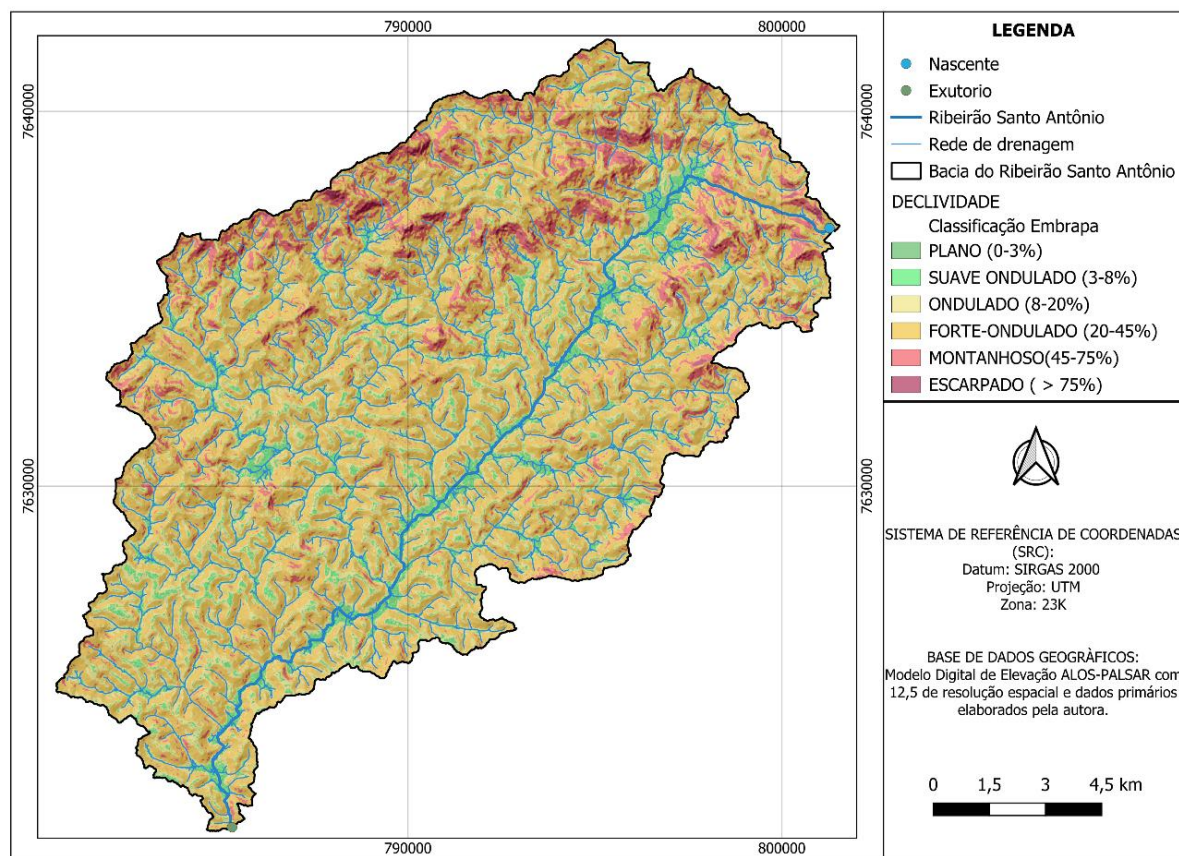
Figura 1: Mapa de localização da bacia do Ribeirão Santo Antônio.



Fonte: Elaborado pela autora.

A extração automática da rede de drenagem através do MDE se mostrou satisfatória quando comparado a base de dados de hidrografia do IBGE na escala de 1:25.000 e compatível com as formas do relevo como pode ser visto através do mapa de declividade abaixo (Figura 2) que foi elaborado segundo classificação da EMBRAPA.

Figura 2: Mapa de declividade e rede de drenagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio.



Fonte: Elaborado pela autora.

O mapa acima demonstra que a bacia apresenta uma distribuição variada de inclinações do terreno, predominando as classes de declividade “ondulado” e “forte ondulado” de acordo com a classificação da Embrapa. As áreas de maior declividade (montanhoso e escarpado) estão concentradas nas bordas superiores do limite da bacia, áreas inseridas dentro de uma unidade de conservação de proteção de uso sustentável que engloba a nascente do Ribeirão Santo Antônio. As áreas de menor declividade (plano e suave ondulado) estão associadas aos locais onde se encontram os cursos d’água, com destaque a parte central onde se encontra o Ribeirão Santo Antônio e a sede municipal.

Analisando o mapa de declividade e rede de drenagem pode-se, ainda, constatar um padrão de drenagem dentrítico, em função das características do relevo da região. De acordo Christofolletti (1980), esse padrão de drenagem se assemelha à configuração de uma árvore com as ramificações sendo representadas pelos canais afluentes.

Os valores fisiográficos e parâmetros morfométricos obtidos através do QGis são apresentados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Valores fisiográficos e parâmetros morfométricos da bacia do Ribeirão Santo Antônio.

Parâmetro	Resultado	Unidade
Área (A)	229,4837	km ²
Perímetro (P)	99,4289	km
Comprimento axial (Laxial)	28,0212	km
Comprimento do canal principal (Lprincipal)	32,0250	km
Comprimento do tavelgue (Ltavelgue)	32,2330	km
Comprimento de todos canais (Lt)	636,1510	km
Altitude média	251,4294	m
Altitude mínima	97	m
Altitude máxima	856	m
Amplitude altimétrica	759	m
Amplitude altimétrica do tavelgue (Δh)	478	m
Extensão média do escoamento superficial (l)	0,0902	km
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,8378	Adimensional
Fator forma (Kf)	0,2918	Adimensional
Densidade de drenagem (Dd)	2,7721	Km/km ²

Fonte: Elaborado pela autora.

O coeficiente compacidade de 1,8378 e o fator forma de 0,2918 indicam que a bacia possui uma forma mais alongada ou irregular, tendendo a uma menor concentração de escoamento superficial em curto prazo, pois o tempo necessário para a água chegar ao exutório da bacia é maior. Isso sugere uma menor propensão a inundações súbitas e picos elevados de vazão em condições normais de precipitação, embora eventos extremos ainda possam gerar volumes consideráveis de escoamento.

A densidade de drenagem de 2,7721 km/km² indica que a bacia possui uma rede de drenagem relativamente bem desenvolvida, podendo indicar que, mesmo que a forma da bacia seja alongada, o escoamento pode ser relativamente rápido, uma vez que apresenta uma boa distribuição dos canais de drenagem.

A extensão média do escoamento superficial de 0,0902 Km sugere que os cursos d'água são relativamente curtos, o que é coerente com a alta densidade de drenagem. Esses canais curtos, somados a uma alta densidade de drenagem, podem tornar o escoamento mais rápido e eficiente dentro da bacia.

4 Considerações finais

A utilização dos dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) ALOS-PALSAR na delimitação, no levantamento de dados fisiográficos e na análise morfométrica pode ser considerada uma fonte relevante de dados no desenvolvimento de estudos de caracterização de bacias hidrográficas.

Os resultados obtidos no estudo em questão demonstram que a bacia do Ribeirão Santo Antônio possui um coeficiente de compacidade e fator forma que indicam uma forma alongada, o que sugere um escoamento mais lento e distribuído ao longo do tempo e uma bacia com baixa suscetibilidade a inundações em condições normais de precipitação. No entanto, a alta densidade de drenagem sugere que o sistema de canais curtos é eficiente, o que pode acelerar o escoamento superficial.

Esses fatores combinados indicam que, embora a bacia tenha uma forma que tipicamente resultaria em tempos de resposta mais longos, a presença de canais curtos e uma rede de drenagem bem desenvolvida pode amenizar esse efeito, permitindo uma resposta relativamente rápida a eventos de precipitação. A bacia não é altamente propensa a enchentes súbitas, mas pode responder de maneira rápida a precipitações intensas, especialmente se estas ocorrerem em um curto período de tempo.

Para uma análise mais detalhada da dinâmica dos recursos hídricos na bacia é importante realizar novos estudos com diferentes abordagens como, por exemplo, uma caracterização da cobertura vegetal identificando o estágio de sucessão ecológica dos remanescentes vegetação nativa localizada nas áreas de preservação permanente dos cursos d'água.

O estudo apresentou informações relevantes sobre a bacia do Ribeirão Santo Antônio, demonstrando a importância da delimitação e caracterização morfométrica para análise de bacias hidrográficas e fornecendo dados que podem proporcionar a melhoria da gestão dos recursos hídricos no Município de Miracema/RJ.

Referências

CANTADOR, D. C. Diagnóstico da gestão de recursos hídricos no município de Americana (SP), utilizando geotecnologias. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, SP, 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blucher, 2ª Edição, 1980.

DORNELLAS, P. C. et al. Análise morfométrica da bacia do Alto Rio Paraíba, região semiárida do estado da Paraíba. Rev. Bras. Geomorfol. São Paulo, v.21, n.3, (Jul-Set) p.601-614, 2020.

FRANÇA E SILVA, N. R. et al. Caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica gi8/pe por meio de análise multicritério. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, 2019.

GORAN, R.; KHATTAB, M. F. Hydro-Morphometric Characters of Watershed Heshkaro River in Duhok City, Kurdistan Region, Northern Iraq Using Geospatial Techniques. Iraqi Geological Journal, 56 (1F), 194-206, 2023.

LAURENCELLE, J.; LOGAN, T.; GENS, R. ASF Radiometrically Terrain Corrected ALOS PALSAR products. Fairbanks: Alaska Satellite Facility. 2015. 12 p.

MOREIRA, V. O. G. Uso de ferramentas do software ArcGIS na delimitação da bacia hidrográfica do Rio Curu – CE. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 43, p. 1-10, 2022.

MOURA, D. M. B. Análise morfométrica da alta bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Marta, possível fonte de abastecimento hídrico da cidade de Iporá (GO). Rev. Geogr. Acadêmica v.17, n.1, 2023.

OUABA, M.; SAIDI, M. E. Contribution of morphological study to the understanding of watersheds in arid environment: A case study (Morocco). AIMS Environmental Science, Volume 10, Issue 1, 16–32, 2022.

SAHA, S.; DAS, J.; MANDA, T. Investigation of the watershed hydro-morphologic characteristics through the morphometric analysis: A study on Rayeng basin in Darjeeling Himalaya. Environmental Challenges, 100463, 2022.

SOBRINO, T. A. et al. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados srtm. Eng. Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.1, p.46-57, 2010.

VILLELA, S.M. e MATTOS, A., Hidrologia Aplicada. McGraw-Hill, São Paulo - SP, 1975.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal Fluminense (IFF) pelo apoio institucional e pela infraestrutura disponibilizada para a realização deste estudo e aos profissionais e colegas que contribuíram, direta ou indiretamente.