



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

MARIA GABRIELA MELO SANTOS

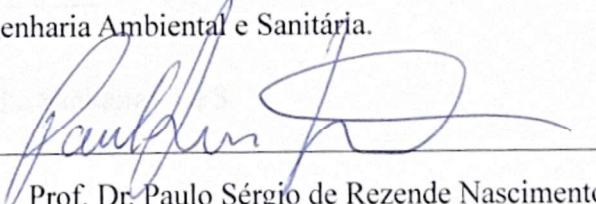
**AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA APLICADA À IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS
SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO E À EROSÃO HÍDRICA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO REAL (SE)**

SÃO CRISTÓVÃO - SE
Junho de 2026

MARIA GABRIELA MELO SANTOS

**AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA APLICADA À IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS
SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO E À EROSÃO HÍDRICA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO REAL (SE)**

Trabalho final apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Sergipe, como parte integrante dos requisitos para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.



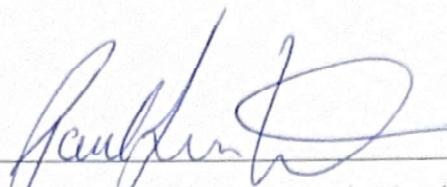
Prof. Dr. Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

Orientador

SÃO CRISTÓVÃO - SE

Junho de 2026

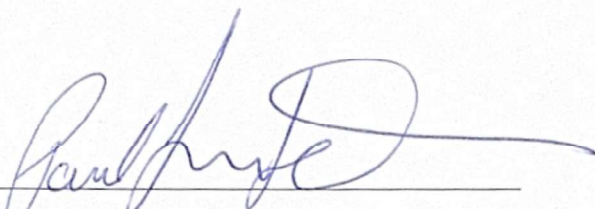
Trabalho apresentado em 15 de junho de 2026 pelo Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Sergipe para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.



Prof. Dr. Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

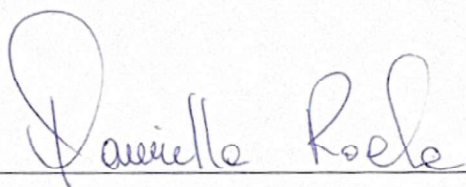
Orientador

Banca Examinadora:



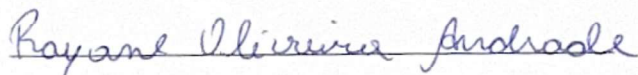
Prof. Dr. Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária - UFS



Prof. Dra. Daniella Rocha

Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária - UFS



MSc. Rayane Oliveira Andrade

Engenheira Sanitarista e Ambiental

Avaliação morfométrica aplicada à identificação de áreas suscetíveis a inundação e à erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do rio Real (SE)

Morphometric assessment applied to the identification of areas susceptible to flooding and water erosion in the Real river Hydrographic Basin (SE)

M. G. M. Santos*; P. S. R. Nascimento

Laboratório de Geoprocessamento – LAGEO/Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, Brasil

Resumo

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) estabelece a bacia hidrográfica como unidade básica para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Nesse contexto, torna-se fundamental o estudo das características físicas, hidrológicas e de relevo dessas unidades, a fim de subsidiar ações de gestão eficiente e sustentável. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os índices morfométricos da porção sergipana da Bacia Hidrográfica do rio Real, por meio de geotecnologias, visando interpretar o comportamento hidrológico e sua suscetibilidade a inundação e a processos erosivos. Os índices relacionados à geometria da bacia, como fator de forma (0,13), coeficiente de compactidade (2,63), índice de circularidade (0,14) e razão de alongação (0,40), indicam um formato alongado, que favorece a distribuição do escoamento ao longo do tempo. Esse comportamento é reforçado pelo elevado tempo de concentração (78,8 h), caracterizando uma resposta hidrológica lenta. Por outro lado, os parâmetros de relevo evidenciam condições propícias à ocorrência de erosão do solo. A elevada amplitude altimétrica (604,39 m), associada ao índice de rugosidade (1063,74) e a razão de relevo (4,44), indicam, relevo acidentado. A densidade de drenagem (1,77 km/km²) e a densidade hidrográfica (1,107 rios/km²) demonstram uma rede de drenagem bem desenvolvida, contribuindo para o escoamento eficiente da água, mas também para o transporte de sedimentos. Adicionalmente, a baixa declividade do canal principal (0,00221 m/m) pode favorecer a deposição de sedimentos ao longo do curso d'água. Portanto, a bacia apresenta baixa suscetibilidade à inundação, porém condições favoráveis à ocorrência de processos erosivos hídricos, especialmente em áreas de maior declividade.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos, bacia hidrográfica, índices morfométricos, geotecnologias.

Abstract

The National Water Resources Policy (Law No. 9,433/1997) establishes the watershed as the fundamental unit for water resources planning and management in Brazil. In this context, the study of the physical, hydrological, and geomorphological characteristics of these units becomes essential to support efficient and sustainable management actions. Therefore, the present study aims to evaluate the morphometric indices of the Sergipe portion of the Real River Watershed through the use of geotechnologies, seeking to interpret its hydrological behavior and susceptibility to flooding and erosive processes. The indices related to basin geometry, such as form factor (0.13), compactness coefficient (2.63), circularity index (0.14), and elongation ratio (0.40), indicate an elongated shape that favors the distribution of runoff over time. This behavior is reinforced by the high concentration time (78.8 h), characterizing a slow hydrological response. On the other hand, the relief parameters reveal conditions favorable to soil erosion processes. The high altimetric amplitude (604.39 m), associated with the ruggedness index (116.65) and relief ratio (4.44), indicates rugged terrain. Drainage density (1.77 km/km²) and hydrographic density (1.107 streams/km²) demonstrate a well-developed drainage network, contributing to efficient water runoff, but also to sediment transport. Additionally, the low slope of the main channel (0.00221 m/m) may favor sediment deposition along the watercourse. Therefore, the watershed presents low susceptibility to flooding; however, it exhibits favorable conditions for the occurrence of water-induced erosive processes, especially in areas with steeper slopes.

Keywords: Water resources management, watershed, morphometric indices, geotechnologies.

1. INTRODUÇÃO

As estimativas globais apontam que os recursos hídricos serão submetidos a intensas pressões nas próximas décadas, com elevado potencial de déficit em decorrência do aumento das atividades produtivas e da urbanização [1–3]. Com base nesse panorama, a gestão da água necessita de planejamento fundamentado em bases técnicas consistentes, considerando a necessidade de equilibrar o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental, bem como a participação social e a descentralização administrativa [4, 5].

No Brasil, a Lei nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) [5], define a bacia hidrográfica como unidade fundamental para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. As bacias hidrográficas são cruciais para a manutenção dos ecossistemas e da qualidade de vida das populações, concentrando e direcionando os recursos hídricos para diferentes usos. Além disso, exercem importante papel na dinâmica hidrológica, influenciando a ocorrência de inundações, a regulação do clima e a preservação da biodiversidade [6].

No entanto, apesar de sua relevância ambiental e socioeconômica, as bacias hidrográficas vêm sendo progressivamente impactadas por intervenções antrópicas, como a expansão urbana e as atividades agropecuárias [7, 8]. Cabe ressaltar que as características físicas de uma bacia são alteradas tanto por fatores naturais, relacionados à predisposição do meio à degradação, quanto por fatores antrópicos, decorrentes da interferência humana, que podem alterar ou intensificar as condições ambientais originais da bacia [9]. Nessa perspectiva, os estudos em bacias hidrográficas tornam-se essenciais para a identificação de problemas e para a tomada de decisões mais adequadas na gestão dos recursos hídricos [10].

Nesse contexto, a caracterização morfométrica por meio da análise de parâmetros físicos, de relevo e hidrográficos permite interpretar a forma da bacia e as condições topográficas que influenciam seu regime hidrológico e geomorfológico [11, 12], afetando diretamente processos como infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial. Além disso, essas características determinam a vulnerabilidade da bacia a fenômenos como inundação, erosão hídrica e assoreamento dos corpos d'água [13]. Logo, o estudo morfométrico contribui para identificar fragilidades e potencialidades de uma bacia hidrográfica, fornecendo subsídios essenciais para o planejamento e a gestão desse recurso hídrico [14, 15].

As geotecnologias são essenciais em trabalhos técnico-científicos, pois proporcionam rapidez e eficiência na coleta e análise de dados, além de fornecer produtos capazes de subsidiar o planejamento e a gestão ambiental [16]. Nesse contexto, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) se apresentam como uma importante ferramenta robusta aplicada a estudos morfométricos, possibilitando o tratamento, o armazenamento, a visualização e a atualização de dados espaciais. Essas funcionalidades permitem a elaboração de diagnósticos precisos de bacias hidrográficas, que auxiliam na gestão dos recursos hídricos [5, 17].

A Bacia Hidrográfica do rio Real (BHRR) é uma das oito bacias que compõem o estado de Sergipe e está localizada na porção sul do território [18]. Os recursos hídricos são utilizados para abastecimento público, irrigação agrícola, pesca e atividades turísticas, contribuindo para a geração de emprego e renda [19]. Dados do MapBiomas (2024) [20], mostram que o uso da terra na área da bacia é predominantemente voltado à atividade agropecuária. Vale salientar que o uso intensivo do solo, sobretudo em áreas de mata ciliar, pode intensificar processos erosivos, favorecer o assoreamento dos cursos d'água e reduzir a fertilidade dos solos [21].

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a suscetibilidade à erosão hídrica e à inundação na Bacia Hidrográfica do rio Real (SE), a partir da caracterização morfométrica com base em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com foco no diagnóstico e na interpretação das limitações físicas, hidrológicas e de relevo, como subsídio ao planejamento e ao gerenciamento da bacia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do rio Real (BHRR), sob domínio da União, constitui uma importante unidade territorial localizada na região Nordeste do Brasil, abrangendo parte do nordeste da Bahia e o sudoeste de Sergipe, limitando-se ao norte com a bacia do rio Vaza-Barris e ao sul com a bacia do rio Itapicuru [19, 22]. A bacia apresenta área aproximada de 8.946,67 km², abrangendo 27 municípios e uma população estimada em 810.129 habitantes [23].

O rio Real é o principal curso d'água da bacia hidrográfica e banha os estados da Bahia e Sergipe, sendo classificado como rio de domínio federal. Sua nascente, localizada na região entre os municípios de Poço Verde/SE e Heliópolis/BA, segue seu curso até desaguar no Oceano Atlântico, na vila de Mangue Seco, município de Jandaíra/BA. Entre

seus principais tributários, destacam-se os rios Mocambo e Baixa do Tubarão [22, 24]. Além disso, a BHRR está inserida em uma região com predominância de climas subúmido e semiárido, apresentando temperatura média anual entre 23 e 25 °C [25].

O presente estudo abrange exclusivamente a porção sergipana da BHRR, localizada entre as longitudes 38°14'38.79" W e 37°24'27.39" W e as latitudes 11°34'07.26" S e 10°42'07.43" S, ocupando uma área aproximada de 2386,44 km² (Figura 1). Essa área compreende os municípios de Poço Verde, Tobias Barreto, Simão Dias, Riachão do Dantas, Tomar de Geru, Itabaianinha, Cristinápolis, Umbaúba e Indiaroba. Em Sergipe, a bacia do rio Real limita-se ao norte com a bacia do rio Piauí, conforme dados do Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe [18].

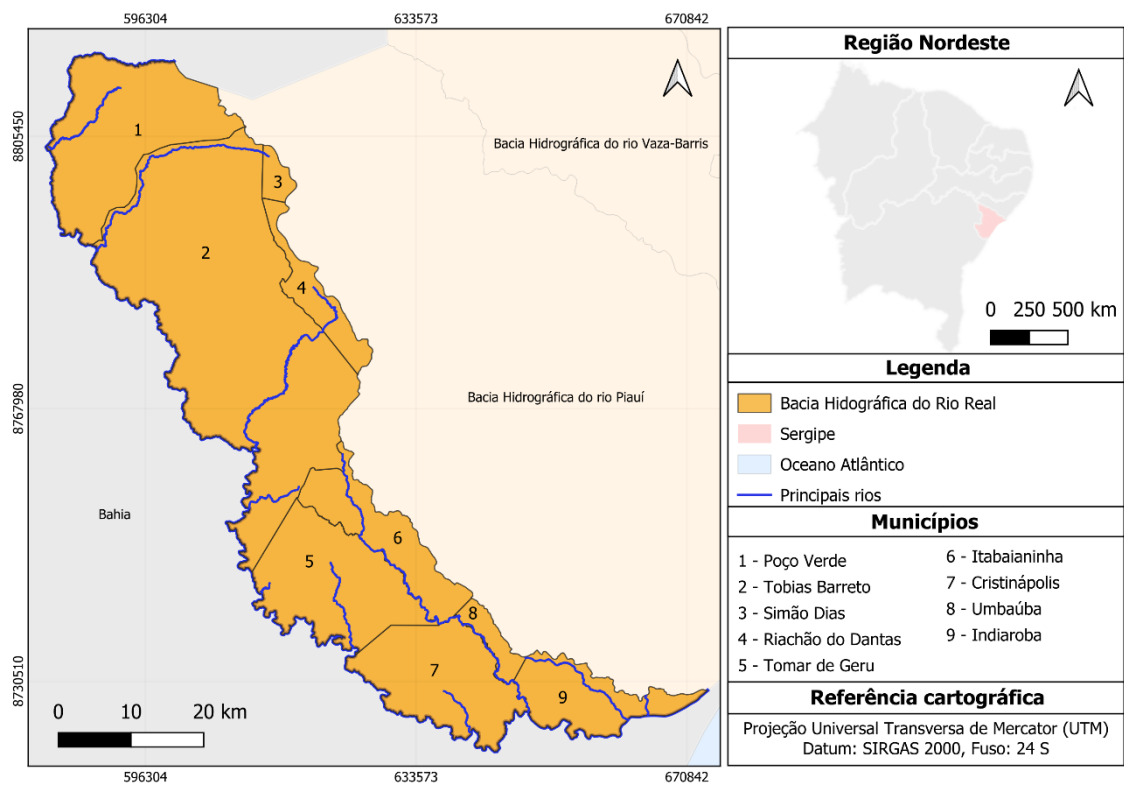


Figura 1: Mapa de Localização da área de estudo.

2.2 Aquisição e processamento de dados

A Figura 2 apresenta de forma esquemática o processo metodológico adotado neste trabalho, evidenciando as principais etapas realizadas desde a obtenção dos dados até a geração dos produtos finais.

Para a obtenção das informações da área de estudo, foram utilizados dados vetoriais referentes aos limites estaduais e municipais, bacias hidrográficas, oceano, pedologia, rede hidrográfica e precipitação (isoietas), disponibilizados no portal SERHIDRO [18], além de dados da décima coleção do MapBiomias (2024) [20],

referentes ao uso e cobertura da terra. A classificação do MapBiomias resultou em quatorze classes, que foram agrupadas em seis categorias (Quadro 1) com base na similaridade funcional e ambiental entre os tipos de ocupação territorial. As áreas correspondentes a cada categoria foram calculadas com o auxílio da ferramenta *r.report* do módulo GRASS GIS, integrada ao Quantum GIS (QGIS).

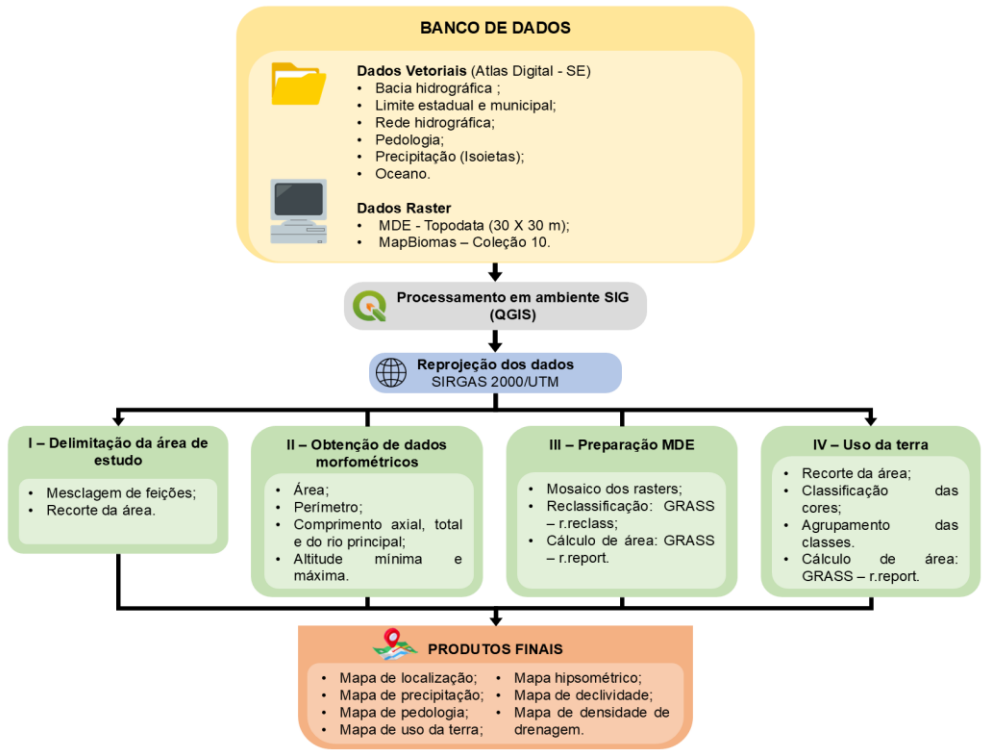


Figura 2: Processo metodológico.

Quadro 1: Agrupamento das classes de uso da terra.

Agrupamento das classes	Classes (MapBiomias)
Agropecuária	Outras lavouras temporárias
	Mosaico de Usos
	Sivicultura
Área urbanizada	Área urbanizada
	Outras Áreas não vegetadas
Curso d” água	Rio, lago e oceano
	Aquicultura
Floresta	Formação Florestal
	Formação Savânica
	Mangue
Pastagem	Pastagem
Vegetação herbácea	Campo Alagado e Área Pantanosa
	Formação Campestre
	Restinga Herbácea

O processamento dos dados foi realizado no *software* QGIS, versões 3.28 e 3.40, desenvolvido pela Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Os mapas foram elaborados no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS 2000. Foi utilizado os dados derivados do Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido a partir do banco de dados do Projeto Topodata, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), derivado da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 30×30 metros, garantindo detalhamento adequado às análises morfométricas [26]. A partir do MDE, foram gerados os mapas hipsométrico e de declividade. A reclassificação dos valores altimétricos e da declividade foi realizada por meio do módulo *r.reclass*, do pacote Grass integrado ao QGIS. As classes altimétricas foram definidas de 0 a 605 m, com intervalo de 125 m. Já as classes de declividade foram estabelecidas de acordo com a padronização adotada pela Embrapa (1979) [27] (Quadro 2).

Quadro 2: Classes de declividade segundo a Embrapa (1979).

Declividade (%)	Classes de relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte ondulado
45 – 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

A quantificação das áreas relativas às classes de relevo e altitude da bacia foi realizada por meio da ferramenta *r.report*, disponível no Grass GIS e integrada ao QGIS. Para a análise hipsométrica, os valores de área obtidos para cada classe de altitude foram organizados em planilha no Microsoft Excel. Inicialmente, foi calculada a porcentagem de área correspondente a cada classe, utilizando a equação 1.

$$\% \text{ área} = \left(\frac{\text{Área da classe}}{\text{Área total das classes}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em seguida, foi determinada a porcentagem acumulada das áreas, por meio da soma progressiva das porcentagens individuais (Equação 2).

$$\% \text{ acumulada} = \Sigma (\% \text{ área}) \quad (2)$$

Com base nos valores obtidos, foi elaborada a curva hipsométrica no Microsoft Excel, representando a relação entre a altitude (eixo vertical) e a frequência acumulada da bacia (eixo horizontal).

Para a análise da rede hidrográfica da BHRR, foi elaborado um mapa de densidade hidrográfica no *software* QGIS, utilizando o arquivo vetorial (shapefile) da rede de drenagem disponibilizado pelo SERHIDRO[18]. Em seguida, aplicou-se a técnica de Estimativa de Densidade por Kernel (Kernel Density Estimation – KDE), método estatístico de interpolação espacial utilizado para identificar as áreas com maior intensidade da rede hidrográfica, evidenciando setores com maior densidade de canais e potencial influência nos processos hidrológicos da bacia.

Adicionalmente, foi elaborado um mapa de suscetibilidade à erosão a partir de dados matriciais (raster) disponibilizados pela Embrapa, obtidos na plataforma GeoInfo [28]. Os dados foram processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), permitindo a análise das áreas com maior predisposição aos processos erosivos.

2.3 Caracterização morfométrica

A caracterização morfométrica da BHRR foi realizada por meio do processamento de dados topográficos e hidrográficos, com o uso de técnica de geoprocessamento no *software* QGIS. Foram obtidos parâmetros como área da bacia, perímetro, comprimento total dos canais, do canal principal e do eixo axial, extensão da rede de drenagem, bem como as altitudes mínima e máxima. Com base nesses parâmetros, calculou-se os índices morfométricos utilizando as equações apresentadas nos Quadros 3, 4 e 5, os quais foram organizados em três grupos: geométricos, hidrológicos e de relevo, respectivamente.

Quadro 3: Parâmetros físicos utilizados na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real/SE.

Parâmetro	Descrição	Equação/Obtenção	Unidade	Tendência a inundação
Área da bacia (A)	Corresponde à área total da superfície.	Obtido no SIG, por meio da calculadora de campo, utilizando a função \$area/1000000.	km ²	-
Perímetro (P)	Extensão total do divisor topográfico que delimita a bacia.	Calculado no QGIS, utilizando a função \$perimeter/1000 na calculadora de campo.	km	-
Comprimento axial (L _a)	Distância entre a foz da bacia e o ponto mais distante do divisor de água.	Obtido no SIG por meio da medição do eixo longitudinal da bacia.	km	-
Fator de Forma (K _f)	Expressa a relação entre a área da bacia e o quadrado do comprimento axial.	$K_f = \frac{A}{(L_a)^2}$	-	< 0,50: Baixa
				0,51-0,75: Média
				0,76 – 1,00: Alta
Coeficiente de Compacidade (K _c)	Indica o grau de irregularidade da forma da bacia.	$K_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	-	1,00-1,25: Alta
				1,26-1,50: Média
				>1,50: Baixa

Parâmetro	Descrição	Equação/Obtenção	Unidade	Tendência a inundação
Índice de Circularidade (I_c)	Avalia o grau de semelhança da bacia com uma forma círculo.	$I_c = 12.57 \times \frac{A}{P^2}$	-	< 0,50: Alongada
				0,50-0,75: Intermediária
				0,76-1,00: Circular
Razão de Elongação (R_e)	Relaciona o diâmetro de um círculo de área equivalente à bacia com o comprimento axial.	$R_e = 1,128 \cdot \frac{\sqrt{A}}{L_a}$	-	< 0,50: Muito Alongada
				0,51 – 0,70: Alongada
				0,70-0,80:Pouco alongada
				0,81-0,90: Ovalada
				>0,90: Circular

Fonte: Villela *et al.*, (1975) [30] e Pessoa Neto *et al.*, (2023) [29].

Quadro 4: Parâmetros hidrológicos utilizados na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real/SE.

Parâmetro	Descrição	Equação/Obtenção	Unidade	Característica da rede de drenagem
Comprimento do rio principal (L)	Extensão do curso d'água principal desde a nascente até o exutório.	Determinado no QGIS por meio da função \$length/1000 na calculadora de campo.	km	-
Comprimento total dos cursos d'água (L_t)	Soma dos comprimentos de todos os canais de drenagem da bacia.	Obtido pela função \$length/1000, seguida do somatório dos valores.	km	-
Número de canais (N)	Total de segmentos de canais de drenagem mapeados na bacia.	Quantificado pela contagem automática da rede de drenagem no QGIS, utilizando a tabela de atributos.	Rios/km	-
Densidade hidrográfica (D_h)	Relação entre o número total de canais e a área da bacia.	$D_h = \frac{N}{A}$	Rios/km ²	< 3: Baixa
				3-7: Média
				7-15: Alta
				>15: Muito alta
Densidade de drenagem (D_d)	Relação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia, indicando a eficiência da rede de drenagem.	$D_d = \frac{L_t}{A}$	km/km ²	< 0,50: Drenagem pobre
				0,5-1,50: Drenagem Regular
				1,51-2,50: Drenagem boa
				2,51-3,50 : Drenagem muita boa
				≥3,5: Drenagem excepcional
Coeficiente de Manutenção (C_m)	Área necessária para manter um metro linear de canal de drenagem, sendo o inverso da densidade de drenagem.	$C_m = \frac{1}{D_d}$	km ² /km	-
Extensão Média do Escoamento Superficial (E)	Distância média percorrida pela água sobre o terreno até alcançar um canal de drenagem.	$E = \frac{1}{2 \times D_d}$	km	-

Parâmetro	Descrição	Equação/Obtenção	Unidade	Característica da rede de drenagem
Tempo de Concentração (T_c)	Tempo necessário para que a água escoe do ponto mais distante da bacia até o exutório.	$T_c = 1,42 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,358}$	Adimensional	-

Fonte: Horton (1945)[33], DNIT (2005) [31]; Fiorese *et al.*, (2022)[32]; Peruzzo *et al.*, (2022) [34]; Pessoa Neto *et al.*, (2023) [29] e Salis *et al.*, (2020) [15].

Quadro 5: Parâmetros de relevo utilizados na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Real/SE.

Parâmetro	Descrição	Equação/Obtenção	Unidade	Tendência a erosão
Altitude mínima ($A_{\min}$)	Corresponde ao ponto mais baixo da área de estudo.	Extraídas do Modelo Digital de Elevação – MDE.	m	-
Altitude máxima ($A_{\max}$)	Refere-se ao ponto mais elevado.	Extraídas do Modelo Digital de Elevação – MDE.	m	-
Amplitude altimétrica (ΔH)	Diferença entre as altitudes máxima e mínima, parâmetro essencial para avaliar o potencial de energia, velocidade do escoamento superficial e o tempo de concentração das enchentes.	$\Delta H = A_{\max} - A_{\min}$	m	-
Declividade média (Dm)	Inclinação média do terreno, relacionado à velocidade de escoamento.	Obtido a partir do mapa de declividade.	km	-
Declividade do rio principal (S_r)	Gradiente longitudinal do canal principal.	$S = \frac{\Delta H}{L}$	m/m	-
Índice de rugosidade (I_r)	Combina a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem, relacionado a irregularidade do relevo e seu potencial erosivo.	$I_r = \Delta H \cdot D_d$	Adimensional	<150: Fraca
				150-550: Média
				550-950: Forte
				>950: Muito forte
Razão de relevo (R_r)	Relaciona a amplitude altimétrica ao comprimento axial da bacia.	$R_r = \frac{\Delta H}{L_a}$	Adimensional	<0,10: Baixa
				0,11-0,30: Média
				0,30-0,60: Alta
Razão de Textura (T)	Relaciona o número total de canais ao perímetro da bacia, indicando a capacidade de drenagem e do escoamento superficial da bacia.	$T = \frac{N}{P}$	rios/km	<2,00: Muito grossa
				2,0<4,00: Grossa
				4,0<6,0: Moderada
				6,0<8,0: Fina
				>8,0: Muito fina
Textura topográfica (T_t)	Descreve o espaçamento e a densidade das linhas de drenagem de uma bacia.	$\log T_t = 0,219649 + 1,15 \log D_d$	Adimensional	<4,0: Textura grosseira
				4,0 -10,0: Textura média
				>10,0: Textura fina

Fonte: Horton (1945) [33]; Villela *et al.*, (1975) [30] ; Freitas (1952) [36]; Gerber *et al.*, (2018) [35]; Melo *et al.*, (2020) [22]; Fiorese *et al.*, (2022) [32]; Pessoa Neto *et al.*, (2023) [29]; Silva *et al.*, (2025) [37].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices morfométricos que compõem a caracterização geométrica, hidrológica e de relevo da porção sergipana da Bacia Hidrográfica do rio Real estão apresentados na Tabela 1, tendo sido obtidos com o auxílio do *software* QGIS e da utilização dos modelos matemáticos expostos nos quadros 3, 4 e 5. A análise integrada desses parâmetros possibilitou avaliar a configuração da bacia e sua propensão à ocorrência de eventos de inundações e erosão hídrica.

Tabela 1: Parâmetros morfométricos da parcela da BHRR pertencente ao estado de Sergipe.

Parâmetro	Valor
Caracterização geométrica	
Área de drenagem (A)	2386,44 km ²
Perímetro (P)	457,99 km
Comprimento axial (L_a)	136,17 km
Coeficiente de compacidade canais (K_c)	2,62
Fator de forma (K_f)	0,13
Índice de circularidade (I_c)	0,14
Razão de alongação (R_E)	0,40
Caracterização hidrológica	
Comprimento do rio principal (L)	273,75 km
Comprimento total de todos os canais (L_t)	4205,21 km
Densidade de drenagem (D_d)	1,76 km/km ²
Densidade hidrográfica (D_h)	1,10 rios/km ²
Coeficiente de manutenção (C_m)	0,56 km ² /km
Extensão Média do Escoamento Superficial (E)	0,284 km
Tempo de concentração (T_C)	78,8 h
Caracterização de relevo	
Altitude mínima (A_{min})	0,60 m
Altitude máxima (A_{max})	605 m
Amplitude altimétrica (ΔH)	604,4 m
Declividade do rio principal (S_r)	0,00221 m/m
Índice de rugosidade (I_r)	1063,74
Razão de relevo (R_r)	4,44
Razão de textura (T)	5,74 rios/km
Textura topográfica (T_t)	3,19

De acordo com Villela *et al.*, (1975) [30], o coeficiente de compacidade K_c e o fator de forma K_f são índices adimensionais que descrevem geometricamente a forma de

uma bacia hidrográfica. No presente estudo, os valores obtidos de 2,62 e de 0,128, respectivamente, indicam que a BHRR apresenta um formato alongado. Bacias com valores elevados de K_c e baixos de K_f tendem a apresentar menor propensão a inundação, uma vez que o escoamento superficial em bacias alongadas é distribuído ao longo de maiores distâncias, de modo que os afluentes contribuem em diferentes trechos da bacia, atenuando o fluxo e reduzindo os picos rápidos de cheia[6, 38, 39].

Corroborando essa análise, o índice de circularidade de 0,142 e a razão de alongação de 0,40 também apontam baixa suscetibilidade a inundações, ambos os valores reforçam a classificação geométrica da bacia como alongada, característica que favorece a distribuição do escoamento superficial ao longo do sistema de drenagem e reduz a concentração de vazão em um único ponto[17, 29]. Embora os índices morfométricos indiquem que a BHRR possui um formato alongado, evidenciando uma menor predisposição a inundações, a presença de usos antrópicos, especialmente áreas de pastagem ($\approx 1410,87 \text{ km}^2$), agropecuária ($\approx 406,73 \text{ km}^2$) e áreas urbanizadas ($\approx 22,74 \text{ km}^2$), pode alterar a dinâmica hidrológica da região, como detalhado na Figura 3.

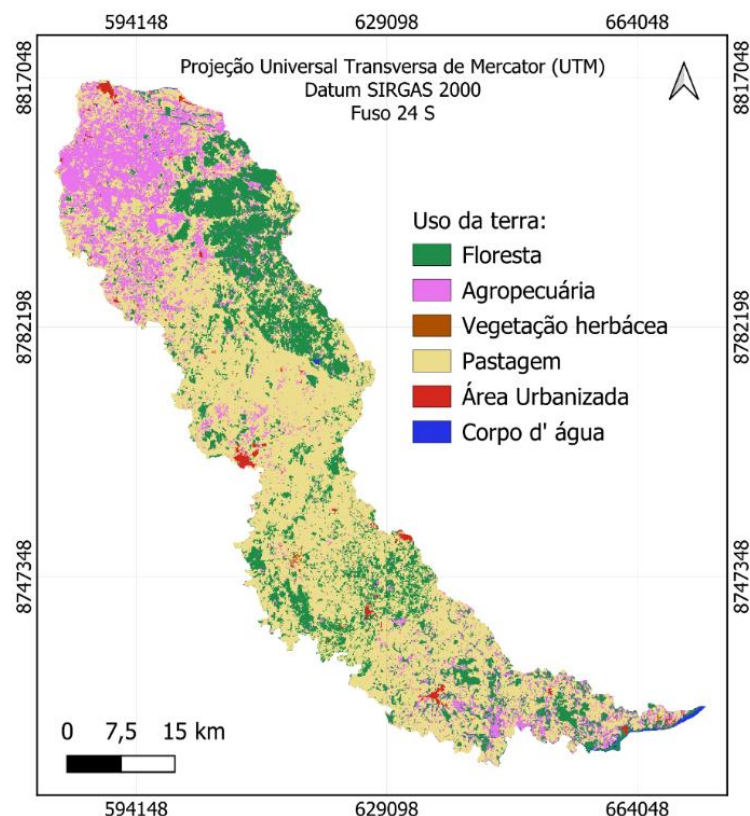


Figura 3: Mapa de uso da terra da área de estudo.

As alterações no uso e cobertura do solo, resultantes da intensificação das atividades antrópicas e da ausência de planejamento adequado, podem afetar diretamente os recursos hídricos e a dinâmica dos ecossistemas [40]. A Tabela 2 demonstra variadas

intervenções humanas; as áreas urbanizadas, ainda que localizadas pontualmente, promovem a impermeabilização da superfície, diminuindo a infiltração da água no solo e fazendo com que a água da chuva escoe mais rapidamente, aumentando as chances de inundações e podendo comprometer o funcionamento do sistema hídrico e a qualidade da água [41].

Tabela 2: Classes de uso da terra da parcela da BHRR pertencente ao estado de Sergipe.

Classes	Área (km²)	Percentual (%)
Agropecuária	406,73	17,04
Área urbanizada	22,74	0,95
Corpo d'água	6,57	0,28
Floresta	535,16	22,43
Pastagem	1410,87	59,12
Vegetação herbácea	4,37	0,18
Total	2386,44	100

Além disso, a BHRR tem predominância de pastagem; nessa atividade, ocorrem o manejo do solo associado ao pisoteio intenso pelos animais e à aração e gradagem, deixando o solo desprotegido, ocasionando a compactação, e consequentemente a redução da porosidade, comprometendo a infiltração de água e aumentando a vulnerabilidade à erosão[21, 42]. Diante disso, esses diversos usos da terra combinados podem contribuir para a intensificação de cheias em períodos de precipitação intensa.

A densidade de drenagem (D_d) é um parâmetro morfométrico utilizado para indicar o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma área. Para BHRR, foi obtido o valor de 1,76 km/km², indicando condições favoráveis de drenagem e uma rede de drenagem relativamente bem desenvolvida, o que favorece o escoamento superficial em direção aos cursos d'água, conforme descrito por Villela *et al.*, (1975) [30]. Além disso, esse índice auxilia na compreensão de processos hidrológicos e geomorfológicos da bacia hidrográfica, uma vez que exerce influência significativa no escoamento e no transporte de sedimentos [43].

A análise da rede hidrográfica e da densidade de drenagem (Figura 4a e 4b) reforça essa interpretação, evidenciando maior concentração de canais principalmente na porção sul da bacia e nas áreas próximas ao exutório, indicando maior desenvolvimento da drenagem superficial nesses setores. Em contrapartida, as áreas com menor densidade de drenagem apresentam menor quantidade de canais, fazendo com que a água percorra maiores distâncias até alcançar a rede hidrográfica. Logo, a extensão média do escoamento superficial (E) foi de aproximadamente 0,284 km, valor que corresponde à distância média percorrida pelas enxurradas desde o interflúvio até o canal permanente.

Esse valor relativamente baixo indica que a água alcança rapidamente a rede de drenagem, favorecendo uma resposta hidrológica inicial mais eficiente [12,32].

Segundo Peruzzo *et al.*, (2022) [34], uma bacia hidrográfica com $D_h < 3$ rios/km² é classificada como de baixa densidade hidrográfica. A área em estudo apresentou valor de 1,10 rios/km², indicando uma capacidade reduzida para gerar novos cursos d'água. Nessas condições, a água proveniente da precipitação tende a percorrer maiores distâncias até alcançar um canal para o escoamento, podendo favorecer a infiltração no solo, entretanto na ausência de cobertura vegetal, o grande percurso superficial da água pode contribuir para a intensificação de processos erosivos [44]. Esse comportamento também pode ser observado a partir do coeficiente de manutenção, um parâmetro crucial no estudo da drenagem e no planejamento ambiental de bacias hidrográficas, pois estima a área mínima necessária para sustentar o canal fluvial. Para a bacia em estudo, o valor obtido de 0,56 km²/km indica a área necessária para manter cada quilômetro de canal da rede de drenagem [16].

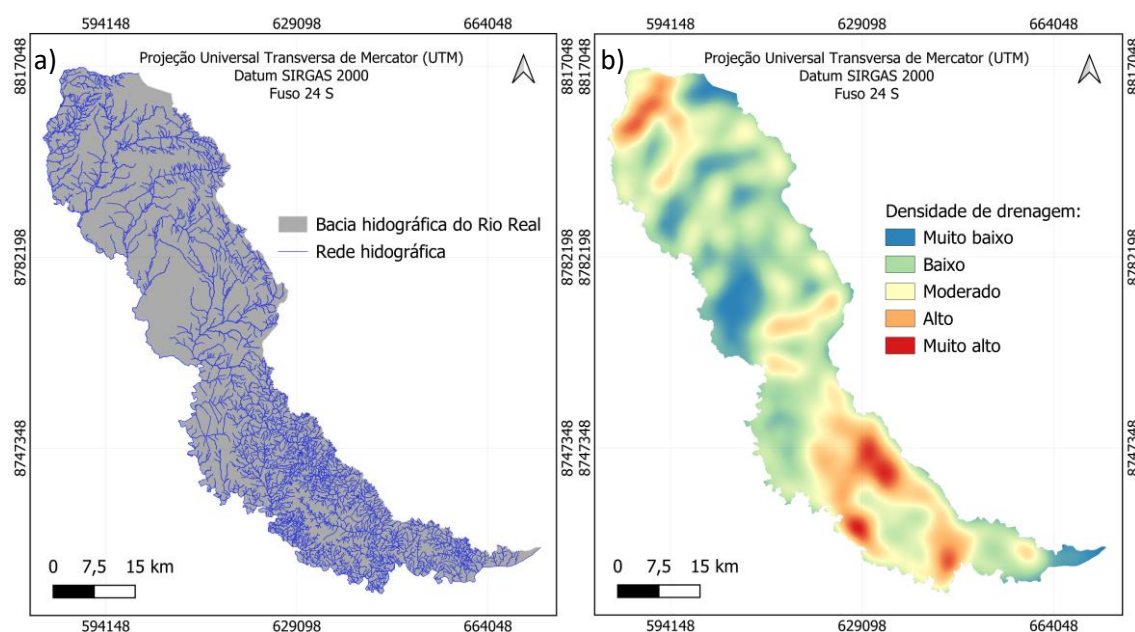


Figura 4: Mapa de a) rede hidrográfica e b) densidade de drenagem da área de estudo.

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica corresponde ao intervalo necessário para que a água de escoamento percorra toda a bacia até atingir o curso d'água principal [31]. Para a área em estudo, esse tempo foi estimado em aproximadamente 78,8 horas, ou cerca de 3 dias e 7 horas. Isso significa que a água proveniente das partes mais distantes da bacia leva mais de três dias para chegar ao ponto de saída do rio, caracterizando uma resposta hidrológica lenta. Como consequência, o escoamento

superficial tende a ocorrer de forma mais distribuída, reduzindo a concentração simultânea dos fluxos e, conseqüentemente, a ocorrência de picos elevados de vazão e de inundações rápidas. Esse resultado está em concordância com as características físicas da região, especialmente o grande comprimento do rio principal, de 273,75 km, e o desnível total de aproximadamente 604,4 m.

Com relação à pedologia, observa-se que a BHRR apresenta predominância de solos Planossolos e Argissolos, além da presença de Gleissolos, Neossolos, Luvisolos e Cambissolos em pontos específicos (Figura 5a). Conforme Moura et al., (2023) [45], os Gleissolos apresentam restrições naturais à drenagem, com tendência à saturação hídrica, favorecendo o aumento do escoamento superficial em períodos de maior precipitação. De forma similar, os Planossolos possuem baixa permeabilidade, provocando acúmulo temporário de água na superfície [27]. Já os Argissolos, por sua vez, caracterizam-se pelo maior teor de argila em subsuperfície, formando um horizonte B textural devido ao acúmulo de argila, o que reduz a porosidade e a permeabilidade do solo, dificultando a infiltração de água e favorecendo o acúmulo temporário nas camadas superiores, contribuindo para a intensificação da erosão [44, 46].

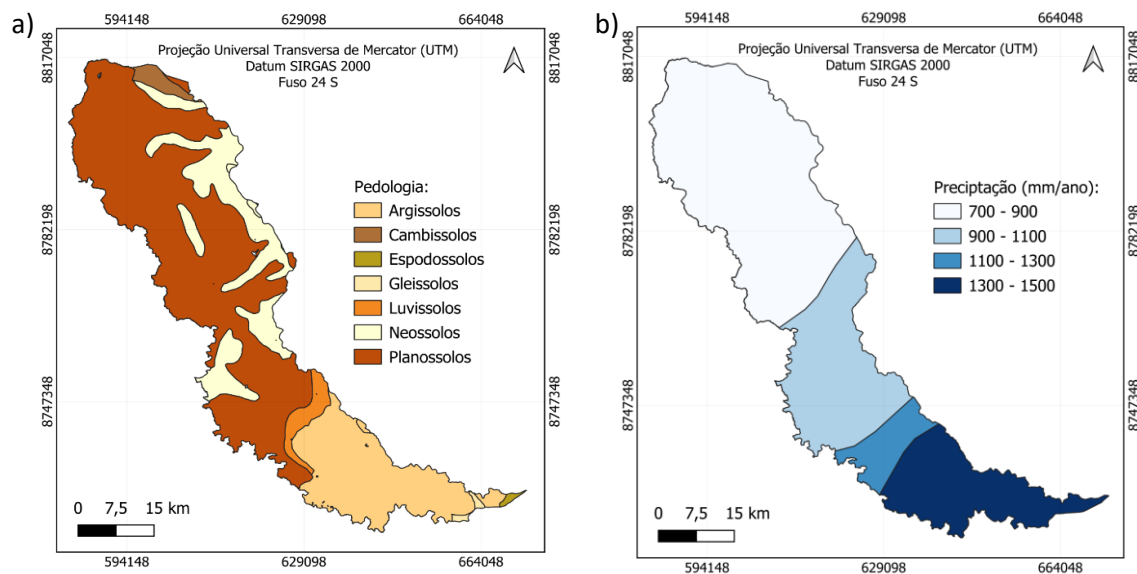


Figura 5: Mapa de a) pedologia e b) precipitação da área de estudo.

Na Figura 5b, verifica-se a existência de um gradiente pluviométrico ao longo da bacia, variando entre 700 a 1500 mm/ano, em que os menores índices (700-900 mm/ano) se concentram na porção superior, enquanto os maiores (1100-1500 mm/ano) se distribuem predominantemente na parte inferior. Quando áreas com maiores índices pluviométricos, especialmente na porção inferior da bacia, coincidem com solos como os Argissolos, que apresentam restrição à infiltração em subsuperfície devido ao horizonte

textural, estão associados ao uso de pastagem, especialmente sob manejo intensivo, esses fatores intensificam a vulnerabilidade à erosão e ao transporte de sedimentos [27]. Santos *et al.*, (2024) [9], destacam que a precipitação pluviométrica constitui um fator importante na dinâmica da erosão do solo e no assoreamento de corpos hídricos, principalmente em áreas que sofreram alterações na cobertura vegetal devido à ação antrópica.

Com base no mapa hipsométrico (Figura 6), observa-se que a bacia apresenta significativa variação topográfica, com altitude mínima de 0,60 m e máxima de 605 m, evidenciando uma amplitude altimétrica de 604,4 m. As maiores altitudes concentram-se na porção superior da bacia, enquanto as menores cotas ocorrem na parte inferior, próxima ao exutório, indicando um gradiente altimétrico bem definido no sentido do escoamento. Esse gradiente influencia a temperatura, a precipitação e a evapotranspiração, uma vez que regiões elevadas tendem a receber mais chuva, registrar temperaturas mais baixas e apresentar menor perda de água, enquanto áreas mais baixas possuem maior evaporação e temperaturas mais altas, impactando o balanço hídrico da bacia [14,17].

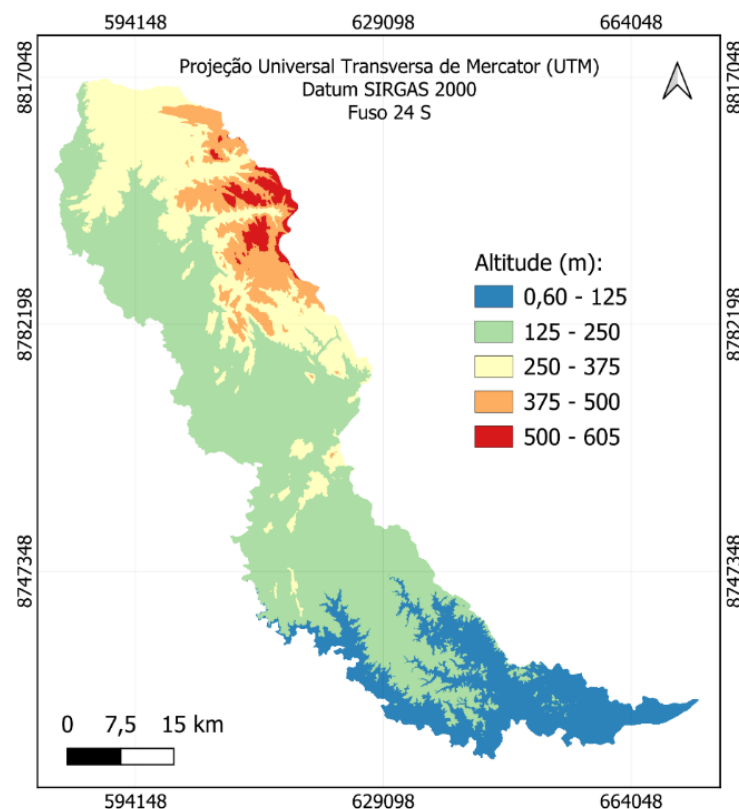


Figura 6: Mapa hipsométrico da área de estudo.

Conforme apresentado na Tabela 3, a BHRR apresenta maior concentração na faixa altimétrica de 125 a 250 m, enquanto altitudes superiores a 500 m apresentam baixa representatividade, evidenciando a predominância de cotas intermediárias na bacia. A

análise da curva hipsométrica (Figura 7) revela um comportamento predominantemente convexo, permitindo inferir aspectos relevantes sobre o estágio evolutivo do relevo. O formato dessa curva está diretamente relacionado ao grau de desenvolvimento geomorfológico da bacia, sendo curvas convexas indicativas de relevos jovens; a configuração observada sugere que a bacia apresenta uma maior suscetibilidade à processos erosivos [47].

Tabela 3: Classes de altitude da parcela da BHRR pertencente ao estado de Sergipe.

Classes (m)	Área (km ²)	Percentual (%)
0,60 – 125	400,22	16,77
125 – 250	1282,68	53,75
250 - 375	475,16	19,91
375 – 500	181,35	7,60
500 – 605	47,03	1,97
Total	2386,44	100

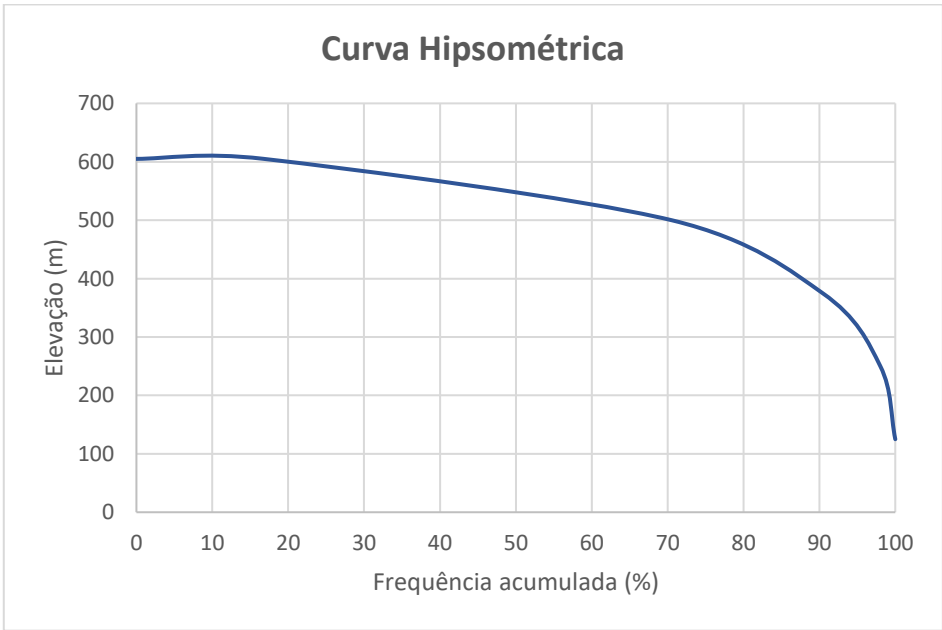


Figura 7: Curva hipsométrica da área de estudo.

Salis *et al.* (2020) destacam que a declividade é um índice fundamental na análise morfométrica, estando diretamente relacionada ao aumento do risco de processos erosivos, uma vez que maiores declividades favorecem o escoamento superficial e reduzem a infiltração de água no solo. Neste contexto, a declividade da BHRR (Tabela 4 e Figura 8), evidencia o predomínio de relevo suave ondulado a moderadamente ondulado, com valores entre 3% e 8%, abrangendo a maior parte da área estudada. Além disso, foram identificadas ainda áreas com declividades entre 8% e 45%, classificadas como relevo ondulado a forte ondulado. Embora menos extensos, esses trechos apresentam escoamento acelerado e maior potencial erosivo, conforme observado por Fiorese *et al.*, (2022) [32], que destacam a intensificação dos processos erosivos em

terrenos mais íngremes devido ao aumento da velocidade do fluxo, impactando diretamente no assoreamento de rios, influenciando no abastecimento de água, na geração de energia, nas atividades recreativas e na agricultura [9].

Tabela 4: Classes de declividade da parcela da BHRR pertencente ao estado de Sergipe.

Classes (%)	Área (km²)	Percentual (%)
Plano	425,8	17,84
Suave ondulado	1122,99	47,06
Ondulado	618,84	25,93
Forte ondulado	208,49	8,74
Montanhoso	10,32	0,43
Total	2386,44	100

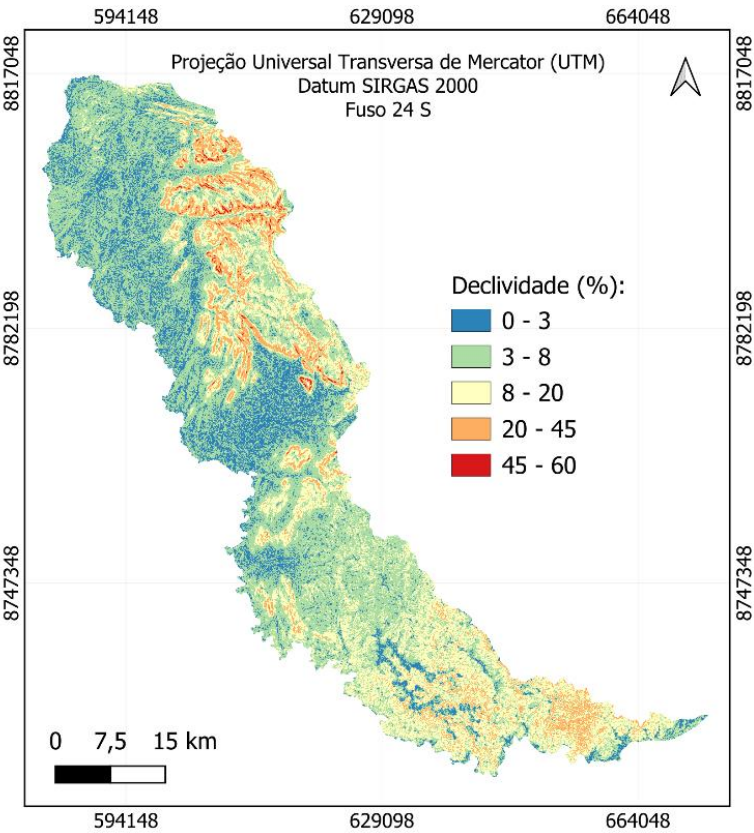


Figura 8: Mapa de declividade da área de estudo.

O índice de rugosidade (Ir) constitui um importante indicador na caracterização do relevo e do potencial de degradação de uma bacia hidrográfica, sendo que valores elevados estão associados à maior suscetibilidade a processos erosivos, especialmente em áreas com vertentes íngremes [37]. Na BHRR, o valor de 1063,74 enquadra a bacia na classe de rugosidade muito forte, indicando elevada irregularidade do relevo, favorecendo o aumento da velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, a intensificação dos processos erosivos. Esse resultado demonstra que as características morfológicas da bacia favorecem a ocorrência da erosão hídrica, sobretudo nas áreas de maior declividade.

Segundo Santos *et al.*, (2012) [48], a razão de relevo (R_r) representa a relação entre o desnível da nascente e do exutório, sendo que valores elevados indicam maior declividade média da bacia. Para a área em estudo, o valor de 4,44 indica o predomínio de áreas inclinadas, favorecendo a maior velocidade do escoamento superficial e, por conseguinte, a intensificação do potencial erosivo. Além disso, a elevada amplitude altimétrica máxima (H_m) contribui para o aumento da velocidade do escoamento, intensificando a atuação dos processos erosivos. Esse resultado é reforçado pelo alto valor observado para R_r , indicando condições favoráveis à intensificação da erosão na bacia estudada.

Segundo Freitas (1952) [36], a textura topográfica resulta da atuação de diferentes fatores naturais que influenciam a drenagem, como clima, vegetação, natureza da rocha ou do solo, intensidade das chuvas e a capacidade de infiltração. Na área em estudo, a textura topográfica apresentou valor de 3,19, classificada como grosseira, essa característica sugere que a área se encontra em estágios iniciais ou recentes do ciclo erosivo. Além disso, a razão de textura é de 5,74 rios/km, indicando um espaçamento moderado entre os canais de drenagem.

O mapa de suscetibilidade à erosão (Figura 9) evidencia o predomínio das classes moderada e alta na área estudada, corroborando os resultados obtidos para a textura topográfica, classificada como grosseira. Esse comportamento reflete a influência do relevo e da dinâmica do escoamento superficial na intensificação dos processos erosivos, sobretudo nos setores com maiores declividades e maior densidade da rede de drenagem. As áreas classificadas com suscetibilidade muito alta apresentam ocorrência localizada, sendo mais frequentes em áreas de relevo acidentado, onde a força do fluxo da água favorece a remoção e o transporte de sedimentos. Por outro lado, os setores de baixa suscetibilidade estão associados às áreas de relevo mais suave, caracterizadas por menor concentração do escoamento superficial e maior capacidade de infiltração da água no solo [15, 32, 37].

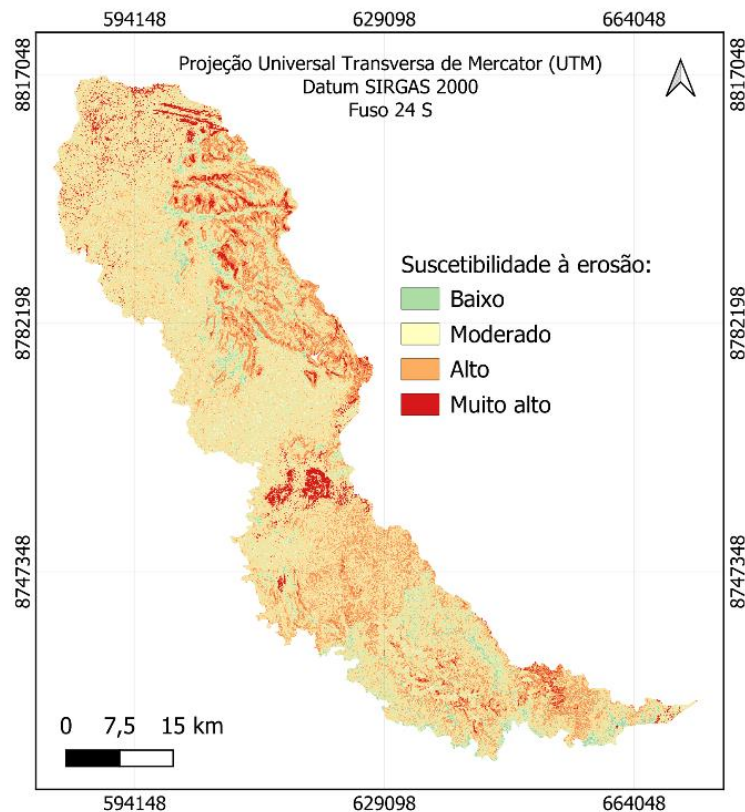


Figura 9: Mapa de suscetibilidade à erosão da área de estudo.

A declividade do rio principal influencia diretamente a velocidade do escoamento da água. Na bacia estudada, a baixa declividade do canal principal (0,00221 m/m) resulta em escoamento lento, favorecendo o assoreamento do rio e o acúmulo de água durante períodos de chuva intensa [29]. Portanto, a declividade e a altimetria revelam dois comportamentos distintos na bacia: áreas mais elevadas e íngremes são mais suscetíveis à erosão devido ao maior escoamento superficial, por outro lado, regiões mais baixas e de menor inclinação, sobretudo ao longo do canal principal, apresentam maior propensão a inundações, em função da menor capacidade de escoamento e da tendência ao acúmulo de água.

4. CONCLUSÃO

Os resultados evidenciam a importância da análise morfométrica, realizada por meio de geotecnologias, como ferramenta de suporte à gestão dos recursos hídricos, fornecendo informações técnicas que auxiliam no planejamento ambiental, na prevenção de impactos e na tomada de decisões, contribuindo para a conservação da qualidade e da disponibilidade da água e para o uso sustentável dos recursos naturais da bacia. A avaliação dos parâmetros morfométricos possibilitou uma interpretação integrada da dinâmica hidrológica e geomorfológica da bacia estudada, evidenciando a influência de

sua configuração física sobre o escoamento superficial, os processos erosivos e o transporte de sedimentos.

Os índices relacionados à forma indicaram que a bacia apresenta geometria alongada, condição que favorece a distribuição mais gradual do escoamento superficial e reduz a probabilidade de ocorrência de inundações de resposta rápida, comportamento esse reforçado pelo elevado tempo de concentração. Entretanto, a amplitude altimétrica, combinada com elevados valores de rugosidade, razão de relevo e densidade de drenagem, favorece o escoamento superficial acelerado, aumentando o transporte de sedimentos e o risco de degradação do solo e do assoreamento dos corpos hídricos.

Além disso, a baixa inclinação do canal principal contribui para a deposição de sedimentos, podendo alterar a dinâmica do fluxo e comprometer tanto a qualidade da água quanto a capacidade de condução dos canais. Dessa forma, embora a bacia apresente menor risco de eventos extremos de cheia, existem condições favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos, especialmente em áreas de maior inclinação e menor cobertura vegetal.

Com base nesses resultados, recomenda-se a adoção de medidas que reduzam o escoamento superficial e o transporte de sedimentos, principalmente nas áreas mais inclinadas e com maior risco de erosão. Entre as principais ações estão a preservação e recuperação da vegetação nativa, o uso de práticas de conservação do solo e o planejamento adequado do uso e ocupação do solo. Essas medidas podem contribuir para reduzir os picos de vazão, diminuir os riscos de inundações e garantir a conservação dos recursos hídricos da bacia.

REFERÊNCIAS

1. Water scarcity and political stability in the Arab World: a comparative study of Iraq and Jordan. *Int. J. Appl. Sci. Res.* 2025 Aug; 3(8):637-648, <https://doi.org/10.59890/ijasr.v3i8.83>
2. Schmitz AP, Bittencourt MVL. Crescimento econômico e pressão sobre recursos hídricos. *Estud. Econ.* 2017 Apr-Jun; 47(2):329-363. <https://doi.org/10.1590/0101-416147243asm>
3. Fagundes OS, Oliveira LCA, Yamashita OM, Silva IV, Carvalho MAC.; Rodrigues DV. The water crisis and its implications in brazilian agribusiness: a bibliographic review. *Sci. Electron. Arch.* 2020 Mar; 13(1):42-50. <https://doi.org/10.36560/1312020801>
4. Ampolini G, Winckler S, Renk A. Gestão de recursos hídricos no brasil: desafios e oportunidades na implementação da agenda 2030 da ONU. *Desenv. Quest.* 2024 Aug; 22(60):1-15. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2024.60.15995>
5. Brasil. Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, (...). Brasília (DF): Diário Oficial da União 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm
6. Souza TC, Santos VF, Jesus JGL, Silveira ACG, Alcântara BSV, Freitas WS. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego São José, região do Caparaó- ES. *Cad. Pedag.* 2025 Apr; 22(6):1-16. <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n6-244>
7. Couto L. Revitalização e conservação de Bacias Hidrográficas. Vitória (ES): Editora Maré; 2023.
8. Mariano Santiago Schiavinato VMS, Gonzalez AZD. Degradação de áreas de nascentes na sub-bacia hidrográfica do córrego das pitas-mt: o que pensam os pequenos produtores rurais? *Caminhos Geogr.* 2020 Abr; 21(74):295-312. <https://doi.org/10.14393/RCG217448882>
9. Santos MGM, Nascimento PSR. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Vaza-Barris (SE): identificação de área vulnerável à degradação ambiental. *Sci. Plena* 2024 Ago; 20(8):1-12. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2024.089906>
10. Domingues EM, Soares KVL, Clemente CMS.; Silva NL. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio das Rãs/BA, Semiárido Brasileiro. *Rev. Bras. Meio Ambient.* 2023 Out; 11(3):76-94. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/1494>
11. Strahler AN. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Union.* 1957 Dec; 38(6):831-1022.
12. Esteves LV, Esteves AMSL, Da Paz DHF, Coutinho AP. Caracterização morfométrica e uso do solo da Bacia Hidrográfica do rio Sirinhaém (BHRS), Pernambuco, Brasil. *Rev. Bras. Geogr. Física.* 2023 Ago; 16(5), 2609-23. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.5.p2609-2623>
13. Pessoa Neto AG. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Tapacurá, Pernambuco, Brasil. *Geogr. Dep. Univ.* 2023 Out; 43:1-18. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.200802>
14. Silva G, Almeida F, Almeida R, Mesquita M, Alves Júnior J. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do riacho Rangel-Piauí, Brasil. *Encic. Biosf.* 2018 Mai; 15(28):244-58. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018B22
15. Salis HHC, Costa AM, Vianna JHM, Schuler AE. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Do Marinheiro, Sete Lagoas - MG. *Bol. Geogr.* 2020 Mai-Ago; 37(2):186-201. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i2.36965>
16. Ribeiro KV, Magalhães VR, Albuquerque ELS. Bacia Hidrográfica do rio Mulato, Estado do Piauí: a importância da análise morfométrica no planejamento. *Int. J. Semiarid* 2020 Jan; 3(3):61-72. <https://doi.org/10.56346/ijsa.v3i3.72>
17. Dias NDO, Machado VS, Marcato Junior J, Osco LP, Ramos APM. Análise morfométrica de bacia hidrográfica utilizando dados de diferentes modelos digitais de superfície. *Colloq. Exactum* 2019, Mai; 11(4):23-35. <https://doi.org/10.5747/ce.2019.v11.n4.e294>
18. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Ações Climáticas (Semac). Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe [Internet]. Disponível em: <https://serhidro.semac.se.gov.br/apps/4be843dcf26444b8ae7eed4ec86aecdc/explore>
19. Sousa IF, Santana NRF. Recorte do perfil climático de bacias hidrográficas do Estado de Sergipe: Rio Sergipe, Rio Vaza Barris, Rio Japarutuba, Rio Real e Costeiras (Caueira-Abais e Sapucaia). 1. Ed. Belo Horizonte (MG): Editora Poisson, 2020. <https://doi.org/10.36229/978-65-5866-022-4>
20. Mapeamento Anual de Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomas). Plataforma de mapas e dados [Internet] [Citado em 10 Fev 2026]. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>
21. Souza IVS, Andrade IM, Sousa CP, Estevam ALD. Uso e ocupação do solo na Sub-bacia Hidrográfica do rio Verde, São Miguel das Matas – BA: impactos socioambientais e reflexos na

- saúde pública. Rev. Polít. Públ. Cid. 2025 Mar;14(2):1-15. <https://doi.org/10.23900/2359-1552v14n2-4-2025>
22. Melo DOS, Santos LS, Barbosa AG, Mendes L.A. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. Rev. Bras. Geogr. Fis. 2020 Dec;13(07):3554–3570. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3554-3570>
 23. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf). Bacia hidrográfica do rio Real [Internet];[Citado em 10 Fev 2026]. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/area-de-atuacao/bacia-hidrografica/real/real>
 24. Lima, PISO, Gonçalves MJS, Torres AP. Análise do fator hidrológico e o detalhamento do fator hidrológico na Bacia Hidrográfica do rio Real BA/SE. Cadernos de Geociências. 2023 Dec;18(2):1-11. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/cadgeo/article/download/55942/29631/220637>
 25. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema). Programa Monitora: qualidade das águas do estado da Bahia - RPGA do Rio Real. Salvador (BA): SEMA, 2014,17p. Disponível em: https://www.ba.gov.br/inema/sites/site-inema/files/migracao_2024/arquivos/wp-content/files/Relatrio_Rio_Real_C1_2014.pdf
 26. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Banco de dados geomorfométricos do Brasil. Projeto Topodata [Internet]. São José dos Campos (SP): INPE; 2011 [citado em 31 jan 2026]. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/aceso.php>
 27. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1979). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1)
 28. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). GeoInfo: Catálogo de Metadados Geoespaciais da Embrapa [Internet]. Disponível em: <https://geoinfo.dados.embrapa.br/catalogue/uuid/cdf69b7d-b698-4735-9b7d-6733037fa11e>.
 29. Pessoa Neto AGP, Silva SR, Barbosa IMBR. Morphometric characterization of the watershed of the river Duas Unas, in Pernambuco. Rev. Bras. Geogr. Fis. 2023 Dec;16(6):3149–3167. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.6.p3149-3167>
 30. Villela SM, Mattos A. Hidrologia aplicada. São Paulo (SP): McGraw Hill do Brasil, 1975. 245p.
 31. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte (DNIT). Manual de Hidrologia Básica Para Estruturas de Drenagem. Rio de Janeiro (RJ): IPR. 2005, p 133.
 32. Fiorese CHU, Aguilar TO. Morfometria da Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão São Domingos, no município de Muniz Freire (ES). Cad. Ciênc. Agrár. 2022 Set;14:1–7. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2022.37152>
 33. Horton RE. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins, Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. GSA Bulletin. 1945 Mar;56(3): 275–301. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
 34. Peruzzo JS, Silvino GS, Araújo, MCP, Leon MJ, Arruda Filho NT, Lisboa FDS. Caracterização morfométrica das Microbacias Hidrográficas inseridas no município de Itaporanga (PB). Rev. Ibero-Am. Ciênc. Ambient. 2022 Mar;13(3):92–104. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/7074>
 35. Gerber D, Pertille CT, Vieira FS, Corrêa BJS, Souza CF. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Itajaí – Santa Catarina. Acta Biol. Catarin. 2018 Mar;5(1):72–83. <https://doi.org/10.21726/abc.v5i1.290>
 36. Freitas RO. Textura da drenagem e sua aplicação geomorfológica. Bol. Paul. Geogr. 1952 Mar;11(53–57). Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/1366>
 37. Silva MFC, Silva EM, Oliveira ACM, Lima MGS, Menezes SM, Moraes JMP. Caracterização morfométrica da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Missi, Ceará. Obs. La Econ. Latinoam. 2025 Jun;23(7):1-24. <https://doi.org/10.55905/oelv23n7-047>
 38. Leite R V, Freitas F, Cabral RR. Caracterização morfométrica da bacia do rio Pirapetinga, Resende - RJ. Ver. GeoUERJ. 2023 Mai;42:1-29. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2023.69217>
 39. Oliveira PTS, Alves Sobrinho T, Steffen JL, Dulce B. B. DBB. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. Rev. bras. Eng. Agríc. Ambient. 2010;14(8):819-25. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000800005>
 40. Jovino ES T,avares DMF, Montenegro SMGL, Santos SM, Oliveira LMM. O estudo de uso e cobertura do solo para a Bacia Hidrográfica do Rio Carinhonha (BA/MG). Rev. Bras. Sens. Remoto 2024 Jun;5(1), 17–27. Disponível em: <https://rbsr.com.br/index.php/RBSR/article/view/19>
 41. Lima SMSA, Lopes WGR, Façanha AC. Alterações na cobertura do solo em Teresina, Piauí, Brasil. Soc. Nat. 2021 Jul;33:1–14. <https://doi.org/10.14393/sn-v33-2021-58922>

42. Abadias IM, Fonseca PRB, Barbosa CH, Sales MCG. Identificação dos principais impactos ambientais ocasionados pelo manejo da pecuária no município de Humaitá – AM. *Rev. Gest. Sustent. Ambient.* 2020 Jul;9(2), 664. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e22020664-682>
43. Romero V, Formiga KTM, Marcuzzo FFN. Estudo hidromorfológico de Bacia Hidrográfica urbana em Goiânia/GO. *Cie. e Nat.* 2017;39(2):320-340. <https://doi.org/10.5902/2179460x26411>
44. Alves WS.; Martins, A. P.; Morais, W. A.; Pôssa, É. M.; De Moura, D. M. B.; Santos, L. N. S.; Ferreira, R. S.; Nunes, N. da C.; Pereira, M. A. B.; Moreira, E. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica do rio Verdinho, Sudoeste de Goiás, Brasil. *Rev. Bras. Geogr. Fís.* 2020 Dez;13(7):3636–3658. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3636-3658>
45. Moura DMB, Oliveira IJ, Nascimento DTF, Sousa, FA. Análise comparativa dos solos e aquíferos freáticos como suporte à avaliação da disponibilidade hídrica das altas bacias hidrográficas dos ribeirões Santo Antônio e Santa Marta (Iporá–GO). *Bol. Paul. Geogr.* 2023 Set;1(110):57–81. <https://doi.org/10.61636/bpg.v1i110.2987>
46. Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbrales JF, Coelho MR, Almeida JÁ, Araujo Filho JC, Oliveira JB, Cunha TJF. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília (DF): Embrapa, 2018, 355p.
47. Jacomine PKT. A Nova Classificação Brasileira de Solos. *An. Acad. Pernamb. Ciênc. Agron.* 2009;5(6): 161–179. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/19350/1/Jacomine.pdf>
48. Pessoa Neto AGP, Silva SR, Corrêa MM, Felipetto HS. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Fragoso, Pernambuco, Brasil. *Rev. Geogr. Acad.* 2024 Dez;18(2):147–169. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/8318/4114>
49. Santos AM, Targa MS, Batista GT, Dias NW. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Rev. Ambient. Água.* 2012 Dez;7(3):195–211. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.945>