



Determinação das Características Morfométricas da Microbacia Vertente do Açude Canoas, Ceará

Douglas Pereira Ferreira¹, Francisco Éder Rodrigues De Oliveira², Joel Medeiros Bezerra³, Caio Állisson Diniz da Silva⁴, Humberto Freire Dias Neto⁵

¹Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual do Pará. Especialista em Gestão de resíduos Sólidos urbanos, Mestrando do programa Pós-graduação em Manejo de Solo e Água pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: eng.amb.douglas@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4042-2051>

²Tecnólogo em Irrigação e Drenagem pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Doutorando do programa Pós-graduação em Manejo de Solo e Água pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: rodrigueseder750@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7011-4818>

³Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande. Professor do Departamento de Engenharias e Tecnologia, lotado no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: joel.medeiros@ufersa.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8150-4125>

⁴Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mestre em Manejo de Solo e Água pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Doutorando do programa Pós-graduação em Manejo de Solo e Água na Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: caio.diniz@alunos.ufersa.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8713-7565>

⁵Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mestrando do programa Pós-graduação em Manejo de Solo e Água pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail: humberto.neto68338@alunos.ufersa.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0130-2620>

Artigo recebido em 01/02/2024 e aceito em 24/07/2024

RESUMO

Os estudos de caracterização morfométrica colaboram para o planejamento e gerenciamento de microbacias hidrográficas, por meio da determinação e análise dos parâmetros físicos e geográficos de relevo e drenagem. O objetivo da pesquisa foi realizar caracterização morfométrica da microbacia drenável do Açude Canoas – CE. Para a delimitação automática da microbacia, foram empregado o Modelo Digital de Elevação (MDE), adquirido junto ao projeto TOPODATA, pertencente ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e utilizado o programa QGIS, um SIG gratuito de linguagem aberta, auxiliados pelos plugins GRASS e SAGA, realizou-se a delimitação automática da microbacia, extração da sua rede de drenagem e, conseqüentemente, a obtenção dos parâmetros geométricos, hidrográficos e relevo, para classificação das classes de uso e ocupação de solo, considerou-se a coleção 7 do projeto Mapbiomas. A microbacia possui área de drenagem de 549,18 km² e perímetro de 173,07 km. Considerada de 5ª ordem, apresentando numerosa ramificação e formato losangular, apresentando baixa tendência a enchentes, o relevo correspondeu de plano a suavemente ondulado. A aplicação de ferramentas geotecnológicas no estudo de bacias hidrográficas possibilitou o mapeamento dos principais aspectos morfométricos da microbacia, gerando dados que podem subsidiar decisões estratégicas no planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos do Açude Canoas.

Palavras-chave: Geotecnologias, gestão de recursos hídricos, sensoriamento remoto.

Determination of the Morphometric Characteristics of the Micro-Watershed Slope of Açude Canoas, Ceará

ABSTRACT

Morphometric characterization studies contribute to the planning and management of micro-watersheds by determining and analyzing the physical and geographical parameters of relief and drainage. The objective of this research was to conduct a morphometric characterization of the drainable micro-watershed of Açude Canoas – CE. For the automatic delineation of the micro-watershed, the Digital Elevation Model (DEM) was employed, obtained from the TOPODATA project, part of the National Institute for Space Research (INPE). Using QGIS, an open-source GIS program, along with the GRASS and SAGA plugins, the automatic delineation of the micro-watershed was performed, allowing the extraction of its drainage network and, consequently, the acquisition of geometric, hydrographic, and relief parameters. For the classification of land use and land cover classes, the study used the collection 7 of the Mapbiomas project. The micro-watershed has a drainage area of 549.18 km² and a perimeter of 173.07 km. It is classified as a 5th-order watershed, featuring numerous branches and a diamond shape, with low flood propensity, and its relief ranges from flat to gently

undulating. The application of geotechnological tools in watershed studies enabled the mapping of the main morphometric aspects of the micro-watershed, generating data that can support strategic decisions in environmental planning and management of the water resources of Açude Canoas.

Keywords: Geotechnologies; water resources management; remote sensing.

Introdução

A bacia hidrográfica é conceituada como unidade territorial para fins de planejamento, gestão territorial e gerenciamento dos recursos hídricos, conforme estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), de acordo com a Lei Federal Nº 9.433/1997. Complementando o conceito Kanhaiya et al. (2019), descrevem a bacia hidrográfica como uma área em que a água escoar em direção de um determinado ponto do sistema de drenagem responsável pela descarga da vazão total, exutório.

A composição da bacia hidrográfica vai além dos corpos hídricos que a estruturam, apresentando um sistema dinâmico de relevos, solos, vegetação e parâmetros biofísicos, que contribuem para constantes alterações da paisagem (Gomes; Bianchi e Oliveira, 2021). A determinação das características morfométrica de uma bacia hidrográfica é o procedimento inicial e mais comum em estudos de análises ambientais e hidrológicas, o método permite estabelecer as características ambientais no universo regional e local e as dinâmicas ambientais em uma bacia hidrográfica (Raiol et al., 2022). De maneira geral, a composição física de uma bacia hidrográfica é composta geomorfologia, topografia, litologia, estruturas geológicas e leito rochoso, estas comumente são sofrem alterações, contudo, influenciam diretamente no potencial do sistema de drenagem e nas atividades que ocorrem na bacia hidrográfica (Rahmati et al., 2019; Su et al., 2019; Waiyasusri e Chotpantarat, 2020).

A compreensão dos processos naturais em uma microbacia, ou da dinâmica morfométrica, requer um estudo detalhado das características ambientais, sejam elas de origem natural ou antrópica. De acordo com Fiorese e Aguilar (2019), a análise morfométrica constitui uma ferramenta que, por meio de técnicas e procedimentos qualitativos, permite diagnosticar potenciais problemas relacionados à qualidade ambiental dos recursos hídricos. Chaves e Pinto Filho (2020) acrescentam que, após a identificação das características morfométricas de uma bacia hidrográfica, torna-se viável uma análise sistemática dos seus fatores ambientais e socioeconômicos. Venceslau e Miyazaki (2020)

afirmam que, ao se destacar essas características naturais e os aspectos socioeconômicos, é possível evitar ou minimizar os impactos socioambientais.

A análise morfométrica é elaborada a partir da aquisição de dados de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e fotografias aéreas, que fornecem uma representação precisa de uma ampla área (Bharath et al., 2017; Raiol et al., 2022). Além disso, Abdeta et al. (2020) destacam que a combinação de produtos de sensoriamento remoto com verificações em estudos de campo resulta na extração de parâmetros morfométricos com maior precisão. Esse método é amplamente empregado por pesquisadores na aferição de Modelos Digitais de Elevação (MDE).

Conforme Lopes et al. (2022) expõem a importância de estudos em bacias hidrográficas, tais quais permitem a identificação de impactos negativos sobre os compartimentos a cerca da qualidade ambiental dos recursos naturais encontrados nesse local. A utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) permitem o refino ao subsidiar unidades territoriais, propiciando aprimoramento da qualidade ambiental (Aires et al., 2021). Reduzindo assim, o tempo gasto para realização dos monitoramentos de impactos ambientais ocorridos dentro das bacias e auxiliando nas fiscalizações das intervenções humanas nos corpos hídricos superficiais.

A dinâmica constante de mudanças da paisagem resulta em diversas alterações e substituições das classes de uso do solo que compõem as bacias hidrográficas. Quando essas mudanças são originadas por ações antrópicas, as alterações na paisagem natural tendem a favorecer a expansão de classes com fins econômicos, como atividades agropecuárias, exploração mineral, infraestrutura e desmatamento para fins madeireiros (Silva et al., 2021). Esses impactos são particularmente severos no bioma Caatinga do Semiárido brasileiro, onde a irregularidade pluviométrica, associada ao manejo inadequado dos recursos naturais, pode comprometer a manutenção dos mananciais.

A microbacia hidrográfica do Açude Canoas, localizada no Ceará, apresenta

características físicas semelhantes às de muitos reservatórios públicos da região semiárida, sendo amplamente explorada para diversos fins, como abastecimento humano e agropecuário. Essa exploração pode acarretar uma série de problemas ambientais e sociais ao longo do curso e na região do exutório da bacia, problemas que se agravam durante os períodos de estiagem prolongada e escassez hídrica, frequentes na região durante o segundo semestre do ano (COGERH, 2022). Nessas ocasiões, a demanda por recursos hídricos aumenta significativamente, exacerbando os conflitos internos.

Diante desses desafios relacionados à exploração dos recursos naturais, às secas prolongadas e à escassez de água, além do baixo número de pesquisas nas áreas de estudo ambiental, político, social e econômico sobre a Microbacia do Açude Canoas (MAC), considera-se que a caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Açude Canoas, no Ceará, pode fornecer informações cruciais para uma gestão eficaz dos recursos hídricos. Essa

caracterização visa minimizar os impactos socioambientais e otimizar o uso do solo na região semiárida. Para isso, foram aplicadas técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG) com o objetivo de aprimorar a compreensão dos parâmetros morfométricos, contribuindo para a formulação de estratégias sustentáveis de manejo e intervenções que mitiguem os problemas associados à escassez hídrica e às pressões antrópicas.

Neste sentido, a pesquisa teve como objetivo realizar o mapeamento e caracterização da morfometria da microbacia drenável do Açude Canoas - CE, identificando e discriminando os aspectos morfométricos e físicos, incluindo altimetria, relevo, hipsometria, redes de distribuição e ordenamento de canais. Desta forma, promovendo base de dados que possam subsidiar estudos e tomada de decisão quanto a projetos de planejamento ambiental na região do semiárido cearense.

Material e métodos

Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido na microbacia do Açude Canoas (MAC), localizada no estado do Ceará, na microrregião do Araripe. O reservatório, situado no município de Assaré, foi construído como parte de uma intervenção pública que envolveu o barramento do curso de água do rio Jaguaribe, sendo inaugurado em 1999.

O açude é monitorado pela Companhia de

Recursos Hídricos do Ceará e gerenciado pelo Comitê de Sub-Bacia do Alto Jaguaribe. Sua capacidade volumétrica é 69 hm³ (Figura 1). Os principais usos do recurso hídrico desporto no reservatório é o abastecimento humano, irrigação de área a jusante do açude e preservação ambiental da vida aquática e terrestre que circunvizinham o reservatório.

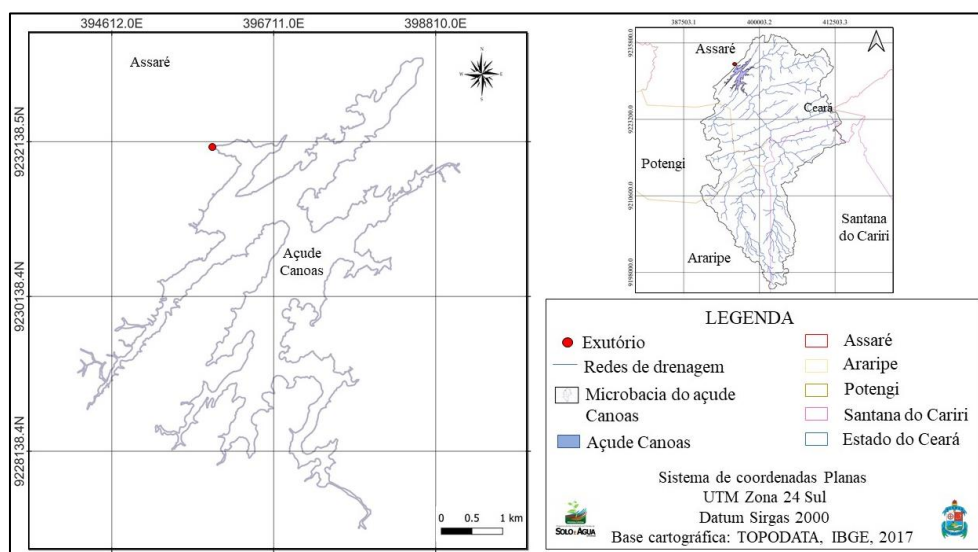


Figura 1. Mapa de localização do Açude Canoas e microbacia do Açude Canoas - CE. Fonte: Autores (2023).

O município de Assaré possui características geomorfoclimáticas inseridas da região Semiárida com clima tropical quente do tipo Bsw'h' e Aw', conforme classificação de Köppen, o clima da região é tropical semiárido muito quente e com estação chuvosa ocorrendo no verão-outono (Alvares et al, 2013). A pluviosidade média da região do Araripe é de 895,8 mm com temperatura variando de 24 °C e 26 °C, baixa amplitude térmica e concentração de chuvas de janeiro a maio (IPECE, 2017).

Os solos predominantes são Solos

Litólicos, PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, Terra Roxa Estruturada Similar (IPECE, 2017).

Processos metodológicos

O processo de edificação da base de dados e processamento realizado na pesquisa, bem como análise dos materiais e processamento elaborado para cada produto almejado está descrito no fluxograma (Figura 2).

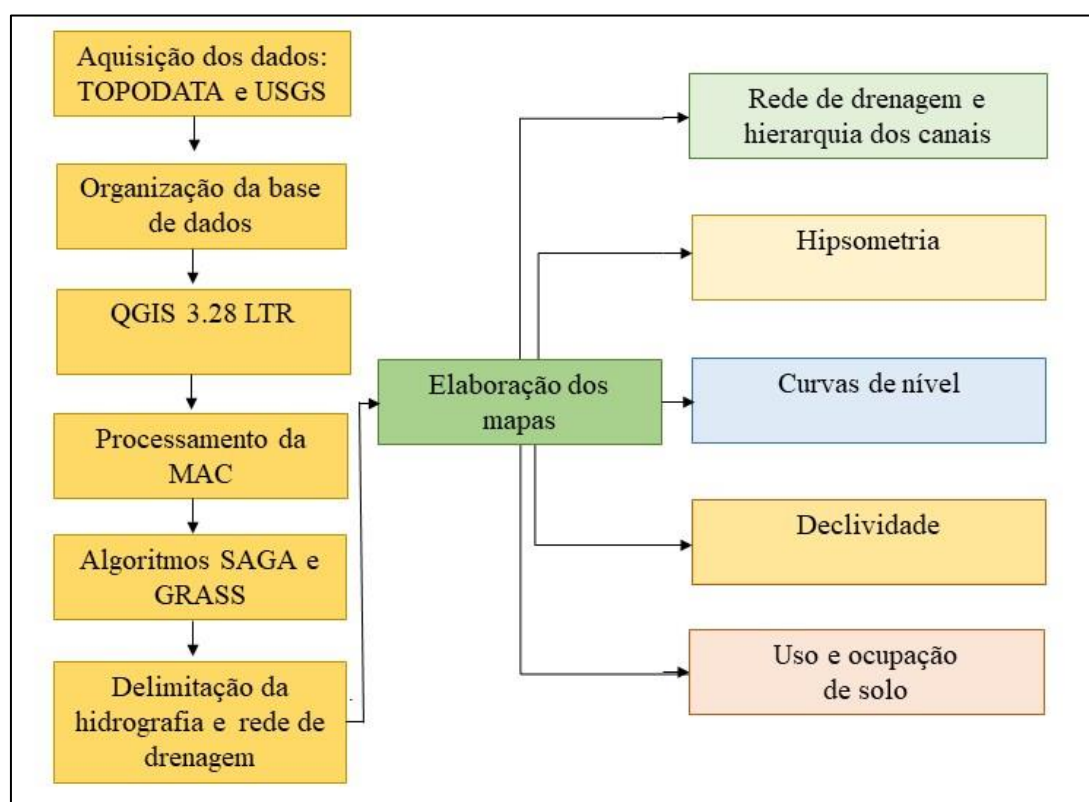


Figura 2. Fluxograma dos passos desenvolvidos para a processamento dos dados e elaboração do mapeamento. Fonte: Autores (2023).

A plataforma *Google Earth* foi empregada para a determinação do ponto de exutório, considerando a porção mais baixa do Açude Canoas, correspondendo à localização da barragem. A delimitação do reservatório foi realizada com base na configuração do espelho d'água. As imagens aéreas do reservatório foram disponibilizadas pelo Serviço Geológico Americano (USGS). A delimitação da microbacia e a extração da rede de drenagem foram realizadas utilizando o QGIS versão 3.28 LTR, em conjunto com as extensões GRASS e SAGA. Essas ferramentas são frequentemente empregadas para conduzir análises automáticas de áreas drenáveis

de bacias hidrográficas com base em imagens de altimetria. As ferramentas *r.watershed* e *r.water.outlet* foram posteriormente aplicadas para a delimitação semiautomática da Microbacia do Açude Canoas (MAC), partindo das coordenadas do ponto de exutório, permitindo a extração da rede de drenagem (Lopes et al., 2022).

Para a delimitação automática da microbacia, foram empregado o Modelo Digital de Elevação (MDE), adquirido junto ao projeto TOPODATA, pertencente ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). O MDE oferece imagens de elevação com uma resolução espacial de 30 x 30 metros por pixel. As folhas de referência

para a área de estudo foram 06S405ZN e 07S405ZN, com a projeção elipsoidal de referência sendo o Datum SIRGAS 2000/UTM 24S, fornecendo dados de altitude.

Foi adotado a metodologia de *Fill Sinks*, utilizando o plugin SAGA para avaliar as direções de fluxo de água e divisões da microbacia, permitindo a identificação e preenchimento das depressões superficiais do MDE. A ação permitiu a geração de cartas temáticas abordando as feições do relevo.

As ferramentas de modelagem hidrológica disponíveis no plugin SAGA do QGIS foram utilizadas para garantir a consistência da drenagem no MDE e refiná-lo, permitindo a exploração do fluxo de escoamento superficial na delimitação da

microbacia, no ordenamento da rede de drenagem, e no cálculo subsequente do número de segmentos de rios. O uso de ferramentas estatísticas do SIG possibilitou a obtenção do comprimento total dos arcos de drenagem e hidrografia, bem como dos valores de altitude máxima e mínima.

Na sequência, foi empregada a ferramenta de *raster* do *software* QGIS para a elaboração do mapa temático de declividade. Após essa etapa, para o refinamento dos dados, utilizou-se a extensão do plugin GRASS, por meio do comando *r.recode*. Este procedimento considerou os valores referentes às classes de declividade, em conformidade com os critérios estabelecidos pela EMBRAPA (1979), ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1. Classes de declividade, EMBRAPA (1979).

CLASSES DE DECLIVIDADE %	RELEVO
0 - 3	Plano
3 - 8	Relevo levemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
>75	Relevo fortemente montanhoso (escarpado)

Em síntese, para a análise dos parâmetros morfométricos da microbacia do açude Canoas, foram realizados cálculos matemáticos baseados na literatura especializada acerca dos parâmetros

morfométricos mais relevantes na microbacia, foram considerados as características geométricas, relevo e drenagem, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros morfométricos a serem avaliados na microbacia hidrográfica do Açude Canoas.

	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	QUAÇÃO.
Área de drenagem (A)	Área plana (projeção horizontal) inclusa entre seus divisores topográficos (km ²)	A
Perímetro da bacia (P)	Linha imaginária que delimita a bacia através de um divisor de águas principal (km)	P
Coefficiente de compacidade (kc)	Relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia.	$k_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$
Fator de forma (F _f)	Em que: A é a área de drenagem da bacia (km ²) e L o comprimento do curso d'água principal da bacia (km). Sendo avaliado conforme Villela e Mattos (1975).	$F_f = \frac{A}{L^2}$
Índice de Circularidade	O Índice de circularidade (Ic) relaciona a área da bacia à área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia.	$Ic = 12,57. \left(\frac{A}{P^2} \right)$
CARACTERÍSTICAS DO RELEVO		

Altitudes máxima e mínima da microbacia e maior altitude do canal principal ($H_{\min}$; $H_{\max}$; $H_{C\max}$)	As altitudes foram expressas em metros.	$H_{\min}$; $H_{\max}$; $H_{C\max}$;
Amplitude altimétrica (ΔH)	Diferença entre as altitudes máxima e mínima ocorrentes na bacia.	$\Delta H = H_{\max} - H_{\min}$;
Declividade média da bacia (I)	Em que: I é a declividade média da bacia (%); D a equidistância vertical entre as curvas de nível (km); CN o comprimento total das curvas de nível (km); e A é a área de drenagem da bacia (km ²).	$I = \frac{D}{A} \left(\sum_{i=1}^n CN_i \right) 100$
Índice de rugosidade (Ir)	Relação entre H_m = Amplitude altimétrica(m); D_d = Densidade de drenagem (km/km ²)	$Ir = H \cdot D_d$
Declividade do curso d'água principal – álveo (I_{eq})	Em que: I_{eq} é a declividade equivalente (m km ⁻¹); ΔH a amplitude altimétrica do curso d'água principal (m); e L é o comprimento do curso d'água principal (km).	$I_{eq} = \frac{\Delta H}{L}$
CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM		
Comprimento do curso d'água principal (L)	Geralmente é expresso em km.	L
Rede de drenagem (Rd)	Somatório dos comprimentos (em km) de todos os cursos d'água de uma bacia hidrográfica, sejam eles: perenes, intermitentes ou temporários – da bacia hidrográfica.	$Rd = \sum L_i$
Densidade de drenagem (D_d)	Em que: D_d é a densidade de drenagem (km/km ² ou m/ha), Rd a rede de drenagem ou somatório dos comprimentos dos rios (km ou m) e A é a área de drenagem da bacia (km ² ou em ha). Sendo classificado conforme Beltrame (1994).	$D_d = \frac{Rd}{A}$
Densidade da rede de drenagem (DR)	Relação entre o número de drenos e a área da bacia	$DR = \frac{N}{A}$
Extensão média do escoamento superficial (C_m)	Relaciona a densidade de drenagem da bacia hidrográfica com o comprimento médio lateral da rede de drenagem.	$C_m = \frac{1}{4 \times D_d}$
Sinuosidade do curso d'água principal (S)	Relação entre o comprimento do dreno principal (L) e o comprimento de seu talvegue (L_t)	$S = \frac{L}{L_t}$
Ordem dos cursos d'água	Foi utilizado neste trabalho a classificação apresentada por Strahler (1957)	-

Fonte: Adaptado de Lopes et al. (2022).

Para a classificação da hierarquia fluvial, foi adotado o método de Strahler (1952), onde os canais conectados diretamente às nascentes são classificados como de primeira ordem. Quando dois canais de mesma ordem se encontram, a ordem aumenta no trecho a jusante. No entanto, se a confluência ocorre entre canais de ordens

diferentes, o canal de maior ordem é mantido (Esteves et al., 2023). Com base nesse método, determinou-se o ordenamento dos rios componentes da MAC. Após a sobreposição e unificação das imagens, foi possível elaborar gráficos de declividade de acordo com o ordenamento dos rios da MAC.

Para o processo de classificação sistemática dos padrões de drenagem, foi

empregado o método proposto por Christofolletti (1980), descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Classificação Sistemática dos padrões de drenagem. Fonte: Christofolletti (1980).

TIPOS DE BACIA DE DRENAGEM	
Exorreica	Quando o escoamento se faz de modo contínuo até o mar ou oceano.
Endorreica	Quando a drenagem é interna, e não possui escoamento até o mar, desaguando em um lago.
Arreica	Quando não há uma estruturação em bacias hidrográficas, como no caso de áreas desérticas.
Criptorreica	Quando as bacias são subterrâneas, como em áreas cársticas

O mapeamento de uso e ocupação do solo, teve como intuito de identificar as intervenções antrópicas e predominância natural da cobertura vegetal, mineral e hídrica existentes na MAC, tal qual sua dinâmica.

A determinação do uso e ocupação de solo foi realizada considerando da coleção 7 do

projeto Mapbiomas, as etapas de elaboração das cartas, projeção e reclassificação das classes temáticas foram executadas no software QGIS versão 3.38.12 LTR, a Figura (3) demonstra os passos da confecção do arquivo.

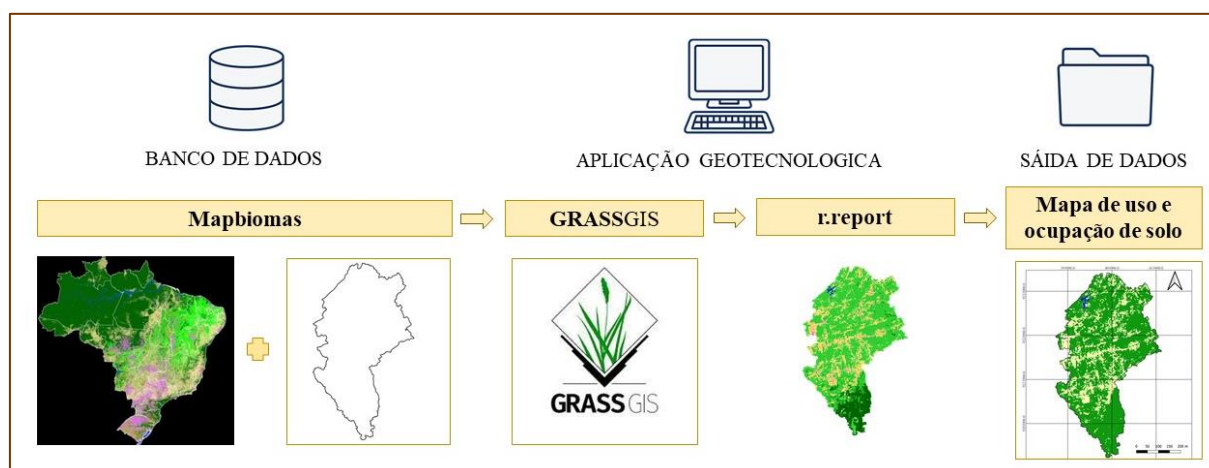


Figura 3. Fluxograma do processo de produção de mapas de uso e ocupação de solo. Fonte: Autores (2023).

A determinação da dinâmica das áreas de ocupação e seus respectivos valores, foram elaboradas de maneira manual, utilizando a chave de interpretação visual, como sugerido por Florenzano (2011) e aplicado por Romeiro et al. (2020). Definindo as classes temáticas considerando a predominância na região semiárida do Sul do estado do Ceará, sendo estas:

- ✓ Floresta Natural, (Caatinga), que são áreas ainda preservadas ou em recuperação;

- ✓ Formação Natural não Florestal seja por afloramento rochoso, vegetação espontânea;
- ✓ Agropecuária, pastagens e agricultura, sendo permanente ou temporária, sem especificar o tipo de cultivo;
- ✓ Área não vegetada, considerando ações antrópicas, urbanização, por obras civis, desmatamento e solos expostos;
- ✓ Corpos D'Água, englobando áreas naturais e artificiais, como lagos e lagoas e açudes;
- ✓ Vegetação nativa, que são áreas ainda preservadas.

Resultados e discussão

A Microbacia do açude Canoas, está localizada na Mesorregião do Cariri e distribuída

sobre quatro municípios do estado Ceará, Assaré, Araripe, Potengi e Santana do Cariri (IPECE,

2015), contudo o seu reservatório contempla o município de Assaré - CE, sua delimitação foi elaborada a partir das coordenadas do exutório do

reservatório conhecido como açude Canoas (Figura 4).

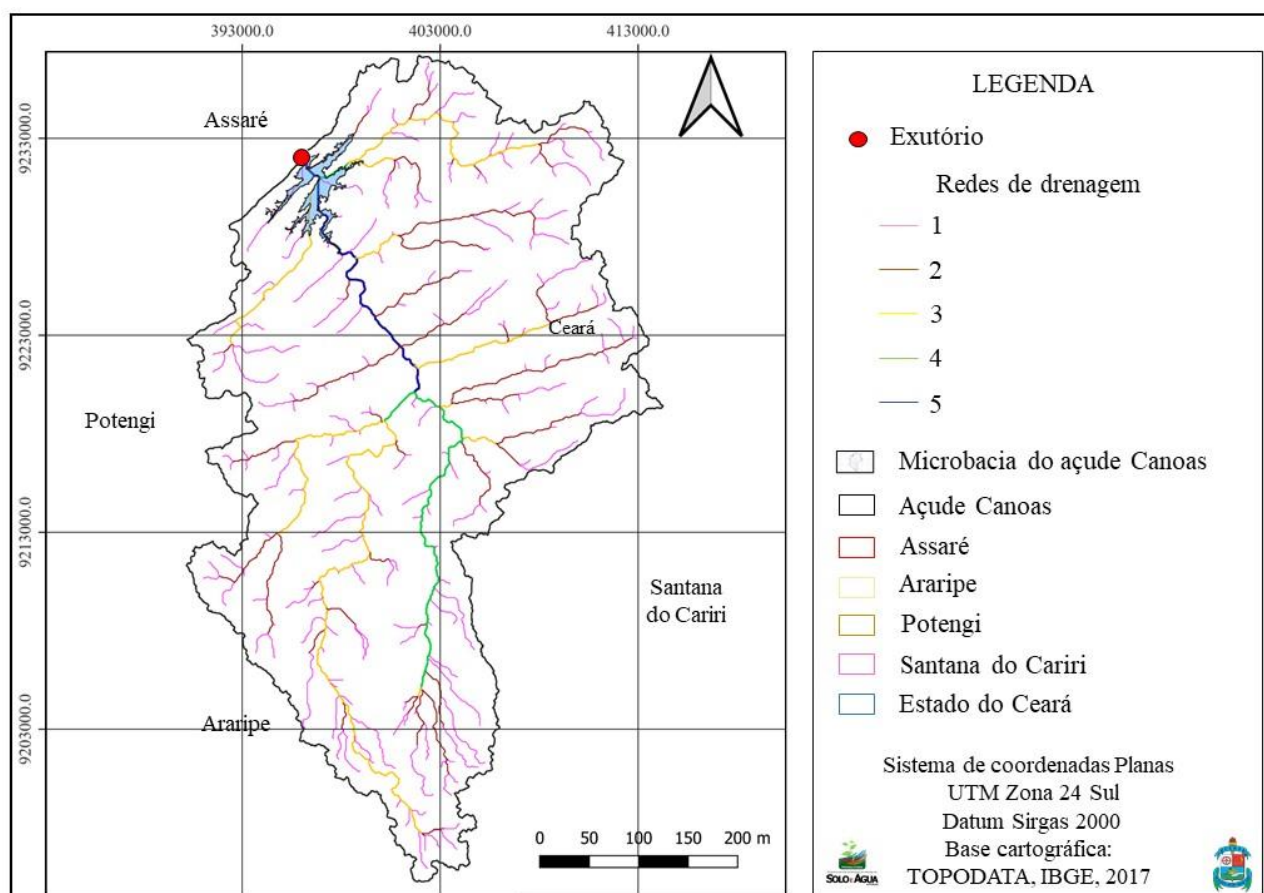


Figura 4. Rede de drenagem e hierarquia fluvial da Microbacia do Açude Canoas. Fonte: Autores (2023).

A rede de drenagem foi estabelecida e analisada utilizando o método de Strahler (1957), que permitiu determinar e contabilizar a hierarquia fluvial, classificada como de 5ª ordem (Tabela 4). A hierarquia fluvial de uma bacia hidrográfica, revela o grau da estruturação de sua rede de drenagem (Pessoa Neto, 2023). Ou seja, a ordem de classificação da bacia hidrográfica e proporcional ao tamanho da rede de drenagem. Smichowski e Contreras (2022), especificam que quanto maior o ordenamento da bacia hidrográfica, maior será sua rede de drenagem, por consequência, sua estrutura será mais definida.

A análise revelou que as maiores concentrações de atributos pluviiais estão localizadas nos canais de 1ª e 2ª ordem. Estes

canais representam 73,11% do total, com 288 canais que se estendem por 364,9 km. Especificamente, 50,27% desses canais correspondem aos canais de 1ª ordem. Esta configuração indica que a microbacia hidrográfica apresenta características típicas de bacias com baixa propensão a enchentes. No entanto, fatores como a cobertura do solo podem influenciar diretamente a velocidade e a percolação da precipitação pluvial (Tabela 3). Conforme destacado por Harsha et al. (2020), a densidade da cobertura vegetal, a compactação do solo devido à atividade antrópica e o aumento nos volumes de precipitação pluviométrica podem potencializar a ocorrência de desastres naturais.

Tabela 4. Hierarquia fluvial e a relação entre o número e extensão dos canais MAC.

ORDEM DOS CANAIS	Nº DE CANAIS	EXTENSÃO DOS CANAIS (KM)	REPRESENTAÇÃO EM (%)
------------------	--------------	--------------------------	----------------------

1 ^a	198	245,62	50,27 %
2 ^a	90	119,28	22,84 %
3 ^a	68	84,62	17,26 %
4 ^a	22	23,58	5,58 %
5 ^a	16	16,8	4,06 %
TOTAL	394	489,9	100 %

A Tabela 5 apresenta os dados referentes às características geométricas da microbacia do Açude Canoas. A Área de Drenagem (A) corresponde à extensão horizontal da bacia hidrográfica, delimitada por seus divisores topográficos, sendo expressa em quilômetros quadrados (km²). O Perímetro da bacia (P) refere-se à medida total da extensão da microbacia,

totalizando 173,07 km, conforme descrito por Vilela e Matos (1975).

Além disso, a microbacia do Açude Canoas (MAC) foi classificada como uma bacia endorreica, caracterizada por uma drenagem interna que deságua em um reservatório artificial. Esta classificação está de acordo com a sistemática dos padrões de drenagem estabelecida por Christofolletti (1980).

Tabela 5. Características geométricas da microbacia hidrográfica do Açude Canoas. Fonte: Autores (2023).

CARACTERÍSTICAS	PARÂMETROS	SIGLAS	UNIDADES	VALORES
Geométricas	Área de drenagem	A	Km ²	549,18
	Perímetro da bacia	P	Km	173,07
	Coefficiente de Compacidade	Kc	-	2,07
	Fator de forma	Ff	-	0,20
	Índice de Circularidade	Ic	-	0,23

De acordo com Nobre et al. (2020), parâmetros como o Coeficiente de Compacidade (Kc), Fator de Forma (Ff) e Índice de Circularidade (Ic) são fundamentais para determinar a forma de uma bacia hidrográfica. Em essência, o formato de uma bacia é avaliado através de sua relação com figuras geométricas.

Os valores apresentados na Tabela 5 indicam que o Coeficiente de Compacidade (Kc) é de 2,07, sugerindo que a microbacia apresenta um formato irregular. O Fator de Forma (Ff), com um valor de 0,20, revela que a bacia possui um formato alongado. Raiol et al. (2022) destacam que valores de Ff próximos a 0 indicam uma forma mais alongada da bacia hidrográfica, enquanto valores próximos a 1 denotam um formato mais circular. O Índice de Circularidade (Ic) obtido para a microbacia em estudo foi de 0,23. Este índice é calculado com base na relação entre a área de drenagem e o perímetro da bacia (Gomes et al.,

2020; Aires et al., 2020).

Consequentemente, conclui-se que a área de estudo possui baixa propensão a enchentes e não está sujeita a inundações. Estes achados corroboram os resultados de Lopes et al. (2020) em sua pesquisa na microbacia do açude Grande em Caraúbas/RN, bem como os de Silva et al. (2019) na microbacia do rio D'Alincourt, na Amazônia Ocidental.

Na Tabela 6, o Comprimento do curso d'água principal (L) da MAC, foi delimitado com 52,08 km de extensão, onde sua aferição compreendeu desde seu ponto mais alto até ponto exultório. Apresentando uma rede de drenagem (Rd = 489,9km), de acordo com Pirajá e Rezende Filho (2019) a análise da rede de drenagem possibilita a compreensão das condições hidrológicas (escoamento superficial e/ou infiltração), visto que permite aferir o potencial e gestão de águas subterrâneas (Serrão et al., 2019).

Tabela 6. Características da rede de drenagem da microbacia hidrográfica do Açude Canoas. Fonte: Autores (2023).

CARACTERÍSTICAS	PARÂMETROS	SIGLAS	UNIDADES	VALORES
Rede de drenagem	Comprimento do curso d'água principal	L	Km	52,08
	Rede de drenagem	Rd	Km	489,9
	Densidade de drenagem	Dd	Km/Km ²	0,89
	Densidade da rede de drenagem	Dr	Km/Km ²	0,72
	Extensão média do escoamento superficial	Cm	Km	0,28
	Sinuosidade do curso d'água principal	S	-	1,42
	Ordem dos cursos d'água	-	Ordem	5 ^a

A densidade de drenagem (Dd) na Tabela 6, é retratado pela soma dos comprimentos dos canais hídricos (temporários, intermitentes ou perenes), dividido pela área total da bacia (Costa & Lança, 2001; Raiol et al., 2022). Ainda Lopes et al. (2022), apontam a Dd sendo um dos parâmetros mais importantes para a análise morfométrica de uma bacia hidrográfica. Permitindo indicar o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem (Rocha et al., 2014). Demonstrando a quão rica é a rede de drenagem de uma bacia hidrográfica (Soares et al., 2020). Ainda, a análise da Dd permite classificar se a bacia possui uma drenagem pobre ou excepcional (Souza et al., 2021).

O valor obtido para a densidade de drenagem foi de 0,89 Km/Km², valor semelhante foi encontrado por Pessoa Neto (2023), na pesquisa de Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá - PE, o mesmo a classificou como de densidade mediana ou regular, em ambas análises foram utilizados os valores propostos por Beltrame (1994), que propôs a classificação por faixas, em que valores menores que 0,50 são consideradas baixas, entre 0,50 e 2,00 são medianas, entre 2,01 e 3,50 são altas, e maior que 3,50 são muito altas. É comum a associação de valores baixos de Dd a regiões de rochas permeáveis, em que o regime pluviométrico apresenta pouca concentração de precipitação pluviométricas ou mesmo chuvas com baixa intensidade, enquanto valores altos de Dd são relacionados ao grau mais elevado de dissecação do relevo, decorrente principalmente dos fatores declividade, presença de material subsuperficial pouco permeável, baixa densidade da cobertura vegetal, fatores climáticos, entre outros (Alves et

al., 2020)

Enfatizando, Hiruma e Ponçano (1994); Lopes et al. (2022) apontam que os valores considerados baixos de Dd podem estar relacionados ao relevo e pluviosidade, visto que a topografia da região é abundantemente plana, o que resultam na melhor da capacidade de infiltração de água no solo conforme elencado por. Peixoto et al. (2021) condicionada o Dd à dinâmica de alterações ambientais e geológicas, relacionando-o a fatores que modificam a cobertura do solo, geologia, topografia e variações de índices pluviométricos. Lopes et al. (2022), apontam que a relação entre área, composição da bacia e comprimento total dos rios implicam diretamente da avaliação do comportamento hidrológico.

O valor de Dd encontrado para Microbacia Açude Canoas indica que o escoamento superficial pode acontecer de maneira mais e/ou menos intensa de determinadas regiões da MAC, quando menos intensa, possibilita maiores volumes de infiltração. Tais características semelhantes foram observadas por Rail et al. (2022).

Quanto a Densidade da rede de drenagem (Dr), densidade de rios ou densidade hidrográfica (Tabela 6), é realizado a correlação do número de canais com a área da bacia, indicando seu potencial para gerar novos cursos d'água (Aires et al., 2021). Sendo constatado 0,72 Drenos/Km², ou seja, a cada quilômetro quadrado existem 0,72 canais (Tabela 6). Conforme Raiol et al. (2022), a densidade hidrográfica em faixas de valores: Dr < 3 (baixa), Dr entre 3 e 7 (média), Dr entre 7 e 15 (alta) e Dr > 15 (muito alta). De acordo com a classificação supracitada, a Densidade da rede de drenagem (Dr)

obtida apresentou o valor de 0,72 Drenos/Km², sendo considerada baixa e indicando baixa aptidão para a formação de novos canais.

Os valores de Sinuosidade do curso d'água principal (S) pode ser interpretada através da relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal principal (Reis et al., 2017), na Tabela 6, foi constatado valor de (S) 1,42 para a MAC, número semelhantes foram encontrados por Aires et al., (2021), onde os valores de sinuosidade do curso d'água encontrado foi de 1,40, em pesquisa de Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica da barragem de Pau dos Ferros/RN. Segundo Moura (2013), valores próximos a 1,0 sugerem que o canal tende a formato retilíneo, enquanto, valores próximos 2,0 indicam formato de canais mais tortuosos e valores intermediários sugerem formas transicionais, onde as

sinuosidades dos canais agem como compartimento de sedimentos litólicos e estruturas geológicas.

Na Tabela 7, são apresentadas as características de relevo da microbacia hidrográfica do Açude Canoas, onde a amplitude altimétrica (ΔH) é de 516,97 metros e a declividade média (Dm) é de 7,58%. Esses valores têm uma influência direta no Índice de Rugosidade (Ir), que foi calculado como 460,10 metros. Segundo Raiol et al. (2022), quanto maior a densidade de drenagem ou a amplitude altimétrica, maior será a rugosidade do terreno. Além disso, bacias hidrográficas com declividade acentuada e menores comprimentos de rampa tendem a apresentar escoamento superficial acelerado, enchentes rápidas e maior suscetibilidade à erosão (Sousa e Rodrigues, 2012).

Tabela 7. Características do relevo da microbacia hidrográfica do Açude Canoas. Fonte: Autores (2023).

CARACTERÍSTICAS	PARÂMETROS	SIGLAS	UNIDADES	VALORES
Relevo	Maior altitude da bacia	Hmáx	m	899,44
	Maior altitude do canal principal	HCmáx	m	894,88
	Menor altitude da bacia	Hmin	m	382,47
	Menor altitude do canal principal	HCmin	m	381,32
	Amplitude altimétrica	ΔH	m	516,97
	Declividade média da bacia	I	%	7,58
	Índice de rugosidade	(Ir)	m	460,10
	Declividade do curso d'água principal – álveo	(I _{eq})	m/Km	9,86

Um aspecto significativo no estudo do relevo é o Índice de Rugosidade (Ir), que, de acordo com Pessoa Neto (2023), está diretamente relacionado à disponibilidade de escoamento hídrico superficial e ao potencial erosivo da bacia. Silva et al. (2018), observam que um Ir elevado indica um maior risco de degradação da bacia hidrográfica, uma vez que as vertentes tendem a ser íngremes e longas, aumentando assim a susceptibilidade à erosão.

A distribuição altimétrica da microbacia do Açude Canoas apresenta uma altitude máxima (Hmáx) de 899,44 metros, a maior altitude do canal principal (HCmáx) é de 894,88 metros, a menor altitude da bacia (Hmin) é de 382,47 metros, e a menor altitude do canal principal (HCmin) é de 381,32 metros, situada no ponto de exutório do Açude Canoas. A declividade média da microbacia

(I) foi estabelecida em 7,58%, enquanto a declividade do curso d'água principal (I_{eq}) foi medida em 9,86 m/km, o que pode permitir uma maior infiltração de água no solo. Isso resulta em uma menor velocidade de escoamento superficial, favorecendo a recarga hídrica dos mananciais lânticos.

O mapa hipsométrico da microbacia do açude Canoas (MAC) na Figura 5 retrata a variação de altitudes, maiores e menores, apresentando-as por meio de uma variada paleta de cores. De acordo com Lopes et al. (2018) o mapa hipsométrico de uma bacia hidrográfica expressa a relação entre o MDE e a representação da rede de fluxo, proporcionando a determinação das conectividades dos rios, desde a montante e a jusante dos cursos d'água.

A distribuição hipsométrica da microbacia

hidrográfica do Açude Canoas evidenciou uma variação no perfil topográfico, com altitudes que oscilam entre 382,34 m e 899,44 m. As menores altitudes estão localizadas na área ocupada pelo reservatório do Açude Canoas, no município de Assaré, enquanto as maiores altitudes encontram-se nos municípios Araripe e Santana do Cariri

(Figura 5). Conforme Pimentel e Vale (2021), as características geomorfológicas e geológicas desempenham um papel fundamental nos processos de dissecação do relevo e nas compartimentações regionais da bacia hidrográfica.

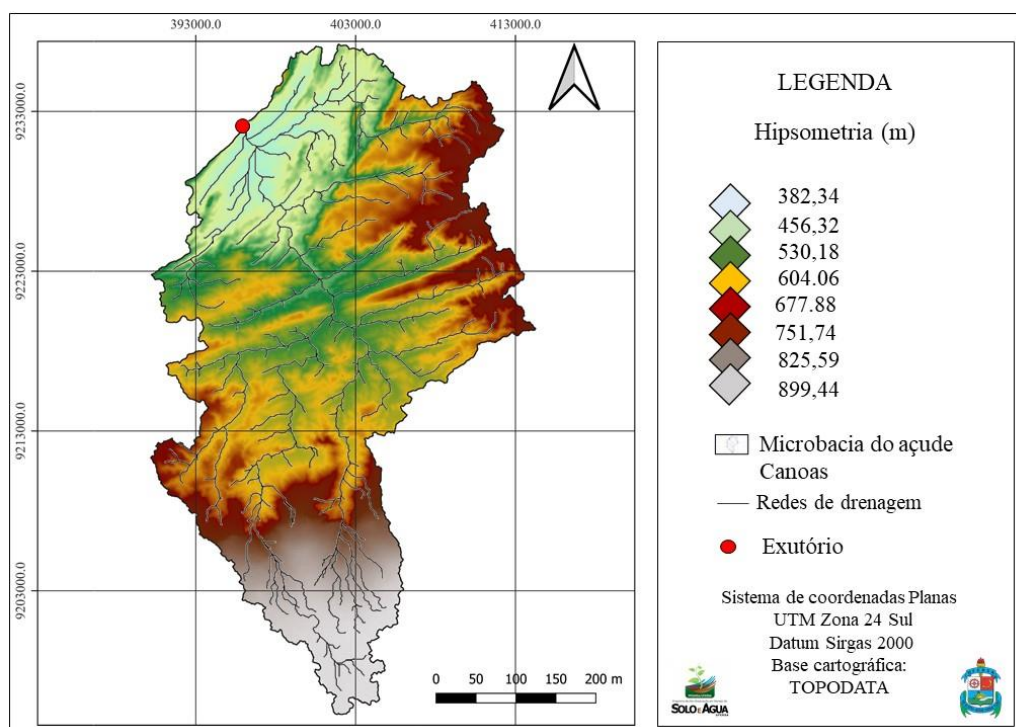


Figura 5. Mapa da Hipsometria da Microbacia do Açude Canoas. Fonte: Autores (2023).

Analisando o mapa de curvas de nível (Figura 6), percebe-se que a altitude da área da MAC compreende um escopo com valores que variam de 400 m em seu ponto de exutório e chegando até aproximadamente 900 m, os locais onde a MAC apresenta os menores valores altimétricos, variando de 400 m a 450 m, estão situados nas proximidades do reservatório do

Açude Canoas, região central do município de Assaré, enquanto os maiores valores 850 m a 900 m, estão localizadas ao Sul da MAC, correspondendo à majoritária parte que sobrepõe o limite municipal de Potengi e Santana do Cariri e Nordeste da MAC, correspondendo a parte do município e Assaré, com variação entre 700m e 750 m.

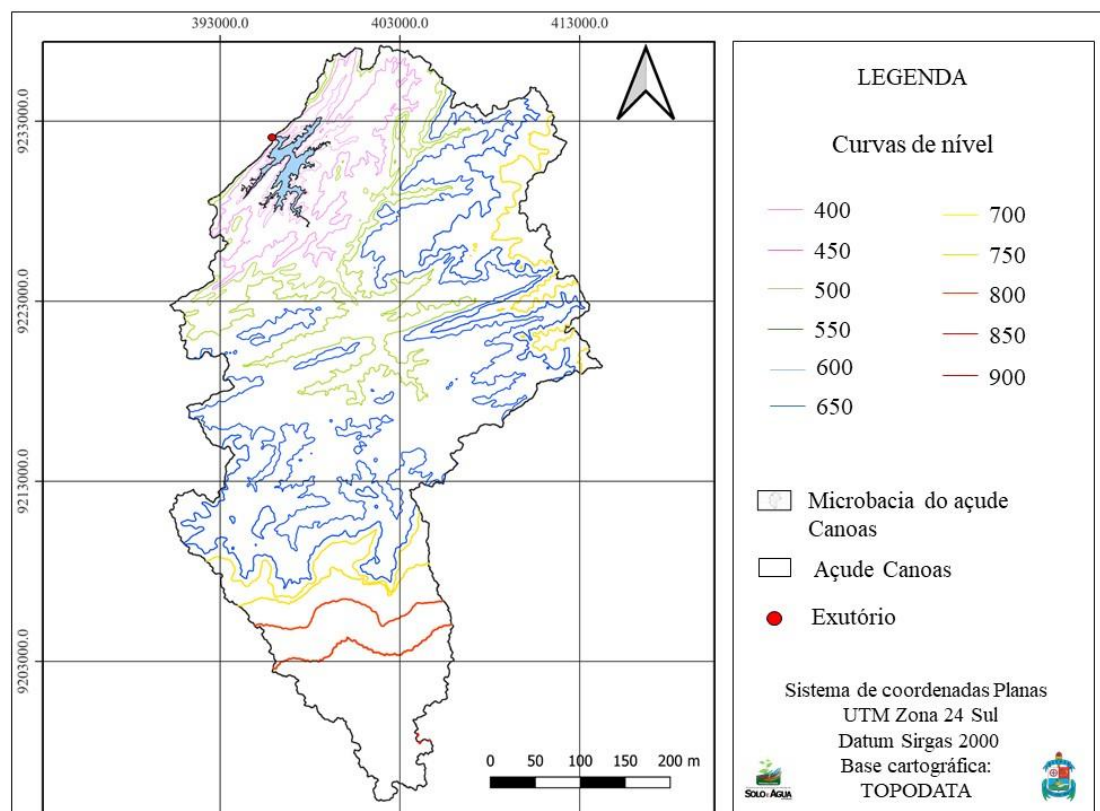


Figura 6. Mapa das curvas de nível da Microbacia do Açude Canoas. Fonte: Autores (2022).

Relacionando a declividade, foi possível constatar que o relevo dominante na área da microbacia correspondeu a plano (0 - 3%), também com boa participação de cobertura suave ondulado (3 - 8%), ver Figura (7). Corroborando com esta pesquisa, também foram encontrados em estudos realizados nas microbacias do açude Grande, Caraúbas - RN, com significativo predomínio de relevos planos e suave ondulados compoendo sua microbacia (Lopes et al., 2022).

Sobre a distribuição da declividade, os relevos planos contribuem para baixas velocidades de escoamento superficial, favorecendo a infiltração da água no solo (Silva; Rodrigues; Bittencourt, 2020; Raiol et al., 2022).

Segundo Sabino et al. (2020), a determinação dos parâmetros de declividade de uma bacia são pontos extremamente importantes que auxiliam na gestão e planejamento de bacias hidrográficas, estando associados diretamente ao

tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação pluviométrica nos leitos dos cursos de água.

Analisando a Figura 8, pode-se afirmar que a composição dos elementos que compõem a paisagem está associada aos diferentes de uso da terra. Almeida (2020), relata que as conexões e desconexões de uso do solo, influenciam no livre fluxo de matéria e energia nas compartimentações da paisagem. Ao analisar o uso e ocupação e solo da MAC, foi observado dentre as classes de ocupação de solo, a prevalência das classes Formação natural (Caatinga) distribuída por todo a área da MAC. Silva; Nascimento e Lima (2023) reitera sobre a importância da cobertura vegetal as margens de cursos d'água, pois elas exercem um papel importante na estabilidade do solo, produzindo uma camada protetora frente aos processos erosivos.

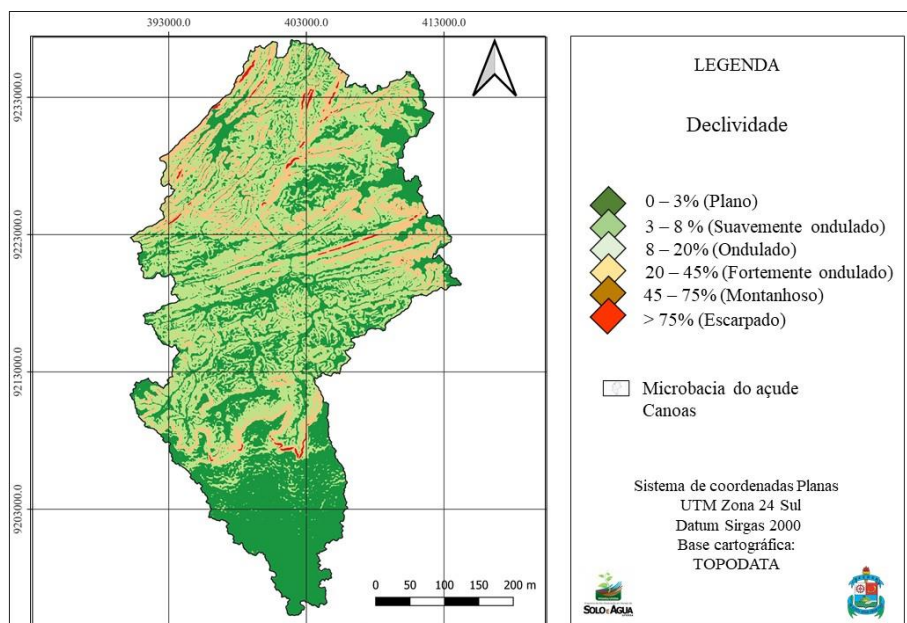


Figura 7. Mapa de declividade da Microbacia do Açude Canoas. Fonte: Autores (2023).

A classe Corpos D'água possui maior concentração na parte Norte da microbacia, especificamente, a sua aglomeração de massas de água está localizada no açude Canoas, município de Assaré-CE.

A análise desses componentes ambientais é essencial para a gestão territorial, desde que seja considerado o planejamento, monitoramento e ordenamento (Francisco et al., 2023). Segundo

Raiol et al. (2022), a relação dinâmica entre declividade e morfologia da bacia hidrográfica, condiciona as práticas de uso do solo, exploração dos recursos naturais, a capacidade de infiltração da água, bem como o escoamento superficial, ainda permite o planejamento ambiental para importantes tomadas de decisões e definição de áreas protegidas por leis.

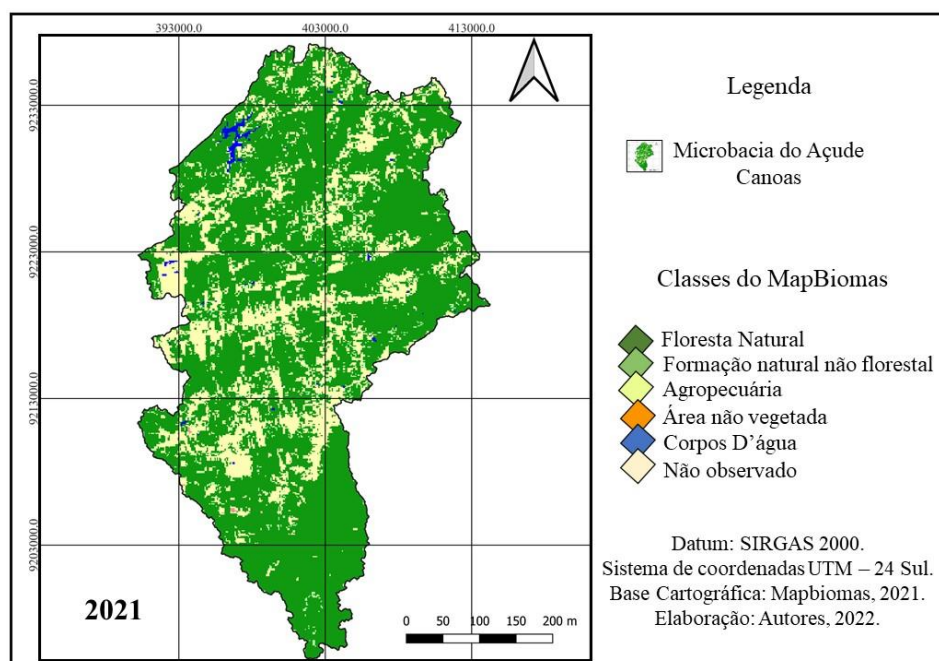


Figura 8. Mapa temático de uso e ocupação e solo da Microbacia do Açude Canoas. Fonte: Autores (2023).

A Tabela 8 corrobora a análise visual apresentada na Figura 8, representando de maneira

e dimensão física, uma predominância da classe "Formação Florestal," que ocupa 74,9% da área da

Microbacia Hidrográfica do Açude Canoas (MAC). Outra classe de ocupação de grande representação classe "Agropecuária," que cobre 21,02% da área, sendo distribuída de maneira heterogênea na microbacia, contudo, tendo boa representação destas atividades estruturadas próximas aos cursos hídricos e do reservatório do Açude Canoas. Juntas, essas classes representam 95,92% da cobertura territorial para o ano de 2021.

A classe "Área Não Vegetada," que inclui áreas urbanizadas, como cidades, vilarejos, estradas pavimentadas, construções rurais e outras infraestruturas antrópicas, apresenta uma identificação visual mínima (Figura 8), esta classe tendo um baixo percentual de representação na Tabela 8, com apenas 1,13%.

Tabela 8. Áreas das classes de uso e cobertura do solo. Fonte: Autores 2023.

CLASSE	Área em (km ²)	Área em (%)
Floresta Natural	411.0804	74,9 %
Formação Natural não Florestal	13.3470	2,44 %
Agropecuária	115.3566	21,02 %
Área não vegetada	6.2217	1,13 %
Corpos D'Água	2.82644	0,51%
Total	548.832	100 %

A importância de destacar a vulnerabilidade de regiões planas e suavemente planas, bem como sua suscetibilidade a fenômenos intempéricos, é enfatizada por Schiavo et al. (2016), que ressaltam a necessidade de compreender a dinâmica da declividade. A declividade é um dos principais fatores que

influenciam o processo erosivo do terreno, podendo ser intensificada de acordo com o grau de inclinação da bacia. Alterações nas características morfométricas de uma bacia hidrográfica podem resultar em impactos ambientais significativos, influenciando o ciclo hidrológico, conforme destacado por Silva et al. (2020).

Conclusões

A aplicação de ferramentas geotecnológicas na análise ambiental é crucial para o estudo de bacias hidrográficas, possibilitando o mapeamento detalhado dos principais aspectos morfométricos e físicos. Os dados gerados são fundamentais para embasar decisões estratégicas sobre o planejamento e a qualidade ambiental dos recursos hídricos do Açude Canoas.

A análise dos parâmetros morfométricos da Microbacia do Açude Canoas (MAC) revelou que sua geometria é alongada, o que sugere baixa propensão a enchentes e alagamentos sob condições normais de precipitação. No entanto, pequenas inundações podem ocorrer em casos de precipitação extrema combinada com atividades que alteram o ambiente, como a compactação do

solo.

No que diz respeito às características hidrográficas, a microbacia foi classificada como uma bacia de hierarquia fluvial de 5ª ordem, seguindo padrões de drenagem endorreica. Suas ramificações permitem um rápido acúmulo de água no reservatório, e o sistema de drenagem regular indica boa capacidade de infiltração de água no solo, tornando-a pouco susceptível à formação de novos canais. Em relação ao relevo, a altitude varia entre 382,47 m e 899,44 m. Apesar da alta variação altimétrica, o Índice de Rugosidade da MAC é de 460,10, indicando um risco moderado de degradação do solo, mesmo considerando seu formato alongado, altitudes elevadas e a influência de fenômenos intempéricos.

Agradecimentos

Agradecimento ao Programa de Pós – Graduação *stricto sensu* em Manejo de Solo e Água – PPGMSA, da Universidade Federal Rural

do Semi-Árido (UFERSA) campus Mossoró e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pelo incentivo à pesquisa.

Referências

- Abdeta, G. C., Tesemma, A. B., Tura, A. L., & Atlabachew, G. H. (2020) Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia. *Applied Water Science*, 10(7), 1-15. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-020-01239-7>.
- Aires, A. A.; Costa, J. D. Bezerra, J. M.; Alana Rêgo, A. T. A. (2021) Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica da barragem de Pau dos Ferros/RN. *Revista GEAMA, Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology*, 7(3), 67-76, Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/4557/482484516>. Acesso em 12 dez. 2023.
- Almeida, J. D. M.; Corrêa, A. C. (2020). Conectividade da Paisagem e a Distribuição de Planos Aluviais em Ambiente Semiárido. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 21(1), 171–183. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1663>.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. (2013). Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711–728, <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Alves, W. S., Martins, A. P., Moraes, W. A., Pôssa, É. M., Moura, D. M., Ns, L., ... & Moreira, E. P. (2020). Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Verdinho, Sudoeste de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(07), 3636-3658. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3636-3658>.
- Azevedo, P. V., Silva, M. T., Serrão, E. A. O., Siqueira, M. S., Santos, K. S., Ataíde, L. C. P., Dantas, L. G. (2020). Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu: trecho do Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 11(2), 434-444, <http://doi.org/10.6008/Cbpc21796858.2020.002.0039>.
- Bharath, A., Kumar, K. K., Maddamsetty, R., Manjunatha, M., Tangadagi, R. B., & Preethi, S. (2021). Drainage morphometry based subwatershed prioritization of Kalinadi Basin using geospatial technology. *Environmental Challenges*, 5, 100277. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envc.2021.100277>.
- 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. Diário Oficial da União: Brasília/DF, 1997.
- Chaves, J. I., & Pinto Filho, J. L. (2020). Ordenamento territorial no semiárido brasileiro: Análise do uso e cobertura das terras da subbacia hidrográfica do Riacho Encato/RN. Equador. *Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí*, 253-274.
- Chorley, R. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America* 56, 2 75-3 70. 19(4). <https://doi.org/10.1177/030913339501900406>.
- Christofolletti, A. Geomorfologia. 2ªed. São Paulo. Edgard Blücher, 03-50, 1980.
- COGERH. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. CADERNO REGIONAL DA SUB-BACIA DO ALTO JAGUARIBE. Disponível em <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2018/09/Bacia-do-Alto-Jaguaribe.pdf>. Acesso em: 24 de out. 2022.
- Costa, D. T., & Lança, R. (2001). Hidrologia de superfície. Área Departamental de Engenharia Civil. Núcleo de Hidráulica e Ambiente. Escola Superior de Tecnologia. Universidade do Algarve. Faro, 303p.
- 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. Disponível: <http://solosne.cnps.embrapa.br/index.php?link=c>. Acesso em: 25 de out. 2022.
- Esteves, L. V., Esteves, A. M. S. L., Moura, T. C. C., De Oliveira, C. S., Alves, E. M., & Da Paz, D. H. F. (2023). Caracterização morfométrica da sub-bacia do Riacho Camaçari, Pernambuco, com uso do software QGIS e complementos de processamento GRASS e GDAL. *Brazilian Journal of Development*, 9 (1), 703–714. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-051>.
- Fiorese, C. H.; Aguilar, T. Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Murubia no município de Muqui-ES, Brasil. *Agrarian Academy*, 6(12). http://dx.doi.org/10.18677/Agrarian_Academy

- _2019b1.
- Florenzano, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto. 3. ed, ampl e atual. São Paulo: Oficina de textos, 2011.
- Francisco, P. R. M.; Moraes Neto, J. M.; Silva, V. F.; Ribeiro, G. N.; Santos, D. (2023) Avaliação da dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do município de Patos-PB utilizando Mapbiomas©. Rio de Janeiro. Geo UERJ, 42, 66971. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2023.66971>.
- Gomes, F.A.L., Silva, E.F., Silva, G.V., Gomes, Y.B.O., Nascimento, I.R.S., Aragão, R., Silvino, G.S.S. 2020. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Farinhas (Paraíba, Brasil) através de dados SRTM. Meio Ambiente. 2, (3), 02-14.
- Gomes, R. C.; Bianchi, C.; Oliveira, V. P. V. (2021). Análise da Multidimensionalidade dos Conceitos de Bacia Hidrográfica. GEOgraphia, 23 (51), 1-17. <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2021.v23i51.a27667>.
- Harsha, J.; Ravikumar A. S.; Shivakumar, B. L.; Evaluation of morphometric parameters and hypsometric curve of Arkavathy river basin using RS and GIS techniques. ApplWater Sci 10, 86–15. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1164-9>.
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil municipal 2017 Assaré. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Assare_2017.pdf. Acesso em: 30 de out. 2022.
- IPECE. Instituto de pesquisa e estratégia econômica do estado do Ceará. AS REGIÕES DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DO CEARÁ. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2014/02/TD_111.pdf. Acesso em 24 de out. 2023.
- Kanhaiya, S., Singh, B. P., Singh, S., Mittal, P., Srivastava, V. K., (2019). Morphometric analysis, bedload sediments, and weathering intensity in the Khurar River Basin, central India. Geological Journal, 2, 466-481. <https://doi.org/10.1002/gj.3194>.
- Lopes, J. R. A.; Bezerra, J. M.; Almeida, N. M. D. P.; Costa, H. C.; Fernandes, G. S. T.; Gonçalves, G. L.; Mendonça, S. S. C.; Júnior, M. E. (2022). Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Açude Grande no semiárido do Rio Grande do Norte. Revista brasileira de geografia física, 15, 429-442. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p429-442>.
- Lopes, I.; Ramos, C. M. C.; Leal, B. G. (2018) Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica no semiárido de Pernambuco através de dados SRTM em softwares livre. Journal Of Hyperspectral Remote Sensing, 8(1), 31-40. <https://doi.org/10.29150/jhrs.v8.1.p31-40>.
- Moura, C. A. (2013). Avaliação de tendência a enchentes das bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba (SP). Revista de Geografia, 30 (2) 123–138. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2354-2370>.
- Mascarenhas, L. M. De A.; Ferreira, M. E.; Ferreira, L. G. (2009). Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. Revista Sociedade & Natureza, 21(1) 5-18. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132009000100001>.
- Peixoto, F. S.; Dias, G. H.; Filgueira, R. F.; Dantas, J.; (2021). Caracterização hidrológica e do uso e cobertura da Terra no alto curso da bacia hidrográfica do rio do Carmo – RN/Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, 43,(2), 138-158. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/issue/view/472>. Acesso em 02. nov. 2022.
- Pessoa Neto, A. G. (2023). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá, Pernambuco, Brasil. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, Brasil, 43, 200802. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.200802>.
- Raiol, L. L.; Ferreira, M. T.; Rodrigues Santos, D. C. R.; Hayashi, S. N. (2022). Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Caripi, Zona Costeira Amazônica. Revista Brasileira de Geografia Física 15(05), 2354 - 2370. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2354-2370>.
- Rahmati, O., Samadi, M., Shahabi, H., Azareh, A., Rafiei-Sardooi, E., Alilou, H., ... & Shirzadi, A. (2019). Swpt: An automated GIS-based tool for prioritization of sub-watersheds based on morphometric and topo-hydrological factors. Geoscience Frontiers, 1(06), 2167-2175. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.03.009>.
- Rocha, R. M.; Lucas, A. A. T.; Almeida, C. A. P.

- D.; Menezes Neto, E. L.; Netto, A. D. O. A. (2014). Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-açu, Sergipe, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, 9(3), 445-458, <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1289>.
- Romeiro, A. C. C.; Souza, R. F. Brito, G. H. M.; Silveira, F. C.; Moura J. B. (2020). Mapeamento do uso e ocupação do solo da micro bacia hidrográfica do Ribeirão Forquilha-Goianésia-GO. *Ype Agronomic jornal*. 4(2), 1-9. <http://dx.doi.org/10.37951/2595-6906.2020v4i2.5729>.
- Serrão, E. A. O., Silva, M. T., Sousa, F. A. S., Lima, A. M. M., Santos, C. A., Ataíde, L. C. P., Silva, V. P. R. (2019). Four decades of hydrological process simulation of the itacaiúnas river watershed, Southeast Amazon. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 25(3), 1-18. <https://doi.org/10.1590/s1982-21702019000300018>.
- Schiavo, B. N.; Hentz, Â. M. K.; Dalla Corte, A. P.; Sanquetta, C. R. (2016). Characterization of the environmental fragility of a urban river basin in the municipality of Santa Maria-RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 20(1), 464-474. <https://doi.org/10.5902/2236117019981>.
- Silva, A. F. Nascimento, M. C. Lima, F. J. (2023). Mapeamento e caracterização de terraços fluviais na bacia hidrográfica do Canapi – AL/PE, a partir da análise de (des) conectividade da paisagem. *Revista Caminhos de Geografia*, 24(94), 256-274. <https://doi.org/10.14393/RCG249466147>.
- Silva, C. V. T.; Andrade, E. M. De.; Lemos Filho, L. C. De A.; Ribeiro Filho, J. C.; Oliveira Júnior, H. S. de. (2021). Temporal dynamics of soil susceptibility to erosion in semiarid watersheds. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43, 51378. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.51378>.
- Silva, J. S. A.; Rodrigues, R. S. S.; Bittencourt, G. M. (2020). Application of different MDE's for the extraction of morphometric variables of a hydrographic catchment. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, 10, 10-19, <http://dx.doi.org/10.29150/jhrs.v10.1.p10-19>.
- Silva, W. B. ; Bezerra, J. M. ; Feitosa, A. P. ; Silva, P. C. M. ; Rego, A. T. A. (2020). Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi - RN. *Anuário do instituto de geociências, UFRJ. (Impresso)*. 43, 397-407, http://dx.doi.org/10.11137/2020_1_397_407.
- Silva, A. F., Tronco, K. M. Q., Vendruscolo, J., Oliveira, J. N., Cavalheiro, W. C. S., Rosa, D. M., Stachiw, R., (2019). Geoprocessamento aplicado a hidrogeomorfometria e índice de desflorestamento na microbacia do rio D'Alincourt, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, 201-255. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7358633>. Acesso em 21 jan. 2023.
- Silva, G.; Almeida, F.; Almeida, R.; Mesquita, M.; Alves Junior, J. (2018). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Rangel -Piauí, Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, v. 15(28) 244-258. http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio_2018B22.
- Smichowski, H.; Contreras, F. I. (2022). Análisis morfométrico de la cuenca río Santa Lucía (Corrientes, Argentina). *Revista Geográfica de América Central*, 1(70), 297-320. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.70-1.11>.
- Soares, G. A. S; Galvêncio, J. D. (2020). Uso do lidar para avaliar os padrões hídricos de bacias em áreas urbanas: Caracterização fisiográfica da bacia do Rio Beberibe, PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13, 3659-3674, <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3659-3674>.
- Sousa, F. A., & Rodrigues, S. C. (2012). Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, 11(25) 141-151. <https://doi.org/10.4215/RM2012.1125.0011>.
- Souza, E. G. F.; Nascimento, A. H. C.; Cruz, E. A.; Pereira, D. F.; Silva, R. S.; Silva, T. P.; Freire, W. A. (2021). Delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(3), 1530-1540, DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1530-1540>.
- Strahler, A. N 1952. Dynamic basis of geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63, 923-938.
- Su, Q., Yuan, D., Zhang, H., Manopkawe, P., Zhan, Y., Zhang, P., & Xie, H. (2019). Geomorphic evidence for northeastward expansion of the eastern Qilian Shan, northeastern Tibetan Plateau. *Journal of Asian Earth Sciences*, 177, 314-323. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2019.04.003>.
- Tonello, K. C.; Dias, H. C. T.; Souza, A. L. P;

- Ribeiro, C. A. A. S.; Firme, D. J.; Leite, F. P. (2009). Diagnóstico hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, município de Guanhães, MG, Brasil. *Água*, 4(1), 156-168, <http://dx.doi.org/10.4136/1980-993x>.
- Venceslau, F. R.; Miyazaki, L. C. P, 2019. Processos, análises e gestão de bacias hidrográficas em ambientes urbanos: o caso do córrego São José – Ituiutaba/MG. *Geografia em Atos* (Online). 2, (9), 71–92. <https://doi.org/10.35416/geoatos.v2i9.6342>.
- Viessman; Knapp; Harbaugh (1975), *Introducion to hydrology*, 2ª edição, New York, Harper and Row, 704 p.
- Villela, S. M.; Mattos, A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil. 1975.
- Waiyasusri, K., & Chotpantarat, S. (2020). Watershed prioritization of kaeng lawa subwatershed, khon kaen Province using the morphometric and land-use analysis: A case study of heavy flooding caused by tropical storm podul. *Water*. 12(6), 1570. <http://dx.doi.org/10.3390/w12061570>.