

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SARANDI, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

*Morphometric analysis of the Arroio Sarandi sub-basin, Rio Grande do Sul,
Brazil*

*Análisis morfométrico de la subcuenca hidrográfica del Arroio Sarandi, Rio
Grande do Sul, Brasil*



Odirvan Gritti 

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
E-mail: odirvangritti@gmail.com

Cássia Regina Segnor 

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
E-mail: cassiasegnor@gmail.com

Romário Trentin 

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
E-mail: romario.trentin@gmail.com

RESUMO

Esse artigo objetiva identificar as características morfométricas da sub-bacia hidrográfica do Arroio Sarandi através de dados do MDE SRTM viabilizado pelo Sistema de Informações Geográficas (SIG). Além da delimitação da sub-bacia, foram encontrados parâmetros físicos relacionados com suas características geométricas, hidrográficas e de relevo. A análise final revelou que a sub-bacia apresenta formato alongado e estreito, com baixa densidade de drenagem assim como baixa suscetibilidade a ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação. A caracterização da morfometria é, portanto, indispensável para a compreensão da dinâmica hidrológica da sub-bacia em questão da mesma forma que a utilização da escala de bacia hidrográfica é eficiente para verificar a interação local entre os fatores ambientais e diagnosticar suas vulnerabilidades.

Palavras-chave: Sistema de informações geográficas; Morfometria; Parâmetros físicos.

Histórico do artigo

Recebido: 08 março, 2026
Aceito: 11 junho, 2026
Publicado: 13 junho 2026

ABSTRACT

This article aims to identify the morphometric characteristics of the Arroio Sarandi sub-basin using MDE SRTM data made available through a Geographic Information System (GIS). In addition to delineating the sub-basin, the study identified physical parameters regarding its geometric, hydrographic, and topographic characteristics. The final analysis revealed that the sub-basin has an elongated, narrow shape, with low drainage density and low susceptibility to flooding under normal precipitation conditions. Morphometry characterization is, therefore, indispensable for understanding the sub-basin's water dynamics, just as the watershed scale is effective for verifying local interactions among environmental factors and diagnosing their vulnerabilities.

Keywords: Geographic Information System; Morphometry; Physical parameters.

RESUMEN

El objetivo de este artículo es identificar las características morfométricas de la subcuenca hidrográfica del Arroio Sarandi a partir de los datos del MDE SRTM, gracias al Sistema de Información Geográfica (SIG). Además de delimitar la subcuenca, se han determinado parámetros físicos relacionados con sus características geométricas, hidrográficas y de relieve. El análisis final reveló que la subcuenca presenta una forma alargada y estrecha, con baja densidad de drenaje, así como baja susceptibilidad a la ocurrencia de crecidas en condiciones normales de precipitación. La caracterización de la morfometría es, por lo tanto, indispensable para comprender la dinámica hidrológica de la subcuenca en cuestión, del mismo modo que el uso de la escala de cuenca hidrográfica resulta eficaz para verificar la interacción local entre los factores ambientales y diagnosticar sus vulnerabilidades.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica; Morfometría; Parámetros físicos.

1 INTRODUÇÃO

A água, enquanto agente modelador e modificador da paisagem, assume diferentes estados e trajetórias ao longo do seu ciclo hidrológico, desde sua entrada nos sistemas terrestres, pela precipitação, até atingir o solo e infiltrar (Botelho, 2011). Na fase terrestre do ciclo hidrológico, a bacia hidrográfica é um elemento fundamental para análise dos aspectos quali-quantitativos relacionados à gestão e planejamento dos recursos hídricos.

Silveira (2001) define a bacia como uma área de captação natural de água delimitada topograficamente, composta por um conjunto de superfícies denominadas vertentes e uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar em um leito único de saída, o exutório. É no exutório de uma bacia onde estão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema e, consequentemente, tudo o que ali ocorre é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem (Porto; Porto, 2008).



Nos estudos que envolvem as bacias hidrográficas, é possível obter-se conclusões sobre a qualidade ambiental do espaço e os efeitos da sua ocupação, a medida em que ela é entendida como um ente onde a interação entre a água com o meio físico e social ocorre. Todavia, a percepção por partes dos indivíduos de que são parte de uma bacia hidrográfica, a habitam e interagem com seu território, assim como suas ações condicionam seu funcionamento, é pouco estabelecida (Botelho, 2011).

Na resolução de problemas socioambientais, a versatilidade da escala é fator pertinente uma vez que viabiliza a delimitação de bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos, o que pode ser importante para objetivar soluções de gerenciamento mais específicas para aquele contexto, fugindo de generalizações (Porto; Porto, 2008). Fatores como o clima, a hidrografia, o relevo, solo, cobertura vegetal, além da interferência humana – que interage através do uso e manejo da terra – também são parâmetros importantes a serem considerados nessa perspectiva (Villela; Mattos, 1975; Silveira, 2001).

O uso e ocupação da terra também se apresenta como fator influente nas bacias hidrográficas, sendo que sua correta utilização e conservação é importante na regulação dos processos que atuam sobre elas. Inclusive, o planejamento e gerenciamento das bacias hidrográficas deve incorporar todos os recursos naturais e ambientais da área de drenagem em questão e não apenas os hídricos (Lorandl; Cançado, 2002). Nessa concepção, o uso e ocupação da terra, em especial o urbano, é que devem ser condicionados às características das bacias hidrográficas e principalmente das sub-bacias, determinando suas potencialidades e limitações, além de meios para resolução de conflitos.

Como método de análise, a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica possibilita verificar a dinâmica ambiental e territorial em sua área de abrangência, mediada pelo diagnóstico dos aspectos de cunho hidrológico e/ou ambientais. O estudo das características morfométricas é, portanto, fundamental para o desenvolvimento de estudos ambientais e para determinação das potencialidades e limitações quanto ao uso do solo local, auxiliando no planejamento adequado para as funções ali desenvolvidas (Fraga *et al*, 2014). Para além disso, os estudos de morfometria de bacias hidrográficas podem ser usados como meios de comparação entre uma ou mais bacias, viabilizando a identificação de dados hidrológicos, ainda que indiretamente, em locais sem informações (Villela; Mattos, 1975).

Inclusive, o avanço dos Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o surgimento do Modelo Digital de Elevação (MDE), foram ferramentas essenciais para a caracterização



morfométrica de bacias hidrográficas integradas a informações de relevo, trazendo rapidez na obtenção de dados, na execução e confiabilidade nos resultados (Cardoso *et al.*, 2006). Este estudo, objetiva, portanto, identificar as características morfométricas da sub-bacia hidrográfica do Arroio Sarandi, localizada no norte do estado do Rio Grande do Sul, nos municípios de Rondinha e Ronda Alta.

A escolha por realizar o estudo na sub-bacia hidrográfica do Arroio Sarandi se justifica, inicialmente, por não encontrar nenhum estudo referente a bacia em questão. Além disso, o estudo dos índices morfométricos de uma bacia hidrográfica, como área, relevo, declividade, drenagem, associado a fatores como pedologia, uso e cobertura do solo, dados climáticos e de pluviosidade podem auxiliar na detecção de vulnerabilidades físicas e ambientais, além do que, a caracterização da morfometria é indispensável para a compreensão da dinâmica hidrológica da bacia em questão.

2 METODOLOGIA

Para esta pesquisa foi utilizado o software Quantum GIS (QGis 3.16 “Hannover”). Como ferramentas auxiliares para a identificação da sub-bacia hidrográfica, foram utilizados os dados do HIDROWEB, da Agência Nacional de Águas (ANA), e imagem de satélite do Google Earth, para obter as coordenadas do exutório e posterior delimitação. O Modelo Digital de Elevação escolhido para este estudo foi o SRTM, com resolução espacial de 30 metros.

O processo de delimitação da sub-bacia hidrográfica seguiu a metodologia proposta por Sobrinho *et al.* (2010) e pode ser dividida, basicamente, em quatro etapas com ferramentas do SAGA GIS: preenchimento de depressões (“*fill skins*”), direção de fluxo (“*flow irection*”), fluxo acumulado (“*flow acumulation*”) e delimitação. ara realização dessa última etapa foi indicado o ponto de exutório e o *software* fez a delimitação conforme a elevação indicada pelo MDE.

Na definição dos cursos de água, foi utilizada a ferramenta *r.stream.extract*, do GRASS, tendo como entrada o mapa de elevação e a acumulação do fluxo mínima 150, o que resultou em um adensamento satisfatório. Por este procedimento, o resultado já é dado em *vetor*, sem a necessidade de conversão. Posteriormente foi utilizada a ferramenta de suavização, com 3 interações e 0.50 de deslocamento.

Para a classificação hierárquica dos cursos d’água foi utilizada a metodologia proposta por Strahler (1957), onde cada curso de água inicial recebe o valor de 1, onde há



o encontro de cursos da mesma ordem há uma elevação no índice da classificação e onde o encontro ocorre com cursos de ordem diferentes, permanece o de maior ordem hierárquica. A projeção escolhida foi a *Universal Transversa de Mercator* (UTM) e *Datum* WGS 1984, zona 22s baseada na proximidade dos parâmetros com o *Datum* SIRGAS 2000.

As classes de declividade da área da sub-bacia foram classificadas conforme proposta de Ramalho Filho e Beek (1995), onde de 0 a 3% plano, de 3 a 8% suave ondulado, de 8 a 13% moderadamente ondulado, de 13 a 20% ondulado, de 20 a 45% forte ondulado e acima de 45% montanhoso e escarpado. Para a geração destas classes foi utilizado o MDE e a ferramenta *r.slope.aspect*, do GRASS, com o formato *percent*.

Para a classificação morfométrica da sub-bacia hidrográfica foram utilizados os seguintes índices: área total da bacia (A), perímetro (P), altitude máxima (Hmax), altitude mínima (Hmin), altitude média e amplitude altimétrica (ΔH), comprimento do rio principal (Lc), comprimento axial, medido do ponto mais alto do canal principal até o mais baixo, em linha reta (L), número total dos canais de drenagem (Nt), comprimento total dos canais (Lt) - obtidos por meio da calculadora *raster* do *software* Qgis. Para parâmetros como coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic), índice de rugosidade (Ir), razão de alongação (Re), densidade de drenagem (Dd), densidade hidrográfica (Dh), relação de relevo (Rr), relação de bifurcação (Rb) e coeficiente de manutenção (Cm) foram utilizadas fórmulas apresentadas na tabela a seguir (Tabela 01).

Tabela 01 – Fórmulas utilizadas para os cálculos dos índices da sub- bacia hidrográfica

Índice	Fórmula	Conceito
Coeficiente de Compacidade (Kc)	$K_c = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$	Relação entre o perímetro e a área total de drenagem da bacia hidrográfica (Villela; Mattos, 1975).
Fator de forma (Kf)	$K_f = \frac{A}{L^2}$	Relação entre a área total de drenagem e o comprimento axial da bacia hidrográfica (Villela; Mattos, 1975).
Índice de circularidade (Ic)	$IC = 12,57 * \frac{A}{P^2}$	Relação entre a área total de drenagem e o perímetro da bacia hidrográfica (Cardoso <i>et al</i> , 2006).
razão de alongação (Re)	$K_c = 1,128 * \frac{A^{0,5}}{L}$	Relação entre o diâmetro da área e o comprimento do eixo da bacia hidrográfica (Souza <i>et al.</i> , 2017).

continua

continua

Densidade de drenagem (Dd)	$D_d = \frac{L_t}{A}$	Correlação entre o comprimento total dos canais de escoamento e a área da bacia hidrográfica (Christofletti, 1980).
Densidade hidrográfica (Dh)	$D_h = \frac{N}{A}$	Relação entre o número de cursos d'água e a área da bacia hidrográfica (Horton, 1945).
Índice de rugosidade (Ir)	$Ir = H * Dd$	Produto entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem (Azambuja e Conceição, 2023).
Razão (relação) de Relevo (Rr)	$R_r = \frac{\Delta H}{L_c}$	Razão entre a amplitude altimétrica e o comprimento total da bacia hidrográfica (Schumm, 1956).
Relação de bifurcação (Rb)	$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$	Relação entre o número total de segmentos de uma determinada ordem e o número total de segmentos de ordem imediatamente superior (Christofletti, 1980).
Coefficiente de manutenção (Cm)	$\frac{1}{Dd} * 1000$	Fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (Christofletti, 1980).

Fonte: Adaptados pelos autores (2024).

2.1 Localização da área de estudo

A área de estudo compreende a sub-bacia do Arroio Sarandi, uma das várias bacias hidrográficas que fazem parte do sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea (U100), no norte do estado do Rio Grande do Sul, cuja área de 9.479 km² percorre o território de 54 municípios com seus mais de 600mil habitantes. Mais amplamente, está incorporada a chamada Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai, onde os cursos d'água drenam em direção ao rio homônimo tanto na fronteira brasileira com o estado de Santa Catarina como em países como Argentina e Uruguai (IBGE, 2022; SEMA, [s.d]).

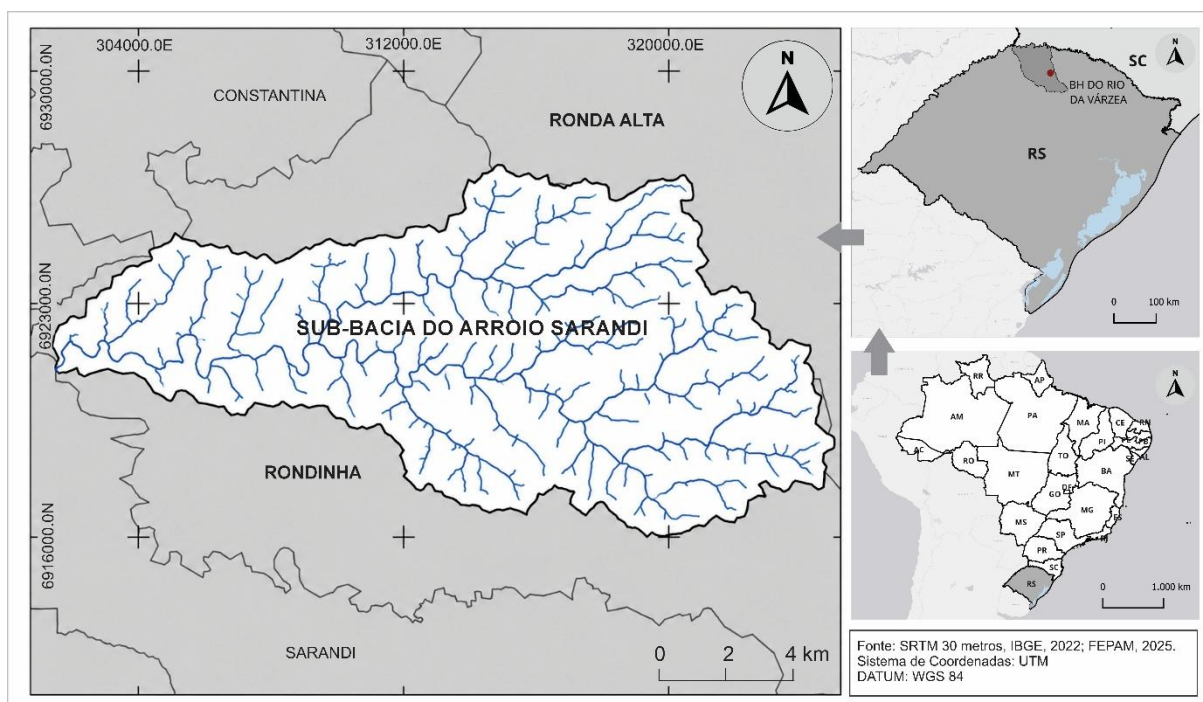
A sub-bacia hidrográfica do Arroio Sarandi engloba parcialmente os municípios de Ronda Alta e Rondinha, como demonstrado na Figura 1. O uso do solo da sub-bacia é em sua maioria rural voltado para atividades agropastoris, sendo Rondinha a única sede urbana incorporada a ela e, inclusive, atravessada pelo Arroio Sarandi à norte. O sentido de drenagem da sub-bacia é leste-oeste em direção ao rio da Várzea, principal curso d'água da região, à jusante da área urbana de Rondinha.



Quanto aos aspectos geomorfológicos e geológicos, a sub-bacia do Arroio Sarandi está na região definida como Planalto das Araucárias, em específico na unidade do Planalto Dissecado do rio Uruguai. Situado no norte e noroeste do Rio Grande do Sul e estendendo-se pelo estado de Santa Catarina, o Planalto Dissecado do rio Uruguai é predominantemente constituído por derrames vulcânicos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) que remetem à Era Mesozoica, compostos principalmente por basaltos e andesitos (fácies Gramado e Paranapanema), e, em menor proporção, por riolitos e dacitos (fácies Caxias e Chapecó) (IBGE, 2003a; IBGE, 2003b; CPRM, 2010).

As cotas deste planalto variam entre 300 e 700 m, cujas paisagens são marcadas por superfícies planálticas definidas pela rede de drenagem tributária da margem esquerda do rio Uruguai, resultando em um relevo movimentado de colinas dissecadas e morros. Os solos predominantes do Planalto Dissecado do rio Uruguai são Latossolos Vermelhos Distroférricos, devido ao elevado intemperismo químico em clima menos frio sobre terrenos embasados por rochas básicas e ricas em ferro (Santos *et al*, 2018).

Figura 01 – Mapa de localização da sub-bacia do Arroio Sarandi



Fonte: Dados do IBGE (2022). Elaborado pelos autores (2024).

O domínio morfoclimático é o dos Planaltos Úmidos Subtropicais de Mata de Araucárias, com regime climático subtropical e úmido, marcado por precipitações bem distribuídas ao longo do ano (CPRM, 2010). Por fim, em relação a vegetação, está inserida



em uma zona de transição entre os biomas Pampa (que é predominante) e Mata Atlântica (IBGE, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise das características geométricas

As análises que seguem apresentam todos os parâmetros morfométricos encontrados para a sub-bacia do Arroio Sarandi. As características físicas de uma bacia hidrográfica são elementos importantes para identificar seu comportamento hidrológico. Além disso, elencar quantitativamente os aspectos que envolvem sua forma, processos e suas inter-relações se faz necessário para entender o funcionamento desta sub-bacia. As primeiras características consideradas foram as geométricas, conforme indicado na Tabela 02.

Tabela 02 – Características geométricas da sub-bacia do Arroio Sarandi

Parâmetro	Dado obtido	Unidade de medida
Perímetro (P)	71,88	km
Área de drenagem (A)	149,66	km ²
Comprimento axial (L)	22,49	km
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,64	adimensional
Fator de forma (Kf)	0,29	adimensional
Índice de circularidade (Ic)	0,36	adimensional
Razão de alongação (Re)	0,64	adimensional

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Em termos de dimensões, as sub-bacias são áreas de drenagem maiores que 100 km² e menores que 700 km², correspondente aos tributários do curso d'água principal (Faustino, 1996). A sub-bacia do Arroio Sarandi enquadra-se, portanto, nessa categoria, já que sua área total é de 149,66 km² - outras características geométricas encontradas foram o perímetro que corresponde a 71,88 km e o comprimento axial de 22,49 km - medido do ponto mais alto do curso d'água principal até o mais baixo desta sub-bacia.

Considerando os principais índices que determinam sua forma, como coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic) e razão de alongação (Re), os valores encontrados permitem identificar o formato da bacia e sua tendência à ocorrência de picos de cheia. Para a sub-bacia em questão, os valores atribuídos a esses



parâmetros, dispostos na Tabela 2, a caracterizam por um formato mais alongado e pressupõem baixa tendência à enchente em condições normais de precipitação.

Vilella e Mattos (1975) utilizam os valores de fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc) de forma conjunta para realizar a interpretação da bacia quanto a tendência para enchentes. Valores de Kf abaixo de 0,30, de Ic abaixo de 0,4 e de Kc acima de 1,70 representam uma bacia com formato comprido (alongado) e tendência para conservação. Já para Kf entre 0,30 e 0,50, Ic de 0,4 à 0,6 e Kc entre 1,70 e 1,50, o formato atribuído é oblongo e com baixa tendência para enchentes. Para Kf e Ic, quanto maiores os valores, maior a tendência para enchentes, enquanto para Kc, quanto menores os valores, essa tendência aumenta.

Os valores de referência utilizados são encontrados em Azambuja e Conceição (2023). Neste caso, aqueles superiores a 1,5 para Kc e inferiores a 0,50 para Kf, indicam bacias com pouca tendência à grandes enchentes. Para o índice de circularidade (Ic) o valor obtido inferior a 0,51 infere uma bacia moderadamente alongada. Esta característica é reforçada pelo Re cujos valores entre 0,50 e 0,70, de acordo com Schumm (1956), indicam bacias igualmente com este formato. Isso ocorre porque em uma bacia hidrográfica com formato mais estreito e alongado a água atinge o curso principal em vários pontos ao longo do canal, diferentemente daquelas cujo formato circular tende a concentrar o deflúvio em apenas um ponto (Vilella; Mattos, 1975).

3.2 Análise das características do solo

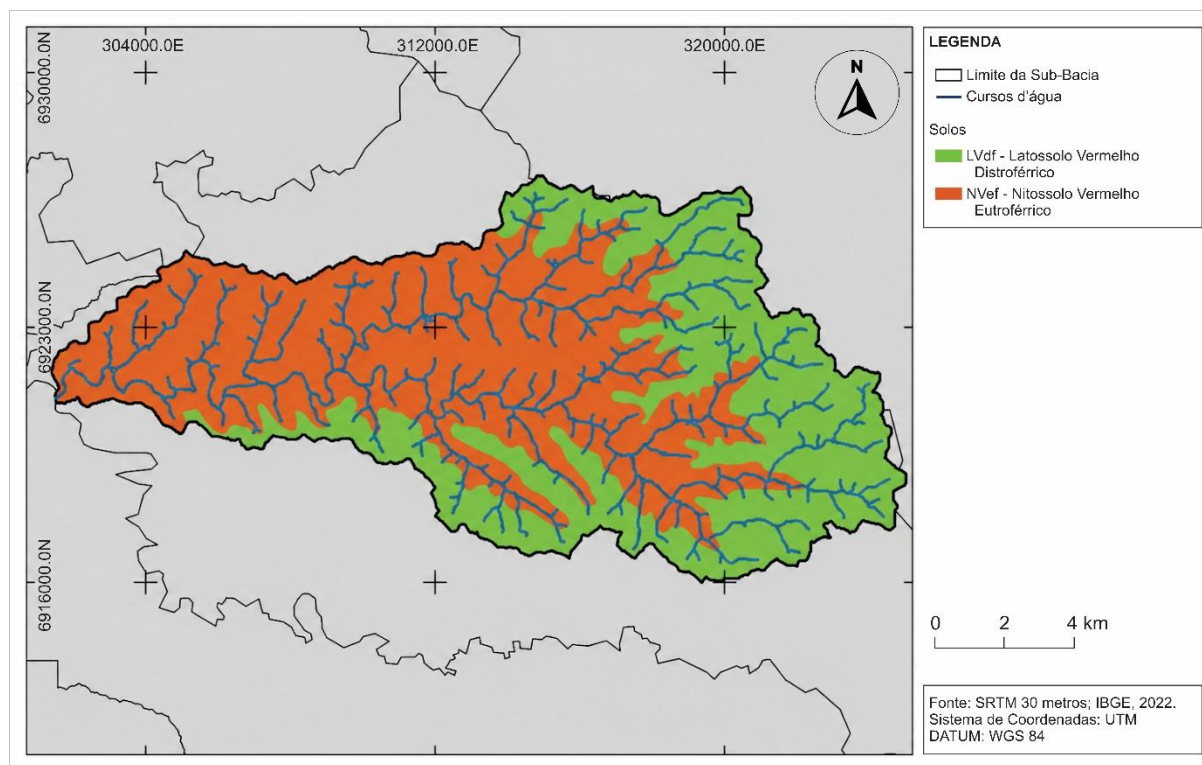
Dos dois tipos de solo encontrados na área da sub-bacia (Figura 2), o Latossolo vermelho distroférico se caracteriza como um solo com saturação por bases $< 50\%$ e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) de 180 g kg^{-1} a $< 360 \text{ g kg}^{-1}$ de solo, ambos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). São, portanto, solos de baixa fertilidade e altos teores de ferro, com características de cor, textura e estrutura uniformes em profundidade. Ocorrem, predominantemente, em áreas de relevo plano e suave ondulado e apresentam suscetibilidade à compactação (Santos *et al*, 2018).

Já os Nitossolos vermelhos eutroféricos, tem saturação por bases $\geq 50\%$ e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) de 150 g kg^{-1} a $< 360 \text{ g kg}^{-1}$ de solo, ambos na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA). São solos de alta fertilidade com textura argilosa derivados de rochas básicas e ultrabásicas, com diferenciação de horizontes pouco evidentes. Podem apresentar risco de erosão devido aos relevos acidentados a que estes



solos estão associados, diferentemente dos Latossolos que são mais resistentes e exigem práticas simples de conservação (Santos *et al*, 2018).

Figura 02 – Mapa de solos da sub-bacia do Arroio Sarandi



Fonte: Dados do IBGE (2022). Elaborado pelos autores (2024).

Os dados dispostos na Tabela 3 estão relacionados com as características de relevo encontrados para a sub-bacia. O índice de rugosidade (I_r) é uma ferramenta útil para entender a interação entre o relevo e os processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica (Souza *et al.*, 2017). Ele associa a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com seu potencial erosivo – expresso pela declividade média. Dessa maneira, quanto maior for esse índice, maior será o risco de degradação da bacia (Azambuja e Conceição, 2023). Da mesma forma que o índice de rugosidade, o parâmetro de razão de relevo (R_r) ajuda a entender como a topografia de uma bacia influencia o escoamento da água (Schumm, 1956; Souza *et al.*, 2017).

Neste estudo, o índice de rugosidade (I_r) encontrado para a sub-bacia do Arroio Sarandi foi de 517,52 indicando uma área de drenagem com tendência moderada à processos erosivos por escoamento superficial. O mesmo ocorre com a razão de relevo (R_r) encontrada de 0,0154, classificada como valor médio (entre 0,11 e 0,30) segundo



Piedade (1980). Nardini *et al* (2013) e Pereira *et al* (2024) utilizam parâmetros semelhantes para classificar a razão de relevo em seus estudos.

Tabela 03 – Características de relevo da sub-bacia do Arroio Sarandi

Parâmetro	Dado Obtido	Unidade de medida
Índice de rugosidade (Ir)	517,52	adimensional
Razão de relevo (Rr)	0,0154	adimensional

Declividade	
Índice	Percentual
Declividade mínima	0
Declividade máxima	63,76
Declividade média	13,07

Classes de declividade			
Classes (%)	Tipo de Relevo	Área (km²)	Área (%)
0 a 3%	Plano	7,26	4,85
3 a 8%	Suave ondulado	32,06	21,42
8 a 13%	Moderadamente ondulado	41,81	27,94
13 a 20%	Ondulado	40,16	26,83
20 a 45%	Forte ondulado	28,15	18,81
acima de 45%	Montanhoso e escarpado	0,22	0,15

Hipsometria		
Parâmetro	Altitude	Unidade
Altitude mínima	354,95	m
Altitude máxima	701,54	m
Altitude média	528,24	m
Amplitude altimétrica	346,59	m

Hipsometria		
Classes (m)	Área (km²)	Percentual (%)
350 a 400	6,58	4,40

continua

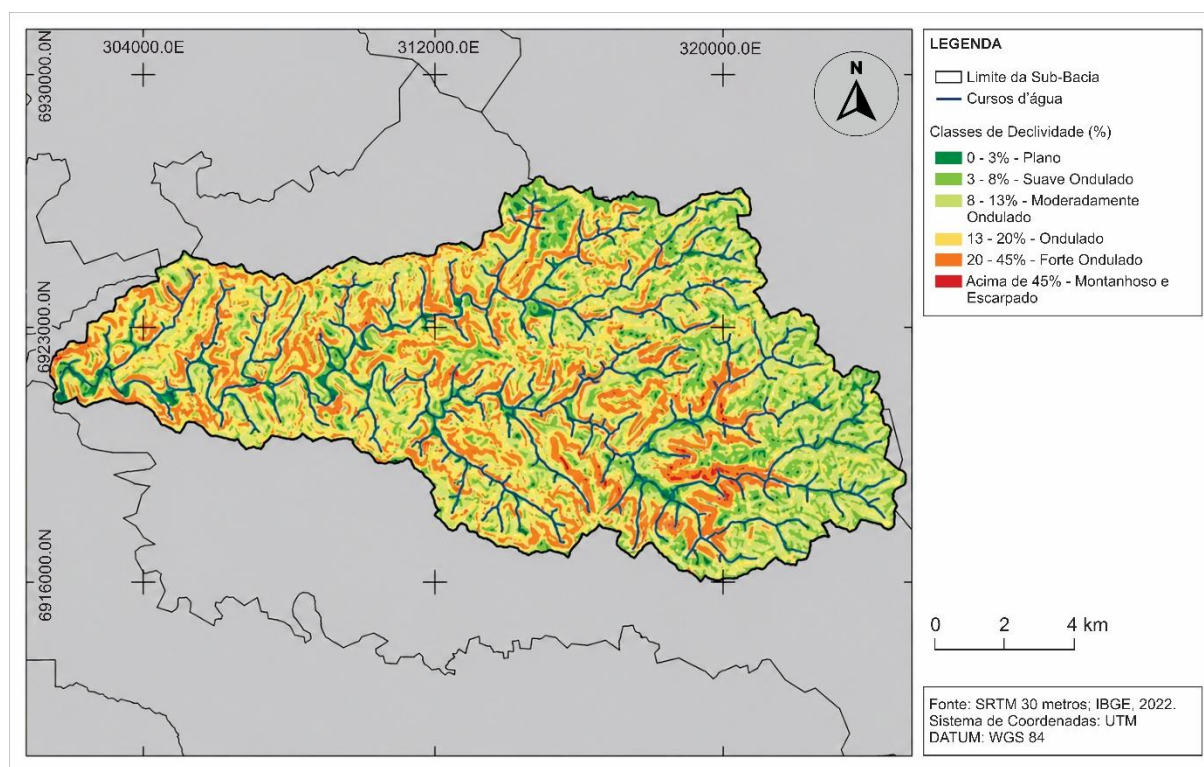


continua		
400 a 450	18,20	12,16
450 a 500	26,74	17,87
500 a 550	34,57	23,10
550 a 600	22,27	14,88
600 a 650	27,24	18,20
650 a 702	14,06	9,39

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Apesar de ter a maior parte de sua área está em altitudes acima de 500m e a amplitude altimétrica ser de 346m, a declividade média da sub-bacia corresponde a 13%, contribuindo para uma velocidade de escoamento reduzida, que tende a reduzir as taxas de erodibilidade. A ocorrência de relevo moderadamente ondulado (Figura 3) é predominante na sub-bacia, ocupando mais de 27% de sua área, contudo sem grandes variações de percentual com o tipo ondulado – que juntos representam mais de metade de sua área. Porém, conforme visualizado na Tabela 3, as categorias de relevo concentram-se de modo geral entre suave ondulado e forte ondulado.

Figura 03 – Mapa de declividade da sub-bacia do Arroio Sarandi



Fonte: Dados SRTM e IBGE (2022). Elaborado pelos autores (2024).

A razão de relevo e a declividade são fatores centrais para compreender a dinâmica do escoamento superficial e o potencial erosivo de uma bacia hidrográfica. A razão de relevo encontrada para a sub-bacia do Arroio Sarandi associada ao predomínio de relevos suave ondulado a ondulado indica uma probabilidade de erosão moderada dependendo da cobertura do solo e do volume de chuvas.

A altitude, na qual a mínima identificada foi de 354m e a máxima de 701m, teve como média dessas variações 528m (Tabela 03). Relacionadas com a altitude estão a temperatura – que influencia nas perdas de águas por evaporação e transpiração – e a precipitação – que atua diretamente no escoamento superficial e infiltração (Villela; Mattos, 1975).

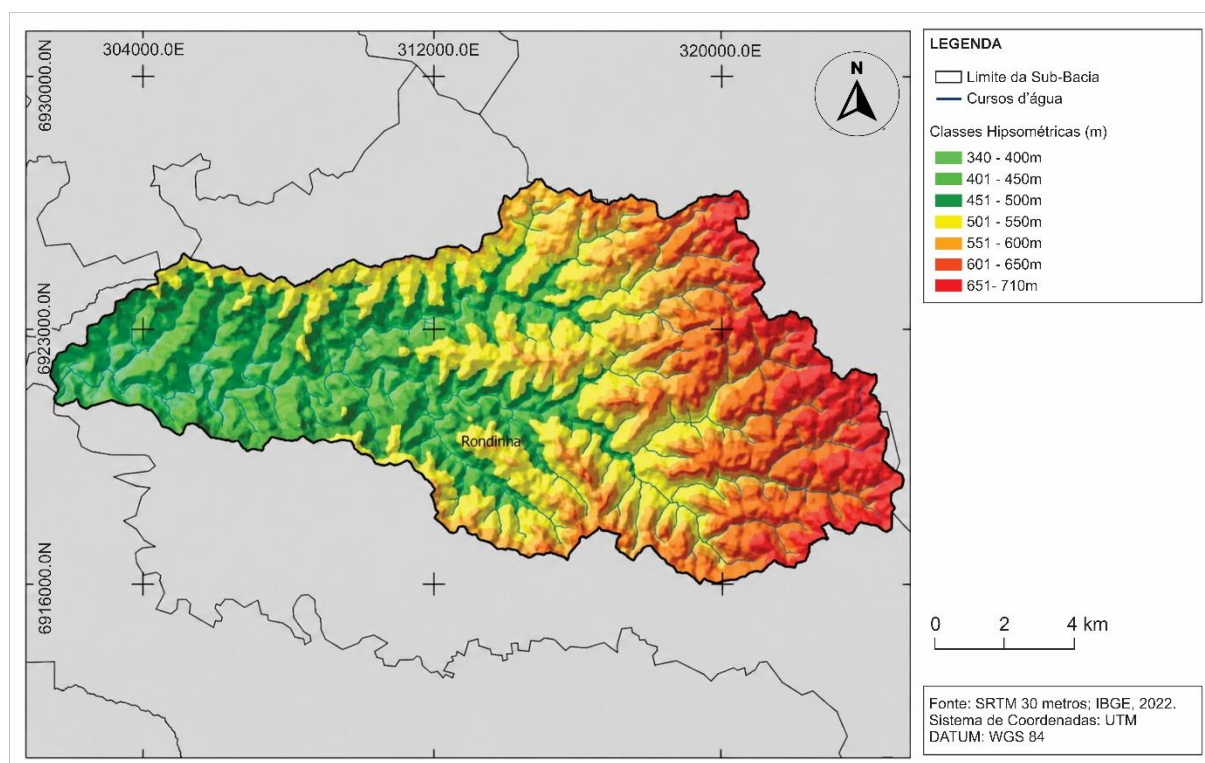
Cerca de 65% da área da sub-bacia está nas classes hipsométricas acima de 500m, que coincidem com os trechos à oeste mais próximo as nascentes e cursos d'água de ordens menores. É onde predominam os solos do tipo Latossolo vermelho distroférico e áreas de relevo plano e suave ondulado.

À medida que a rede de drenagem rumo sentido leste, a hipsometria diminui, demarcando os cursos d'água principais que se aproximam de sua foz e onde os relevos mais dissecados se fazem presentes (Figura 04). Importante mencionar que embora os dados encontrados a partir destas características de relevo e as tipologias de solo presentes na sub-bacia indicarem vulnerabilidade moderadas à erosão, processo erosivos sempre são passíveis de serem iniciados.

Essas condições também estão atreladas ao manejo, além das formas de uso e ocupação do solo que podem colaborar para sua incidência ou não. A importância em mitigar a ocorrência de tais eventos está relacionada com a forma como problemas como assoreamento e erosão tornam ainda mais crítica a condição dos cursos d'água, já que interferem na sua vazão e na profundidade do canal, facilitando a ocorrência de enchentes e inundações (Botelho, 2011).



Figura 04 – Mapa hipsométrico da sub-bacia do Arroio Sarandi



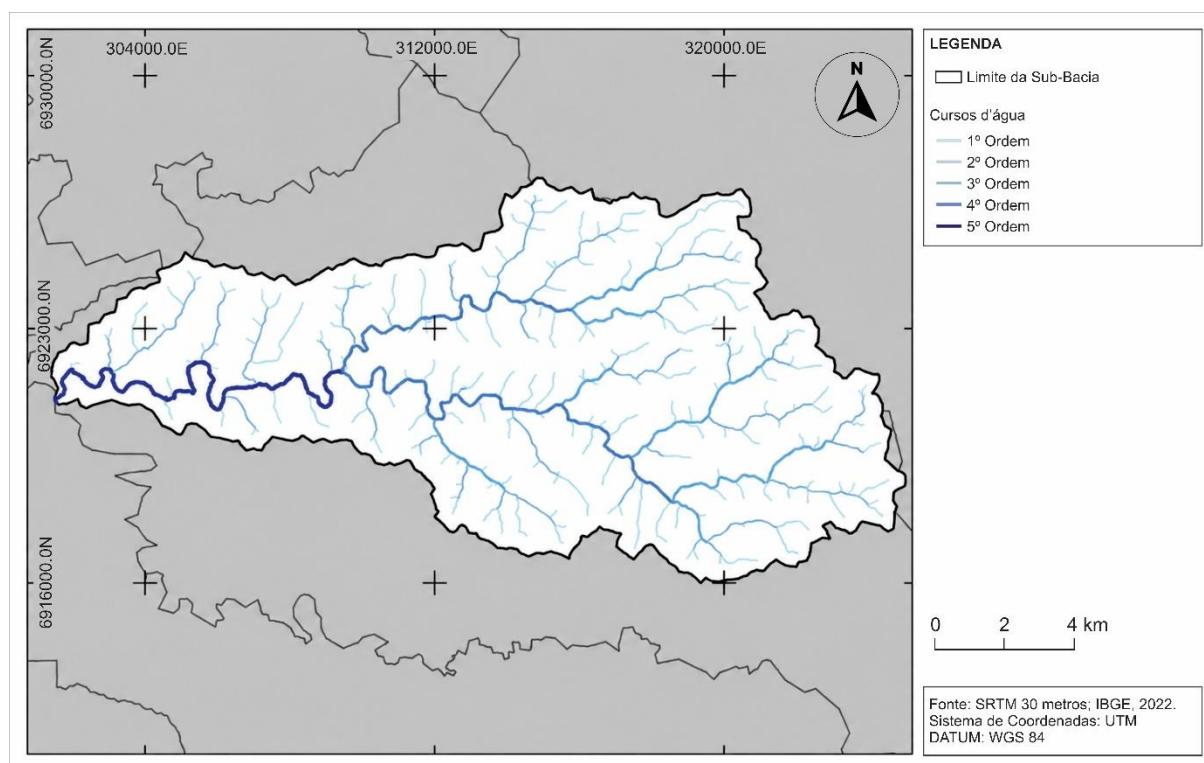
Fonte: Dados SRTM e IBGE (2022). Elaborado pelos autores (2024).

3.3 Análise das características hidrográficas

A hierarquia fluvial da sub-bacia do Arroio Sarandi, por sua vez, é de 5ª ordem (Strahler, 1957), ou seja, bem ramificada (Souza *et al.*, 2017) - o que pode ampliar a capacidade de drenagem - em que prevalece o padrão dendrítico (Figura 5). Ainda em relação a rede hídrica, o número total de canais (Nt) encontrados nesta sub-bacia foi de 256, sendo aqueles de 1ª ordem os mais frequentes, representando a metade de todos os canais existentes, seguido dos de 2ª ordem, 4ª ordem, 3ª ordem e, finalmente, 5ª ordem. Esta mesma hierarquia da frequência está associada também, neste caso, a extensão e a quantidade encontrada destes canais individualmente na sub-bacia, conforme exposto na Tabela 3.



Figura 05 – Mapa dos cursos d’água da sub-bacia do Arroio Sarandi



Fonte: Dados SRTM e IBGE (2022). Elaborado pelos autores (2024).

A relação de bifurcação (R_b), por sua vez, também mostrada na Tabela 4, indica o número de confluências entre os canais de acordo com suas ordens. Quanto mais elevado os valores encontrados, mais número significativo é o número de canais de menor ordem se ramificando em canais de maior ordem. Neste estudo, isso indica uma sub-bacia com uma rede de drenagem bem desenvolvida.

Segundo Strahler (1964), a relação de bifurcação varia normalmente entre 3,0 e 5,0 para bacias cujas estruturas geológicas não afetam o sistema de drenagem. Os valores altos deste índice podem ser esperados em regiões de vales escarpados e vão sugerir bacias alongadas, regiões que geralmente apresentam numerosos tributários de pequena extensão.

Segundo Christofletti (1980), o cálculo da densidade de drenagem é importante para o estudo das bacias hidrográficas por que apresenta relação inversa com o comprimento dos rios: o aumento da densidade implica na diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais. Esse parâmetro representa ainda o grau de dissecação do relevo e funciona como índice demonstrativo do trabalho fluvial de erosão da superfície, importante na identificação de possíveis focos de suscetibilidade geomorfológica (Soares *et al*, 2016).

Tabela 04 – Hierarquia Fluvial na sub-bacia do Arroio Sarandi

Ordem dos canais	Nº de canais de mesma ordem	Nº de seções de mesma ordem	Extensão dos canais (km)	Frequência de canais (%)	Relação de bifurcação (Rb)
1ª	204	204	104,22	50,37	4,97
2ª	41	98	57,10	24,20	5,12
3ª	8	40	23,47	9,88	4
4ª	2	43	23,99	10,61	2
5ª	1	20	14,69	4,94	-
Total	256	405	223,47	100	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A Tabela 5 reúne mais atributos relacionados com a rede de drenagem na sub-bacia estudada. A densidade de drenagem (Dd), cujo valor encontrado é de 1,49 km/km², indica que a drenagem desta sub-bacia é baixa conforme aponta Souza *et al* (2017). Valores baixos de drenagem, geralmente estão relacionados a regiões de rochas permeáveis como é o caso dos basaltos e andesitos que compõem o Planalto Dissecado do Rio Uruguai, que possuem uma estrutura porosa que permite a passagem de água, o que favorece a infiltração e o escoamento subterrâneo.

Tabela 05 – Características da rede de drenagem da sub-bacia do Arroio Sarandi

Parâmetro	Dado obtido	Unidade de medida
Comprimento total dos canais (Lt)	223,47 km	km
Comprimento do canal principal (Lp)	30,3 km	km
Densidade de drenagem (Dd)	1,4932	km/km ²
Densidade hidrográfica (Dh)	1,7105	canais/km ²
Coeficiente de manutenção (Cm)	669,70	m ² /m ⁻¹

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A capacidade de gerar novos cursos d'água nesta sub-bacia - visualizada pelo índice de densidade hidrográfica (Dh) de 1,71 canais/km² - também é considerada baixa (Souza *et al.*, 2017). Em relação ao coeficiente de manutenção (Cm) encontrado, são necessários 669,70m²/m no mínimo para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Os



resultados desse índice são inversos àquele de densidade de drenagem e hidrográfica obtidos, os quais foram baixos, sugerindo que a sub-bacia possui dificuldade na renovação e formação de novos canais. Reforçam esse contexto a baixa declividade e o baixo índice de rugosidade, fatores de grande relevância no escoamento fluvial e formação de novos cursos d'água (Silva *et al.*, 2018).

As análises do sistema de drenagem da sub-bacia do Arroio Sarandi, assim como dos demais aspectos citados anteriormente, é relevante para o planejamento do uso e ocupação do solo da região. Através do método de Strahler (1952) pode-se relacionar que quanto mais ramificada for sua rede de drenagem mais eficiente será a integração entre os diversos componentes e processos que ocorrem no interior desta sub-bacia. Nesse sentido, essa caracterização é essencial para visar medidas que buscam proteger os recursos hídricos e equilibrar com as atividades econômicas ali existentes, sobretudo a agropecuária.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação acerca das características morfométricas da sub-bacia do Arroio Sarandi indicam que essa é uma área com pouca tendência a enchentes e cheias rápidas, conforme valores apresentados pelo fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade. Além disso, bacia possui menor risco de degradação a processos erosivos devido à baixa velocidade de escoamento em função das características do solo, com boa permeabilidade, e declividade, apresentando uma declividade média de 13,07%, onde os maiores percentuais de áreas estão nas classes moderadamente ondulado e ondulado.

A dinâmica erosiva relacionada aos valores do I_r da bacia indica que mesmo em uma bacia de relevo relativamente suave, existem uma moderada probabilidade de ocorrência de processos erosivos laminares e lineares, principalmente pelo contexto regional e das características dos solos que embora férteis são altamente suscetíveis a erosão hídrica. Destaca-se ainda que, com a R_r baixa indica menor declividade média, favorecendo uma maior permanência de água na superfície e, por consequência maior infiltração com recarga do aquífero, porém associado ao I_r moderado, os episódios de chuva intensas e grandes volumes, o escoamento superficial pode intensificar rapidamente.

Os dados encontrados demonstram também que, naturalmente, há uma maior propensão a infiltração da água frente a um menor escoamento superficial. A lacuna deixada por esse trabalho em relação a análise da influência do uso e ocupação na caracterização desses aspectos, o fato da sub-bacia em ser pouco urbanizada e ter uso



majoritário agrário, colabora com a ideia de trabalhos que possam analisar este contexto, da relação de uso e ocupação da terra na área de estudo.

Ainda assim, cabe reforçar a ideia de como a utilização da escala de bacia hidrográfica é eficiente para verificar a interação local entre os fatores ambientais (solo, vegetação, hidrografia, relevo, entre outros) e diagnosticar suas vulnerabilidades. Isso possibilita o planejamento e gestão deste território, fundamental na resolução de conflitos atrelados à ocupação e interferência humana sobre uma bacia hidrográfica.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) [processo número 24/2551-0002330-5/ edital 06/2024].

REFERÊNCIAS

- AZAMBUJA, A. M. S. de; CONCEIÇÃO, R. A. C. da. **Caracterização fisiográfica da bacia do Rio Parauapebas-PA**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 25., 2023, Aracaju. *Anais [...]* Porto Alegre: ABRHidro, 2023. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/191/XXV-SBRH0013-1-20230512-181735.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2026.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 71-115.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, mar./abr. 2006. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/cXmkNxXThc8ksdjWwFM6vNt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 abr. 2024.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CPRM. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2010. 250 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16774>. Acesso em: 16 abr. 2024.
- FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90 p.



FRAGA, M. de S; FERREIRA, R. G; SILVA, F. B; VIEIRA, D. P. da; BARROS, F. M; MARTINS, I. S. B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014. DOI <https://doi.org/10.31413/nativa.v2i4.1785>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1785/pdf>. Acesso em: 9 abr. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 58 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geomorfologia**: Folha Chapecó SG-22-Y-C. Escala 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2003a. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/escala_250_mil/sq22yc_geomorfologia_2003.pdf. Acesso em: 9 abr. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geologia**: Folha Chapecó SG-22-Y-C. Escala 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2003b. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/mapa_s/escala_250_mil/sq22yc_geologia_2003.pdf. Acesso em: 9 abr. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. p. 157-160.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinheiro do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. v. 45. 168 p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/biomass/#/home>. Acesso em: 16 abr. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Populacional 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 9 abr. 2024.

LORANDI, R.; CANÇADO, C. J. Parâmetros Físicos para Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (org.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas**: teorias e aplicações. Ilhéus: Editus, 2002. p. 37-66. Disponível em: <https://ecoa.org.br/conceitos-de-bacias-hidrograficas-teorias-e-aplicacoes/>. Acesso em: 25 jun. 2024.

NARDINI, R. C. *et al.* Análise morfométrica e simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga**, [S.L.], v. 18, n. 4, p. 687-699, 9 dez. 2013. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - IRRIGA. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2013v18n4p687>. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/2817a7bd-2234-44a4-84cf-e12562a39953/content>. Acesso em 02 jun. 2026.

PEREIRA, M. A. B; ALVES, W. dos S; OLIVEIRA, L. D; MORAIS, W. A; CASTRO, R. M; PILATTI, H. da S. C; MOURA, D. M. B. de. Geotecnologias Aplicadas à Análise da Morfometria: um estudo sobre duas bacias hidrográficas localizadas no cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 315-331, 25 jan. 2024. Revista Brasileira de Geografia Física. <http://dx.doi.org/10.26848/rbge.v17.1.p315-331>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbge/article/view/257924>. Acesso em 02 jun. 2026.



PIEIDADE, G. C. R. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. 1980. 161f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, 1980.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. DOI <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10292>. Acesso em: 9 abr. 2024.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65 p.

SANTOS, A. M. dos; TARGA, M. dos S; BATISTA, G. T; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambiente e Água**, v. 7, n. 3, p. 195-211, 31 dez. 2012. DOI <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.945>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/tYpMVzyHC7Gw49N4FvHF7qb/>. Acesso em: 25 jun. 2024.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. de; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R; ALMEIDA, J. A. de; FILHO, J. C. de A; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 67, p. 597-646, 1956.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **U100 Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea**. Porto Alegre: SEMA, [s.d]. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/u100-bh-varzea>. Acesso em: 9 abr. 2024.

SILVA, G. C. S. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Rangel – Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 28, p. 244-258, 2018. DOI https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018B22. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/390>. Acesso em: 25 jul. 2024.

SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. p. 35-51.

SOARES, L. S; LOPES, W. G. R; CASTRO, A. C. L; ARAUJO, G. M. C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016. DOI <https://doi.org/10.5771/0040-117X-2016-1-100>. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/107715/>. Acesso em: 5 jul. 2024.

SOBRINHO, T. A; OLIVEIRA, P. T. S; RODRIGUES, D. B. B; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 46-57, fev. 2010. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000100005>.



Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/eagri/a/BCFw7SYRfd8scZBTt7pKmsG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 abr. 2024.

SOUZA, C. F.; PERTILLE, C. T.; CORRÊA, B. J. S.; VIEIRA, F. S. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí-Paraná. **Geoambiente On-line**, Jataí, GO, n. 29, jul./dez. 2017. DOI <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i29.50602>. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/50602>. Acesso em: 25 jun. 2024.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 9, p. 923-938, 1952a. DOI [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[923:DBOG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[923:DBOG]2.0.CO;2). Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/63/9/923/4513/DYNAMIC-BASIS-OF-GEOMORPHOLOGY>. Acesso em: 25 jun. 2024.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952b. DOI [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2). Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/63/11/1117/4477/HYPSOMETRIC-AREA-ALTITUDE-ANALYSIS-OF-EROSIONAL?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 25 jun. 2024.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: Transactions: American Geophysical Union, v.38. p. 913-920, 1957. DOI <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/TR038i006p00913>. Acesso em: 25 jun. 2024.

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, V. T. (ed.). **Handbook of Applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1964. p. 439-476.

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