

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL  
CURSO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA**

**VANESSA KLACZIK**

**CARACTERIZAÇÃO DA MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
CAVERNOSO**

**LARANJEIRAS DO SUL- PR**

**2023**

VANESSA KLACZIK

CARACTERIZAÇÃO DA MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
CAVERNOSO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia de Aquicultura da  
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS),  
como requisito para obtenção do título de  
Engenheira de Aquicultura.  
Orientador: Prof. Dr. Humberto Rodrigues  
Francisco

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Klaczik, Vanessa

Caracterização da Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Cavernoso / Vanessa Klaczik. -- 2023.  
40 f.:il.

Orientador: Humberto Rodrigues Francisco

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Engenharia de Aquicultura, Laranjeiras do Sul, PR, 2023.

1. Bacia Hidrográfica, Rio Cavernoso, Paraná e Morfometria.. I. , Humberto Rodrigues Francisco, orient.  
II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**VANESSA KLACZIK**

**CARACTERIZAÇÃO DA MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
CAVERNOSO**

Dissertação apresentada ao Curso de Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

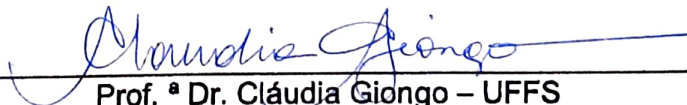
Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 29/06/2023.

**BANCA EXAMINADORA**



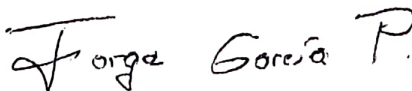
---

Prof. Dr. Humberto Rodrigues Francisco – UFFS  
Orientador



---

Prof.ª Dr. Cláudia Giongo – UFFS  
Avaliador



---

Prof. Dr. Jorge Erick Garcia Parra – UFFS  
Avaliador

*Dedico este trabalho aos meus pais e avós que não pouparam esforços para que eu pudesse concluir meus estudos.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de dedicar este espaço para agradecer às pessoas que foram essenciais em minha jornada acadêmica e na elaboração deste trabalho. Sem o amor, incentivo, paciência e compreensão de cada um de vocês, eu não teria conseguido chegar até aqui.

Em primeiro lugar, aos meus pais, que foram a minha base durante toda a minha vida, obrigada por serem sempre meus maiores incentivadores, me fornecendo todo o suporte necessário para que eu pudesse concluir essa etapa tão importante da minha jornada acadêmica. Obrigada por me ensinarem a importância do estudo e também por me ajudarem financeiramente e por me incentivarem a nunca desistir dos meus sonhos. Sou eternamente grata por tudo o que fizeram por mim.

Agradeço também ao meu namorado, por ter sido meu porto seguro durante todo este processo. Sua paciência, compreensão e amor incondicional foram fundamentais para que eu conseguisse conciliar a vida acadêmica e pessoal. Você esteve presente em todos os momentos, me apoiando, me incentivando e me dando forças para continuar. Obrigada por ser meu companheiro de vida e por estar sempre ao meu lado.

Não posso deixar de mencionar minha irmã e meus amigos, que estiveram presentes em todas as etapas deste processo. Obrigada por terem me ouvido, me aconselhado, e me animado nos momentos de desânimo. Cada um de vocês é muito especial para mim, e sou grata por poder contar com amigos tão maravilhosos em minha vida.

Aos professores, que me forneceram toda a base teórica e prática para que eu pudesse desenvolver meu trabalho com excelência, obrigada pela dedicação e pelo conhecimento transmitido. Agradeço, em especial, ao meu orientador, que me acompanhou durante todo o processo, me orientando com suas valiosas sugestões e críticas construtivas, para que eu pudesse concluir este trabalho.

Agradeço aos meus colegas de curso, que compartilharam comigo momentos de estudo, aprendizado e diversão. Sem vocês certamente, essa caminhada teria sido muito mais difícil.

Por fim, agradeço a Deus pela oportunidade de concluir este trabalho e pela sabedoria concedida durante todo o processo.

Mais uma vez, meu muito obrigado a todos que desejaram que eu pudesse chegar até aqui. Essa conquista é de todos nós e espero poder retribuir, de alguma forma, todo o apoio e incentivo recebido.

## RESUMO

Características morfométricas são de fundamental importância para contribuir no planejamento e avaliação nas tomadas de decisão relativas à preservação e ao uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar os parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Cavernoso (BHRC). Combinado com técnicas de geoprocessamento, pôde-se caracterizar os parâmetros físicos desta bacia, utilizando as seguintes características morfométricas: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem, tempo de concentração, índice de sinuosidade, razão de alongamento, razão de relevo relativo e índice hipsométrico. Verificou-se com os resultados obtidos que a área de drenagem da BHRC foi de 2.627,15 Km<sup>2</sup> e seu perímetro de 285,57 Km, com formato semi-alongado, mostrando pouco favorável a inundações, apresentando 6 graus de ramificações e classificada com uma hierarquia fluvial de 6<sup>a</sup> ordem. Assim, o estudo da morfometria do rio Cavernoso pode fornecer informações da atual situação desta bacia, podendo dar subsídios a gestão e planejamento para futuros trabalhos no local. Como resultado obtido verificou-se que a bacia apresentou drenagem de 78,08 km<sup>2</sup> e o perímetro de 47 km, com formato alongado e que se mostrou pouco favorável a inundações, sendo classificada como de 4<sup>o</sup> ordem, com baixo grau de ramificação. A bacia apresenta baixas densidades de drenagem, canal principal retilíneo e com baixa declividade, que em condições naturais não é propensa a erosão fluvial.

**Palavras-chave:** Hierarquia fluvial; TauDEM; QGIS; Geoprocessamento.



## **ABSTRACT**

The hypsometric index is a measure that relates the area of the hydrographic basin with the altitudes of its surface, that is, it is a measure of the altimetric distribution of the basin. The present work consists, in the study of the watershed of the Cavernoso river, with emphasis in the morphometric parameters. Fundamental study for understanding the dynamics of aquatic ecosystems and for planning strategies for the management and conservation of water resources. In this context, the river that is located in the state of Paraná, arouses great interest for its environmental and economic importance in the region. The analysis of the morphometric characteristics allows identifying the areas of greatest contribution to the river, the basin's storage capacity, susceptibility to erosion and other relevant aspects for the management of water resources, as they support the understanding of dynamic processes operating in the relief. Thus, the study of the morphometry of the Cavernoso River can provide crucial information for decision-making related to the development of the region where the basin is located.

**Keywords:** River hierarchy; TauDEM; QGIS; Geoprocessing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Imagem 01</b> - Imagem do Rio Cavernoso com sua vegetação nativa, e com a localização das coordenadas -25.422430, -52.073111.....	16
<b>Imagem 02</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Cavernoso .....	18

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Resultados dos Cálculos Relativos a Parâmetros Morfométricos

**Tabela 2** - Resultado dos Cálculos Morfométricos

Tabela 3 – Resultados da Hierarquia fluvial

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
Pr	Paraná
P	Perímetro da bacia hidrográfica
A	Área da bacia hidrográfica
E	Comprimento axial da bacia
L	Comprimento do curso principal
Lt	Comprimento total dos cursos da bacia
Lr	Comprimento vetorial entre os extremos do curso principal
H	Amplitude da bacia
Cotamin	Cota mínima
Cotamed	Cota média
Cotamax	Cota máxima
Kr	Coefficiente de compacidade
F	Fator de forma
Ic	Índice de Circularidade
Dd	Densidade de drenagem
Tc	Tempo de concentração
Is	Índice de sinuosidade
Er	Razão de alongamento
Rv	Razão de relevo relativo
Hi	Índice hipsométrico
Km	Quilômetros
Km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrados
BHCV	Bacia Hidrográfica do Rio Cavernoso

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
2.1 ÁREA DE ESTUDO SUA LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS.....	18
2.2 OBTENÇÃO E PADRONIZAÇÃO DOS DADOS.....	19
2.3 ETAPAS PARA DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	20
2.4 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA.....	20
2.4.1 ETAPAS DAS CAMADAS GEOMÉTRICAS.....	21
2.4.1.1 PERÍMETRO DA BACIA HIDROGRÁFICA (P) (KM).....	21
2.4.1.2 ÁREA DA BACIA (A) (KM <sup>2</sup> ).....	21
2.4.1.3 COMPRIMENTO AXIAL DA BACIA (E) (KM).....	22
2.4.1.4 COMPRIMENTO DO CURSO PRINCIPAL (L) (KM).....	22
2.4.1.5 COMPRIMENTO TOTAL DOS CURSOS DA BACIA (LT) (KM).....	22
2.4.1.6 COMPRIMENTO VETORIAL ENTRE OS EXTREMOS DO CURSO PRINCIPAL (LR) (KM).....	23
2.4.1.7 AMPLITUDE DA BACIA (H).....	23
2.4.1.8 COTA MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA DO TERRENO (COTAMIN, COTAMED E COTAMAX).....	23
2.4.1.9 DECLIVIDADE DA BACIA.....	24
<b>2.5 CÁLCULOS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA.....</b>	<b>25</b>
2.5.1 CÁLCULOS UTILIZADOS DA MORFOMETRIA:.....	25
2.5.1.1 COEFICIENTE DE COMPACIDADE (KC).....	25
2.5.1.2 FATOR DE FORMA (F).....	26
2.5.1.3 ÍNDICE DE CIRCULARIDADE (IC).....	27
2.5.1.4 DENSIDADE DE DRENAGEM (DD).....	28
2.5.1.5 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (TC).....	28
2.5.1.6 ÍNDICE DE SINUOSIDADE (IS).....	29
2.5.1.7 RAZÃO DE ALONGAMENTO (ER).....	30
2.5.1.8 RAZÃO DE RELEVO RELATIVO (RV).....	30
2.5.1.9 ÍNDICE HIPSOMÉTRICO (HI).....	31
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
3.1 RESULTADOS DOS CÁLCULOS RELATIVOS A PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS:.....	33

3.2 RESULTADOS DOS CÁLCULOS MORFOMÉTRICOS:.....	33
3.3 RESULTADOS DA HIERARQUIA FLUVIAL (HF):.....	34
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Cardoso (2016), a delimitação de uma bacia hidrográfica é uma área de captação natural de precipitação da chuva, que converte os escoamentos para um único ponto de saída, denominado exutório. Esse procedimento é executado em análises hidrológicas ou ambientais.

Atualmente, tem sido comum a utilização de informações de relevo em formato analógico, como mapas e cartas, o que compromete a confiabilidade e a reprodução dos resultados devidos à carga de subjetividade inerente aos métodos manuais. Com o advento e a consolidação dos Sistemas de Informações Geográficas e, conseqüentemente, o surgimento de formas digitais consistentes de representação do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação (MDEs), métodos automáticos para delimitação de bacias têm sido desenvolvidos desde então (GARBRECHT e MARTZ, 1999).

Com o avanço da tecnologia, como o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto e Modelagem Hidrológica, tornou-se possível obter informações mais precisas e abrangentes sobre a morfometria e a dinâmica hidrológica das bacias hidrográficas. Isso permite uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos.

É importante ressaltar que tanto o Sensoriamento Remoto quanto o (SIG) são considerados Geotecnologias. O Sensoriamento Remoto busca obter informações de objetos na superfície terrestre sem a necessidade de contato físico, enquanto o SIG é um sistema de integração que possui a capacidade de transformar dados geográficos para aplicações em diversas áreas (FRANCISCO et al., 2020).

Um fator crucial para a análise das bacias hidrográficas é a caracterização morfométrica, que envolve a identificação de parâmetros fisiográficos como indicadores físicos da bacia. Esses parâmetros têm uma aplicação significativa na previsão de fenômenos como enchentes, inundações e erodibilidade (Villela & Mattos, 1975; Cardoso et al., 2006). Também a classificação da Hierarquia Fluvial é de grande importância, segundo Manoel (2014) a hierarquia fluvial proposta por Strahler (1954) denomina os menores canais, sem tributários como os de primeira ordem, desde sua nascente até a confluência. Os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem. Quando há o encontro entre dois canais de segunda ordem, surge um canal

de terceira ordem, que pode receber tanto tributários de primeira como de segunda ordem. Ao encontrar-se com outro canal de terceira ordem, surge um canal de quarta ordem que poderá receber canais de ordem inferior, e assim sucessivamente.

Assim, essa caracterização permite a avaliação do potencial hídrico de uma região, tornando-se um instrumento fundamental para o manejo de bacias hidrográficas. Além disso, possibilita a formulação de um conjunto integrado de ações em relação ao meio ambiente, visando à conservação e à utilização sustentável dos recursos naturais, principalmente os recursos hídricos (Tonello, 2005).

No entanto, apesar de sua importância ecológica e turística, o Rio Cavernoso (Imagem 01) tem enfrentado diversos problemas ambientais, como a degradação da qualidade da água devido à contaminação proveniente de atividades agrícolas e urbanas, além do corte ilegal de madeira. É de extrema importância que medidas de preservação e conservação sejam implementadas de forma integrada, visando garantir a sustentabilidade desse ecossistema e a continuidade dos serviços ecossistêmicos que ele oferece à população local e ao meio ambiente.

**Imagem 01:** Imagem do Rio Cavernoso, com a localização das coordenadas - 25.422430, -52.073111.



Fonte: Autora, 2023.



Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi iniciar estudos sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Cavernoso (BHRC) por meio da análise de seus parâmetros morfométricos, utilizando ferramentas de geotecnologia. Para isso, foram utilizadas ferramentas de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e modelos digitais de elevação (MDEs), juntamente com softwares disponíveis gratuitamente na internet, para o processamento e análise dos dados.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo teve como objetivo analisar os parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cavernoso (BHRC) utilizando ferramentas de geotecnologia. O procedimento seguido foi o seguinte:

- Coleta de Dados: foram coletadas imagens de satélite de alta resolução da área da BHRC por meio de fontes confiáveis. Além disso, um Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo foi obtido a partir de dados LIDAR, sensores de radar ou fontes cartográficas oficiais;
- Delimitação da Bacia Hidrográfica: utilizando o MDE, foram aplicadas técnicas de análise hidrográfica para delimitar a BHRC. Isso envolveu a determinação de fluxo acumulado e direção de fluxo de água, permitindo identificar os pontos de partida do fluxo de água e definir a área da bacia.
- Cálculo dos Parâmetros Morfométricos: com a delimitação da bacia, foram calculados os parâmetros morfométricos relevantes. Isso incluiu o cálculo do perímetro da bacia, área da bacia, comprimento axial, comprimento dos cursos d'água, amplitude da bacia, declividade, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem, tempo de concentração, índice de sinuosidade, razão de alongamento, razão de relevo relativo, índice hipsométrico e hierarquia fluvial. Esses cálculos foram realizados utilizando softwares de geoprocessamento disponíveis gratuitamente na internet.
- Análise e Interpretação dos Resultados: os resultados obtidos foram analisados e interpretados em relação à forma, estrutura e comportamento hidrológico da BHRC. Compararam-se os valores dos parâmetros morfométricos com referências da literatura científica. As implicações dos resultados foram consideradas para a gestão integrada dos recursos hídricos, identificação de áreas de risco de enchentes e planejamento sustentável dos recursos hídricos.

Em sequência analisou-se os seguintes dados descritos nos tópicos seguintes que vai do item 2.1 ao item 2.4.1.9, os quais seguem abaixo.

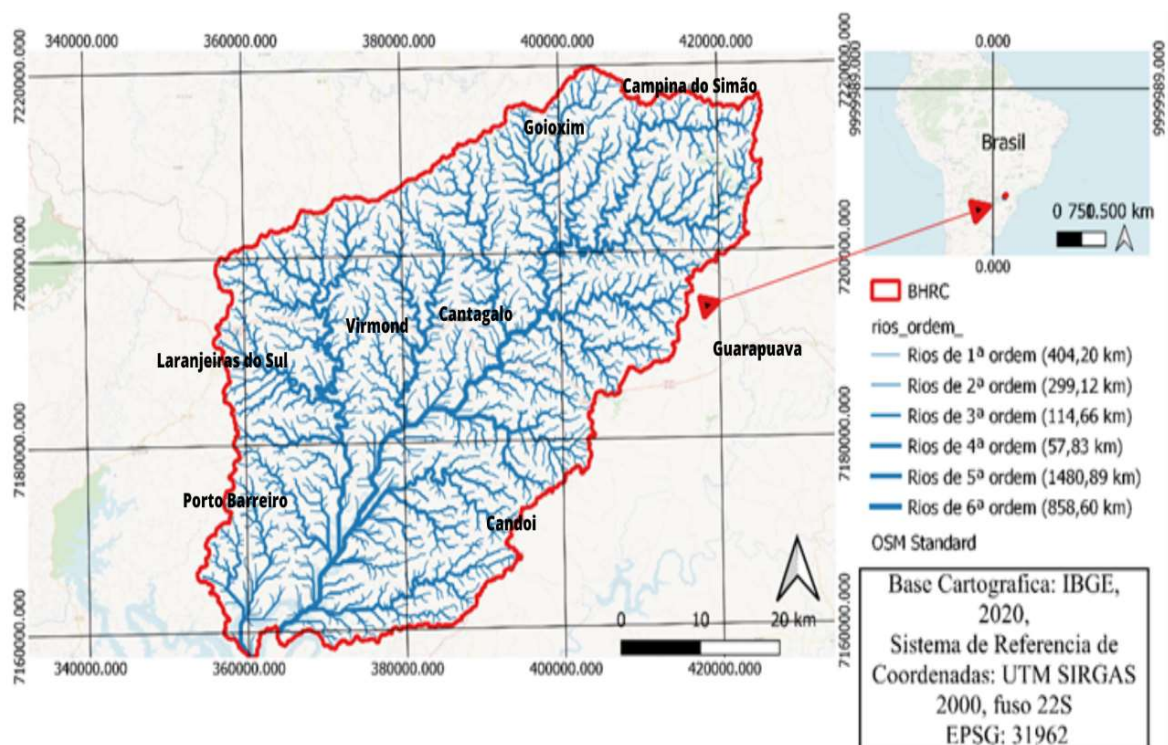
### 2.1 Área de estudo sua localização e características

A área de estudo é um curso d'água localizado na região centro-sul do estado do Paraná, sendo delimitada pelas jusante dos rios Juquiá e do Poço, que

desaguam no Rio Iguaçu. A bacia em estudo abrange os municípios de Campina do Simão, Candió, Cantagalo, Goioxim, Guarapuava, Laranjeiras do Sul, Porto Barreiro e Virmond (Imagem 02), e se estende até desaguar no Rio Iguaçu, próximo à cidade de Chopinzinho. Essa bacia fornece água tanto para uso na agricultura, consumo humano e animal, quanto para pequenas usinas hidrelétricas, além de ser um ponto turístico na região.

Quanto ao clima, de acordo com o sistema de classificação climática de Köppen, a bacia está localizada em uma região de clima Cfb, caracterizado como clima oceânico. Nessa região, os verões são frescos e mais úmidos em comparação ao inverno, com uma distribuição de chuvas abundantes e bem distribuídas ao longo do ano (IAPAR, 2023).

**Imagem 02:** Bacia Hidrográfica do Rio Cavernoso



Fonte: Autora, 2023.

## 2.2 Obtenção e padronização dos dados

Os vetores dos limites municipais foram obtidos do *site* do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em formato *shapefile*. As imagens (s26\_w52\_1arc\_v3 e s26\_w53\_1arc\_v3), foram adquiridas do *site* da *United States*

*Geological Survey* (USGS) que é a principal agência de mapeamento civil nos Estados Unidos, e processadas no software QGIS, versão 3.4.1. Ressalta-se, ainda, que todas as camadas adquiridas ou geradas foram re-projetadas para o sistema de referência de coordenadas planas no DATUM oficial do Brasil estabelecido pelo IBGE como SIRGAS 2000/zona UTM 22Sul (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, ano 2000).

### 2.3 Etapas para delimitação da bacia hidrográfica

Para realizar a delimitação da bacia, utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE) oriundo da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 1Arc-Second equivalente a 30m. que representa as altitudes da superfície topográfica agregada aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações. Para realizar as análises hidrológicas da bacia e sua delimitação, utilizou-se a ferramenta *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM) através da interface de linha de comando. Este aplicativo tem uma forte integração com os SIG, em especial, o QGIS.

De acordo com Oliveira *et. al*, (2007) algumas etapas são necessárias realizar a fim de manter a integridade e consistência dos dados gerados. A primeira etapa foi eliminar depressões do MDE para filtrar e gerar um mapa no qual não crie empecilho para o escoamento artificial.

A segunda etapa foi calcular a direção de fluxo da água e declividade. Na terceira etapa foi calculado a área de contribuição, ou seja, o fluxo acumulado determinando o nível de convergência com os divisores de água à montante.

Na quarta etapa foi calculado a determinação do limiar de fluxo acumulado (em pixels), sendo que quanto menor for o limiar, mais densa será a hidrografia e como consequência menores serão as áreas de contribuição de cada curso d'água. Por fim, foi gerado a extração da rede de drenagem contemplando sua ordenação fluvial proposta por Strahler (1989).

## 2.4 Caracterização Morfométrica

Logo após a realização da delimitação da bacia hidrográfica, foi realizado sua caracterização, resultante dos cálculos em relação aos parâmetros morfométricos. As camadas destes parâmetros foram divididas em: geométricos, hierarquia fluvial.

### 2.4.1 Etapas das camadas geométricas

Para realizar os cálculos relativos a morfometria da bacia hidrografia foram utilizados alguns valores característicos da bacia por meio das características geométricas, sendo:

#### 2.4.1.1 Perímetro da bacia hidrográfica ( $p$ ) (km)

Esta é uma das principais medidas morfométricas utilizadas para caracterizar a forma e o tamanho das bacias hidrográficas. Segundo Ribeiro e Cols. (2009), o perímetro da bacia hidrográfica é a medida da linha que circunscreve a bacia, ou seja, é o comprimento total da linha que delimita a área da bacia hidrográfica. Essa medida é importante porque fornece informações sobre o comprimento total dos cursos d'água e das linhas divisoras de água que separam as diferentes sub-bacias dentro da bacia principal.

De acordo com Cunha (2014), o perímetro da bacia hidrográfica pode ser utilizado em diversas análises e estudos, tais como: análises de mudança entre variáveis morfométricas e hidrológicas, estudos de monitoramento e sedimentação nas áreas adjacentes aos cursos d'água, e até mesmo na capacidade de armazenamento de água em reservatórios construídos em bacias hidrográficas. Portanto, o conhecimento do perímetro da bacia hidrográfica é fundamental para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, certamente para a compreensão da dinâmica dos cursos d'água e dos processos hidrológicos associados a eles.

#### 2.4.1.2 Área da bacia (a) (km<sup>2</sup>)

A área da bacia hidrográfica é a superfície total drenada pela rede hidrográfica que compõe a bacia. É uma das principais medidas utilizadas na análise da morfometria de bacias hidrográficas e é essencial para o cálculo de outras medidas, como o volume de água que a bacia pode armazenar e a vazão dos rios que a drenam. A área da bacia hidrográfica pode ser determinada por meio de técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas (SIG).

#### 2.4.1.3 Comprimento axial da bacia (e) (km)

O mesmo é medido do ponto exultório até o ponto longínquo da bacia. (CARVALHO; SILVA,2003). É uma medida importante para avaliar a forma da bacia hidrográfica e sua dinâmica hidrológica. Quanto maior o comprimento axial, maior é a tendência da água a fluir rapidamente e em grande quantidade, aumentando o potencial de fluxo e transporte de sedimentos. Por outro lado, bacias com menor comprimento axial tendem a apresentar menor energia hidráulica e maior capacidade de armazenamento de água, influenciando a vegetação e fauna locais.

#### 2.4.1.4 Comprimento do curso principal (l) (km)

O comprimento do curso principal de uma bacia hidrográfica é a medida da distância ao longo do canal principal da bacia, desde sua nascente até sua foz. É uma das principais variáveis usadas para descrever a morfometria das bacias hidrográficas e pode ser usada para inferir informações sobre a forma da bacia e suas propriedades hidrológicas, como tempo de concentração e escoamento. Além disso, o comprimento do curso principal pode ser usado como um indicador de fluxo e transporte de sedimentos dentro da bacia.

#### 2.4.1.5 Comprimento total dos cursos da bacia ( $l_t$ ) (km)

O comprimento total dos cursos da bacia hidrográfica é a soma dos comprimentos de todos os cursos d'água presentes na bacia. Isso inclui tanto o comprimento do curso principal quanto o comprimento de todos os afluentes. Essa medida é importante para compreender a extensão total da rede hidrográfica da bacia e sua relação com outros fatores, como a administração do solo e a qualidade da água.

#### 2.4.1.6 Comprimento vetorial entre os extremos do curso principal ( $l_r$ ) (km)

O comprimento vetorial entre os extremos do curso principal de uma bacia hidrográfica é uma medida da distância linear entre os pontos extremos do curso principal de uma bacia, levando em consideração a direção do fluxo de água. Essa medida é importante na análise de processos hidrológicos e geomorfológicos em bacias hidrográficas, como uma identificação de áreas com maior risco de infiltração ou de inundações.

Para calcular o comprimento vetorial, é necessário utilizar técnicas de análise de dados geo-espaciais, como sistemas de informações geográficas (SIG) e modelagem hidrológica. A partir da definição dos pontos extremos do curso principal, é possível calcular a distância em linha reta e, em seguida, ajustar essa medida de acordo com a direção do fluxo de água.

Essa medida é uma das diversas informações morfométricas que podem ser transmitidas em uma bacia hidrográfica e é útil para entender a estrutura e o comportamento hidrológico de uma determinada área.

#### 2.4.1.7 Amplitude da bacia ( $H$ )

A amplitude da bacia hidrográfica é um parâmetro morfométrico que se refere à diferença de altitude entre os pontos mais altos e mais baixos da bacia. Esse parâmetro é importante porque pode indicar a vulnerabilidade da bacia a enchentes e deslizamentos de terra, além de influenciar no fluxo de água na bacia. Geralmente,

é calculado como a diferença entre a altitude do ponto mais alto e do ponto mais baixo da bacia.

#### 2.4.1.8 Cota mínima, média e máxima do terreno (Cotamin, Cotamed e Cotamax)

A cota mínima, média e máxima do terreno de uma bacia hidrográfica refere-se, respectivamente, à menor, à média e à maior altitude do terreno que compõe a bacia. Essas informações são importantes para o estudo da morfometria da bacia, pois influenciam diretamente na dinâmica hidrológica e na caracterização dos processos hidrológicos que ocorrem na área. A cota mínima pode influenciar diretamente no escoamento superficial e subterrâneo, enquanto a cota máxima pode indicar as áreas de maior potencial para ocorrência de enchentes e inundações.

#### 2.4.1.9 Declividade da bacia

A declividade da bacia hidrográfica é uma medida que indica a inclinação do terreno em relação à horizontal, ou seja, é uma relação entre a altura do terreno e a distância horizontal percorrida (RUTHES, 2012). Essa medida é importante para entender a dinâmica da água na bacia hidrográfica, influenciando, por exemplo, a velocidade do fluxo de água e a erosão do solo. A declividade pode ser medida em diferentes escalas, como a declividade média da bacia ou a declividade local de um trecho específico do curso d'água. A sua unidade de medida é geralmente expressa em percentual ou em graus.



## 2.5 Cálculos Morfométricos da bacia hidrográfica

A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica desempenha um papel fundamental na compreensão de sua estrutura, funcionamento e características físicas. Por meio de cálculos morfométricos precisos, é possível obter informações quantitativas e qualitativas que auxiliam na gestão e no planejamento dos recursos hídricos.

Os cálculos morfométricos abrangem uma variedade de parâmetros e índices que descrevem as propriedades geométricas e hidrológicas da bacia hidrográfica. Essas medidas incluem o perímetro da bacia, a área total, o comprimento axial, o comprimento dos cursos d'água, a amplitude da bacia e a declividade, entre outros.

Além disso, os cálculos morfométricos fornecem informações sobre a forma da bacia, sua compacidade, circularidade e a distribuição espacial da rede de drenagem. Esses parâmetros são úteis na compreensão da resposta hidrológica da bacia, como o tempo de concentração, que indica o tempo necessário para que toda a área contribua para o escoamento superficial em um ponto específico da bacia.

Outros cálculos morfométricos incluem o índice de sinuosidade, que descreve a curvatura do curso d'água, a razão de alongamento, que indica a forma alongada ou circular da bacia, e o índice hipsométrico, que avalia a distribuição altimétrica das elevações dentro da bacia.

Esses cálculos morfométricos são fundamentais para uma gestão integrada dos recursos hídricos, pois fornecem informações valiosas para o planejamento de infraestrutura, previsão de enchentes, avaliação de impactos ambientais e tomada de decisões relacionadas ao uso sustentável da água.

### 2.5.1 Cálculos utilizados da morfometria

Valores utilizados para realizar os cálculos relativos à morfometria da bacia hidrografia foram utilizados os valores característicos da bacia por meio das características geométricas, sendo:

### 2.5.1.1 Coeficiente de compacidade (KC)

Coeficiente de compacidade é uma medida morfométrica que quantifica a forma da bacia hidrográfica, representando a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de uma bacia com a mesma área da bacia. Quanto mais próximo de 1 para o coeficiente de compacidade, mais circular será a forma da bacia, enquanto valores menores indicam uma forma mais alongada ou irregular. Essa medida pode fornecer informações sobre a suscetibilidade da bacia a eventos de inundação e manejo do solo, além de ser utilizada em estudos hidrológicos e de planejamento ambiental (VILELA; MATOS, 1975).

Fórmula do cálculo:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Na qual:  $K_c$  é o coeficiente de compacidade, adimensional;  $P$ , o perímetro da bacia, em km; e  $A$ , a área em km<sup>2</sup>.

$K_c$	Risco de enchente
1 - 1,25	Alto
1,26 - 1,50	Médio
> 1,50	Baixo

Fonte: Oliveira, 2018.

### 2.5.1.2 Fator de forma (F)

O fator de forma é uma medida que descreve a forma da bacia hidrográfica em relação à sua eficiência na captação e escoamento da água. É definido como a relação entre a área da bacia e o quadrado do comprimento de seu eixo maior. O valor do fator de forma varia de 0 a 1, sendo que os valores menores indicam uma bacia mais alongada e os valores maiores indicam uma bacia mais circular. Bacias com fator de forma baixo tendem a ter um escoamento mais rápido e mais

concentrado em seu curso principal, enquanto bacias com fator de forma alto tendem a ter um escoamento mais lento e distribuído em várias sub-bacias (VILELA; MATOS,1975).

Fórmula do cálculo:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Na qual: Kf é o fator forma, adimensional; A, a área da bacia, em km<sup>2</sup>; e La, o comprimento axial da bacia, em km.

F	Risco de enchente
> 0,75	Alto
0,75 - 0,50	Médio
< 0,50	Baixo

Fonte: Oliveira, 2018.

### 2.5.1.3 Índice de circularidade (IC)

O índice de circularidade é uma medida que relaciona a área da bacia hidrográfica com a circunferência do seu contorno, indicando a quão próxima a bacia é de um círculo perfeito. Quanto mais próximo de 1 para o índice de circularidade, mais próxima a bacia é de um formato circular, enquanto os valores menores indicam um formato mais irregular segundo Alves e Castro (2003). Essa medida pode ser útil para inferir informações sobre a drenagem da bacia, como a velocidade de escoamento da água.

Fórmula do cálculo:

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

Na qual: Ic é o índice de circularidade, adimensional; A, a área da bacia, em km<sup>2</sup>; e P, o perímetro da bacia, em km.

lc	Risco de enchente
> 0,51	Alto
0,51	Médio
< 0,51	Baixo

Fonte: Oliveira, 2018.

#### 2.5.1.4 Densidade de drenagem (DD)

A densidade de drenagem é uma medida da quantidade de canais de drenagem ou rios que existem em uma determinada área da bacia hidrográfica. É permanecendo dividindo-se o comprimento total dos canais de drenagem pela área da bacia hidrográfica (VILELA; MATOS,1975). Uma densidade de drenagem alta indica que a área está bem drenada, com muitos rios e riachos, enquanto uma densidade de drenagem baixa indica que a área está mal drenada, com poucos canais de drenagem.

Fórmula do cálculo:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Na qual: Dd é a densidade de drenagem, em km.km-2; Lt, o comprimento total dos canais, em km; e A, a área da bacia, em km<sup>2</sup>.

Dd	Risco de enchente
< 0,50	Baixo
0,50 - 2,00	médio
2,01 - 3,50	Alto
>3,50	Muito alto

Fonte: Oliveira, 2018.

### 2.5.1.5 Tempo de concentração (TC)

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido como o tempo necessário para que a água da chuva percorra a bacia hidrográfica até o ponto de saída, levando em conta os diferentes tempos de viagem da água nos diversos trechos da bacia (CARVALHO; SILVA,2003).

Fórmula do cálculo:

$$Tc = 57 \times \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde: L é o comprimento do curso principal em quilômetros (km), e o H é a amplitude da bacia em metros (M).

### 2.5.1.6 Índice de sinuosidade (IS)

O índice de sinuosidade é uma medida adimensional que indica o grau de sinuosidade ou curvatura do curso d'água em relação a uma linha reta que liga sua nascente à sua foz (VILELA; MATOS,1975). Esse índice é importante para a análise da morfologia da bacia hidrográfica e pode ser utilizado para avaliar processos de erosão, transporte de sedimentos, entre outros. Um rio com alto índice de sinuosidade apresenta mais curvas e meandros, enquanto um rio com baixo índice de sinuosidade é mais retilíneo.

Fórmula do cálculo:

$$Is = \frac{L}{Dv}$$

Onde: Is é o índice de sinuosidade, L comprimento do canal principal e Dv L Is = é a distância vetorial do canal principal.

Is (%)	Classe
< 20	I - Muito reto
20 - 29	II - Reto
30 - 39	III - Divagante
40 - 50	IV - Sinuoso
> 50	V - Muito sinuoso

Fonte: Oliveira, 2018.

### 2.5.1.7 Razão de alongamento (ER)

A razão de alongamento é uma medida da forma de uma bacia hidrográfica que representa a relação entre o comprimento máximo e a largura média da bacia de acordo com Pissara et al. (2004). Esse índice é usado para avaliar a forma geral da bacia, permitindo uma estimativa da área de captação e da vazão máxima de uma determinada bacia hidrográfica. Uma bacia mais alongada apresenta maior tempo de concentração e menor velocidade de escoamento em relação a uma bacia mais arredondada.

Fórmula do cálculo:

$$Er = 1,128 \times \frac{\sqrt{A}}{E}$$

Onde: A área da bacia (m<sup>2</sup>), e E comprimento axial da bacia em metros (m).

Er	Classe
< 0,59	Alongada
0,60 - 0,79	Semi-alongada
0,80 - 0,89	Oval
>0,90	Circular

Fonte: Oliveira, 2018.

### 2.5.1.8 Razão de relevo relativo (RV)

A razão de relevo relativo é uma medida da diferença de elevação entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo de uma bacia hidrográfica, em relação à distância horizontal total da bacia de acordo com Pissara et al. (2004). A razão de relevo relativo é uma medida importante para entender a dinâmica hidrológica e geomorfológica de uma bacia hidrográfica. Uma bacia com alta razão de relevo relativo geralmente apresenta maior erosão e transporte de sedimentos, além de maior potencial para enchentes e deslizamentos de terra. Por outro lado, uma bacia com baixa razão de relevo relativo tende a ter maior capacidade de retenção de água e menor susceptibilidade a processos erosivos.

Fórmula do cálculo:

$$Rv = \frac{H}{P}$$

Onde: P significa perímetro da bacia e H é a amplitude da bacia (m).

### 2.5.1.9 Índice Hipsométrico (HI)

O índice hipsométrico é uma medida que relaciona a área da bacia hidrográfica com as altitudes de sua superfície, ou seja, é uma medida da distribuição altimétrica da bacia. De maneira geral, quanto maior o índice hipsométrico, mais suave é o relevo da bacia hidrográfica de acordo com Pissara et al. (2004). Por outro lado, bacias hidrográficas com baixo índice hipsométrico tendem a ter relevo mais acidentado e montanhoso. O índice hipsométrico é uma importante ferramenta para a análise da morfometria das bacias hidrográficas e para a compreensão dos processos hidrológicos que ocorrem em seu interior.

Fórmula do cálculo:

$$Hi = \frac{CotaMed - CotaMin}{CotaMax - CotaMin}$$

### 3. RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados dos cálculos morfométricos realizados para a bacia hidrográfica do rio Cavernoso. Esses cálculos fornecem informações valiosas sobre as características físicas e geométricas da bacia, permitindo uma compreensão mais aprofundada de sua estrutura e funcionamento.

Os resultados obtidos revelam uma série de parâmetros morfométricos importantes, que foram calculados com base em medições e análises detalhadas. Inicialmente, foram obtidos dados como o perímetro da bacia, que corresponde a 285,57 km, e a área da bacia, com um valor de 2.627,15 (km<sup>2</sup>). Além disso, foram determinados o comprimento axial da bacia (88,40 km) e o comprimento total dos cursos d'água na bacia (3.215,30 km).

Outros parâmetros, como a amplitude da bacia (681,02 m), e a declividade da bacia, apresentando um valor de 14,41%, também foram analisados.

Em relação aos parâmetros morfométricos específicos, foram calculados o coeficiente de compacidade (1,56), fator de forma (0,37), índice de circularidade (0,40) e densidade de drenagem (1,224). Esses valores fornecem informações sobre a forma e a distribuição dos canais na bacia.

O tempo de concentração, que indica o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial em um ponto de controle, foi estimado em 1601,8266 minutos. Além disso, o índice de sinuosidade (53,4345), a razão de alongamento (0,654046) e a razão de relevo relativo (0,0025) foram calculados, fornecendo informações sobre as características do curso d'água e do relevo na bacia.

Por fim, o índice hipsométrico (0,6482) e a hierarquia fluvial (1<sup>a</sup> a 6<sup>a</sup> ordem) foram avaliados, permitindo uma compreensão mais detalhada da distribuição altimétrica e da estrutura hierárquica dos cursos d'água na bacia.

Esses resultados Morfométricos, como são apresentados nos pontos 3.1, 3.2 e 3.3, fornecem uma base sólida para o entendimento da bacia hidrográfica do rio Cavernoso, contribuindo para o planejamento e a gestão adequada dos recursos hídricos na região. A análise desses parâmetros é essencial para o desenvolvimento de estratégias de conservação e proteção dos recursos hídricos, garantindo seu uso sustentável para as gerações presentes e futuras.



## 3.1 Resultados dos cálculos relativos a parâmetros Morfométricos:

<b>PARÂMETROS AVALIADOS</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>
Perímetro da bacia (P)	285,57	Km
Área da bacia (A)	2.627,15	Km <sup>2</sup>
Comprimento axial da bacia (E)	88,40	Km
Comprimento do curso principal (L)	158,01	Km
Comprimento total dos cursos da bacia (Lt)	3215,30	Km
Comprimento vetorial entre os extremos do curso principal (Lr)	73,59	Km
Amplitude da bacia (H)	681,02	m
Cota mínima, média e máxima do terreno (Cotamin, Cotamed e Cotamax)	Cotamin: 482 Cotamed: 792,59 Cotamax: 1227	m
Declividade da bacia	14,41	%

Fonte: Autora, 2023.

## 3.2 Resultados dos cálculos Morfométricos

<b>PARÂMETROS AVALIADOS</b>	<b>RESULTADO</b>
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,56
Fator de forma (F)	0,37
Índice de circularidade (Ic)	0,40
Densidade de drenagem (Dd)	1,224
Tempo de Concentração (Tc)	1601,8266
Índice de sinuosidade (Is)	53,4345
Razão de alongamento (Er)	0,654046
Razão de relevo relativo (Rv)	0,0025
Índice Hipsométrico (Hi)	0,4169
Hierarquia Fluvial (Hf)	1ª a 6ª ordem

Fonte: Autora, 2023.

### 3.3 Resultados da hierarquia fluvial (HF):

Hierarquia Fluvial (Hf)	
1ª Ordem	404,20 Km
2ª Ordem	299,12 Km
3ª Ordem	114,66 Km
4ª Ordem	57,83 Km
5ª Ordem	1480,89 Km
6ª Ordem	858,60 Km

Fonte: Autora, 2023.

#### 4. CONCLUSÃO

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas análises detalhadas da bacia Hidrográfica do rio Cavernoso, que permitiram classificá-la como uma bacia de médio porte. Além disso, foram calculados diversos parâmetros, como o Coeficiente de compacidade, Fator de forma, Índice de circularidade e Densidade de drenagem, cujos valores indicaram um baixo risco de enchentes, pois se enquadram na categoria baixa.

O tempo de concentração estimado para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial em um ponto de controle foi de 1601,8266 minutos. Além disso, o índice de sinuosidade da bacia indicou uma elevada sinuosidade do curso d'água, enquanto a razão de alongamento classificou a bacia como semi-alongada. A razão de relevo relativo, cujo valor foi de 0,0025, demonstrou que a área da bacia apresenta um relevo relativamente plano. Por fim, o Índice hipsométrico, que mede a distribuição altimétrica da bacia, indicou um relevo acidentado e montanhoso, com um valor de 0,4169.

A partir dessas análises, é possível concluir que o estudo da morfometria de bacias hidrográficas desempenha um papel fundamental na gestão integrada dos recursos hídricos. Essa abordagem é essencial para a proteção e conservação dos recursos hídricos, garantindo seu uso sustentável tanto para as gerações presentes quanto para as futuras. O conhecimento adquirido por meio deste trabalho contribui para um melhor entendimento da bacia do rio Cavernoso e pode servir como base para a implementação de medidas eficazes de gerenciamento e planejamento adequado dos recursos hídricos na região.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. de P. et al. **Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos**. 2003. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 117-124.

BARTH, F. T.; BARBOSA, W. E. S. **Apostila Recursos Hídricos. Escola Técnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – PHA**. São Paulo, 1999. Disponível em: [http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id\\_arg=5442](http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arg=5442). Acesso em: 12 junho de 2023.

BECK, H.E. et al. **The impact of forest regeneration on streamflow in 12 mesoscale humid tropical catchments**. Hydrology and Earth System Sciences, v. 17, p. 2613-2635, 2013.

BORGES, A. C. R. et al. **Manual de Hidrologia Básica para Microbacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa Editora, 2015.

CARDOSO, C. A. et al. **Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ**. 2006. Revista Árvore, 30(2), 241-248. Acesso em: 12 de junho de 2023.

CORONA, H. M. P. et al. **Agricultura familiar e a segurança alimentar e nutricional: a comunidade da península da ilha do cavernoso no município de Candói/PR**. 2013. Revista Cronos, v. 14, n. 2, p. 108-128.

CUNHA, M. C. R. **Caracterização Morfométrica e Hidrológica da Bacia do Rio das Velhas**. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: [http://www.igeo.ufmg.br/laboratorios/lagef/dissertacoes/Caracterizacao%20Morfometrica%20e%20Hidrologica%20da%20Bacia%20do%20Rio%20das%20Velhas\\_Mariana%20Cristina%20Rocha%20da%20Cunha.pdf](http://www.igeo.ufmg.br/laboratorios/lagef/dissertacoes/Caracterizacao%20Morfometrica%20e%20Hidrologica%20da%20Bacia%20do%20Rio%20das%20Velhas_Mariana%20Cristina%20Rocha%20da%20Cunha.pdf). Acesso em: 26 fev. 2023.

DORNELLES, S. M. et al. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do arroio Cancela-RS**. 2016. Revista de Geociências do Nordeste, 2(1), 139-152.

DORNELAS, Felipe de Oliveira et al. **Análise da Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio da Velha**. Geografia, v. 42, n. 1 de 2017.

FRANCISCO, H. R. et al. **Classificação de áreas aptas para piscicultura usando geotecnologia e análise multicritério**. 2019. ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 8, n. 9, p. 394.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L. W. **Digital elevation model issues in water resources modeling**. In: ESRI, USERS CONFERENCE, 19. 1999, San Diego.

GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Bertrand Brasil, 2009.

GUERRA, A. J. T. et al. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Bertrand Brasil, 2010.

Horton, R. E. **Desenvolvimento erosivo de cursos de água e suas bacias de drenagem; abordagem hidrofísica da morfologia quantitativa**. 1945. Boletim da Sociedade Geológica da América, v. 56, n. 3, p. 275-370.

IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná. **Köppen's classification**. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2533>. Acesso em: 26 maio de 2023.

JÚNIOR, N. B. **Análise Morfométrica e Hidrológica da Bacia do Ribeirão Estiva, afluente do Rio Paraibuna, Juiz de Fora–MG**. Minas Gerais, Brasil, v. 8, p. 9-15, 2019.

KLACZIK, V. **Delimitação da bacia hidrográfica do rio Cavernoso utilizando SIG**. SEPE - Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS, v. 11, 2022.

MANOEL, J. Laszlo; ROCHA, P. C. Composição hierárquica dos canais fluviais das bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 20, p. 228-232, 2014.

MARTINS, Romário. **História do Paraná**. Prefeitura Municipal de Curitiba, 1995.

Martins, S. V. et al. **Caracterização Morfométrica da Bacia do Rio Jucu – ES**. 2007. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 8, n. 2. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/publication/30575167> Caracterizacao morfometrica d a bacia do Rio Jucu - ES. Accessed on 14th March 2023.

MESA, L. M. et al. **Métodos de engenharia da sinuosidade em cursos d'água e sua aplicação em estudos ambientais**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, n. 2, p. 63-72, 2011.

MIOTO, C. L. et al. **Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos**. *Anuário do Instituto de Geociências–UFRJ*, v. 37, n. 2, p. 16-22, 2014.

MULLER, R. I. et al. **Orchidaceae no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná, Brasil**. 2008. *Iheringia, Série Botânica*, 63(1): 131-139.

MONTGOMERY, D. R.; BUFFINGTON, J. M. **Channel-reach morphology in mountain drainage basins**. *Geological Society of America Bulletin*, v. 109, n. 5, p. 596-611, 1997.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. 2010. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, p. 819-825.

OLIVEIRA, V. H. D. et al. **Apostila: Delimitação de Bacias Hidrográficas QGIS**. 2018. UNIOESTE.

OLIVEIRA, S. N. et al. **Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrologicamente corrigido**. 2007. Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 8, n. 1, p. 11.

PARELLADA, C. I. **Relatório final do programa arqueológico e de educação patrimonial da PCH Cavernoso II, vale do rio Cavernoso, Paraná**. Curitiba: Museu Paranaense, 2014.

PISSARA, T. C. et al. **Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP)**. 2004. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 297-305.

RIBEIRO, Caas et al. **Geoprocessamento Aplicado ao Estudo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Leitão, Lavras-MG**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n. 6, pág. 726–732, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662009000600011&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662009000600011&script=sci_abstract&tlng=pt) . Acesso em: 26 fev. 2023.

ROSA, L. M. et al. **Morfometria de bacias hidrográficas: revisão bibliográfica e novas perspectivas**. 2011. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, n. 1, p. 33-45.

ROSS, J. L. et al. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2013.

RUTHES, J. M. et al. **Uso de sistema de informação geográfica na determinação do fator topográfico da Bacia do Rio Catorze, Sudoeste do PR**. 2012. Revista Brasileira de Geografia Física.

SILVA, A. M da. **Caracterização hidrogeomorfológica da bacia hidrográfica do rio Capim**. Dissertação de mestrado em Geografia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

SILVA, R. C. **Análises morfométricas e hidrológicas das bacias hidrográficas do córrego Teixeiras, Ribeirão das Rosas e Ribeirão Yung, Afluentes do Rio Paraibuna, município de Juiz de Fora-MG**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais, 2011.

SINGH, P. et al. **Análise morfométrica da bacia do rio Kosi, Himalaia Central, usando o Modelo Digital de Elevação ASTER e GIS**. 2015. Modelagem de Sistemas Terrestres e Meio Ambiente, v. 1, n. 4, p. 24.

SINGH, P. K. **Gestão de bacias hidrográficas: Princípios, conceitos e estratégias.** Springer, 2014.

SOUZA, R. M. M. et al. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Poti, Teresina (PI), utilizando técnicas de sensoriamento remoto e SIG.** 2007. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 8, n. 2, p. 55-62.

SOUZA, I. C. **Compartimentação hidrográfica automática e análise de dados morfométricos usando sistemas de informações geográficas.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010. 261 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo.

STRAHLER, A. N. **Bases dinâmicas da geomorfologia.** Boletim da Sociedade Geológica da América, v. 63, n. 9, p. 923-938, 1952.

STRAHLER, A. N. **Análise quantitativa da geomorfologia de bacias hidrográficas.** 1957. Eos, Transactions American Geophysical Union, 38(6), 913-920.

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

ZANDONÁ, L. R. et al. **Assembleias de peixes de riachos de cabeceira na Bacia do Alto Iguaçu, Paraná, Brasil.** 2015. Neotropical Ichthyology, 13(4): 775-785.