



INSTITUTO FEDERAL
GOIÁS
Câmpus Anápolis

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA
MOBILIDADE

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MEIA PONTE NO CENTRO-SUL DE GOIÁS

MARIA EDUARDA SANTANA ALVES

ORIENTADOR: Prof. Me. Frederico de Sousa Aleixo
COORIENTADORA: Prof. M^a. Patrícia Azevedo dos Santos

ANÁPOLIS

2024

MARIA EDUARDA SANTANA ALVES

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MEIA PONTE NO CENTRO-SUL DE GOIÁS**

Trabalho de Conclusão do Curso I de Engenharia Civil da
Mobilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás – Campus Anápolis, como requisito
parcial para conclusão de curso.

Orientador: Prof. Me Frederico de Sousa Aleixo.
Coorientadora: Prof. Ma Patrícia Azevedo dos Santos

ANÁPOLIS

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Alves , Maria Eduarda Santana.

A474c Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte no Centro-Sul de Goiás./ Maria Eduarda Santana Alves.
– Anápolis: IFG, 2024.
49 f. il. color.

Orientador: Prof. Me. Frederico de Sousa Aleixo.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Anápolis – Bacharelado em Engenharia Civil da Mobilidade, 2024.

1. Bacia Hidrográfica. 2. Caracterização Morfométrica.
3. Rio Meia Ponte. 4. Recursos Hídricos. 5. Geoprocessamento.
I. Aleixo, Frederico de Sousa (orient.)
II. Santos, Patrícia Azevedo dos (coorient.).
III. Título.

CDD 627



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Maria Eduarda Santana Alves

Matrícula: 2021060130202

Título do Trabalho: Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte no Centro – Sul de Goiás

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Anápolis - Go, 30/10/2024.



Documento assinado digitalmente
MARIA EDUARDA SANTANA ALVES
Data: 07/11/2024 17:32:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

ATA Nº 02/2024

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No 1º dia do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e quatro, às 16:20 horas, na Sala T-601 do IFG Campus Anápolis, foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso da Graduanda **Maria Eduarda Santana Alves** (matrícula 20201060130202) do curso de Engenharia Civil da Mobilidade. A banca foi composta pelos seguintes membros: Frederico de Souza Aleixo, Patricia Azevedo dos Santos, Alexia Regine Costa Silva Meire e Giovanni de Araújo Boggione, sob a presidência do primeiro. O trabalho de conclusão de curso tem como título “**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEIA PONTE NO CENTRO-SUL DE GOIÁS**”, da área de HIDROLOGIA APLICADA, sob orientação do Prof. Frederico de Souza Aleixo e coorientação da Profa. Patricia Azevedo dos Santos. Após a apresentação, tendo sido a autora arguida pela Banca Examinadora, a nota obtida foi 87,0 (Oitenta e sete) e o Trabalho de Conclusão de Curso foi considerado (X) aprovado () aprovado com correções () reprovado pela banca examinadora.

Encerra-se a presente sessão às 18 horas e 00 minutos. Eu, Prof. Frederico de Souza Aleixo, dato e assino a presente ata que segue assinada por todos os membros da Banca e pelo graduando.

Prof. Frederico de Souza Aleixo

(Assinado eletronicamente)

Profa. Patricia Azevedo dos Santos

(Assinado eletronicamente)

Prof. Alexia Regine Costa Silva Meire

(Assinado eletronicamente)

Prof. Giovanni de Araújo Boggione

(Assinado eletronicamente)

Maria Eduarda Santana Alves

(Graduanda)

(Assinado eletronicamente)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Maria Eduarda Santana Alves**, 20201060130202 - Discente, em 01/10/2024 18:12:02.
- **Alexia Regine Costa Silva Meira**, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 01/10/2024 17:58:41.
- **Giovanni de Araujo Boggione**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/10/2024 17:58:22.
- **Patricia Azevedo dos Santos**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/10/2024 17:57:25.
- **Frederico de Souza Aleixo**, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - ANA-CCBECM, em 01/10/2024 17:55:11.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/10/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 570779

Código de Autenticação: 94214aa570



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Avenida Pedro Ludovico, s/ nº, None, Reny Cury, ANÁPOLIS / GO, CEP 75131-457
(62) 3703-3375 (ramal: 3375)

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que, com amor e apoio, contribuíram para que eu alcançasse esta importante conquista.

A Deus, que sempre ilumina meu caminho e me dá força nos momentos de desafio.

Aos meus orientadores, Frederico e Patrícia, pela orientação, paciência e dedicação ao longo desta jornada, o apoio de vocês foi fundamental para a realização deste trabalho.

Aos meus pais Neviton e Elisangela, cuja força e sacrifícios me conduziram até aqui, vocês lutaram incansavelmente para que eu tivesse as melhores oportunidades, e essa vitória é reflexo de todo o esforço que fizeram por mim.

Aos meus avós, Ângela e Wanderley, pelo carinho e sabedoria que sempre compartilharam e ao meu querido avô João Vicente (in memoriam), cuja memória vive em meu coração e me motiva a seguir em frente.

Aos meus familiares, que sempre estiveram ao meu lado, em especial às minhas irmãs, que estiveram ao meu lado como amigas e apoiadoras em cada passo dessa jornada e à minha sobrinha Elisa, cuja alegria me inspira a cada dia.

E aos meus amigos, que compartilharam os desafios e as alegrias comigo, em especial, à Victoria, por sua amizade e companheirismo constantes, sempre me motivando a seguir em frente.

A todos vocês, minha eterna gratidão.

RESUMO

A Bacia do Rio Meia Ponte, que abastece importantes centros urbanos e industriais, enfrenta desafios relacionados à escassez hídrica, o que demanda estudos detalhados para uma gestão eficaz dos seus recursos. Através da análise de parâmetros morfométricos como área, perímetro, índice de compacidade, densidade de drenagem e declividade, foi possível compreender a dinâmica hidrológica da bacia e sua influência sobre a distribuição dos recursos hídricos. Os resultados demonstram que a bacia apresenta uma forma alongada, característica que reduz a concentração de escoamento e a probabilidade de grandes enchentes. Desta forma a análise topográfica revela um relevo predominantemente plano, o que, combinado com a elevada sinuosidade da rede de drenagem, impacta diretamente no tempo de concentração das águas e no risco de inundações localizadas. Além disso, o estudo destaca a importância da vegetação do Cerrado, predominante na área, para a manutenção da qualidade e disponibilidade hídrica. O estudo conclui que a gestão sustentável dos recursos hídricos da bacia deve considerar esses fatores morfométricos, visando à mitigação dos impactos das atividades humanas e à conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Caracterização Morfométrica, Rio Meia Ponte, Recursos Hídricos, Geoprocessamento.

ABSTRACT

The Meia Ponte River Basin, which supplies important urban and industrial centers, faces challenges related to water scarcity, requiring detailed studies for effective resource management. Through the analysis of morphometric parameters such as area, perimeter, compactness index, drainage density, and slope, it was possible to understand the basin's hydrological dynamics and its influence on the distribution of water resources. The results show that the basin has an elongated shape, a characteristic that reduces flow concentration and the likelihood of major floods. Thus, the topographic analysis reveals a predominantly flat terrain, which, combined with the high sinuosity of the drainage network, directly impacts water concentration time and the risk of localized flooding. Additionally, the study highlights the importance of the Cerrado vegetation, predominant in the area, for maintaining water quality and availability. The study concludes that sustainable management of the basin's water resources must consider these morphometric factors, aiming to mitigate the impacts of human activities and preserve biodiversity.

Keywords: River Basin, Morphometric Characterization, Meia Ponte River, Water Resources, Geoprocessing.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SIG	Sistema de informação geográfica
GIS	Sistema de informação geográfica
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
RH	Região Hídrica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CBH	Comitê da Bacia Hidrográfica
UEH	Usina Hidrelétrica
BHMP	Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte
UPGRH	Unidade de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos
UGH	Unidade de gestão hídrica
IMB	Instituto Mauro Borges
PIB	Produto interno bruto
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Representação de uma bacia hidrográfica e uma das suas sub-bacias.....	14
Figura 2 -	Regiões Hidrográficas brasileiras	16
Figura 3 -	Regiões Hidrográficas do Paraná.....	17
Figura 4 -	Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	18
Figura 5 -	Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte.....	20
Figura 6 -	Precipitação Média Mensal UPGRH Rio Meia Ponte.....	22
Figura 7 -	Biomias da região do rio Meia Ponte.....	23
Figura 8 -	Solos da região do rio Meia Ponte.....	24
Figura 9 -	Métodos de cálculo da declividade de um rio (álveo).....	27
Figura 10 -	Mapa hipsométrico.....	33
Figura 11 -	Mapa de curva de nível e declividade.....	35
Figura 12 -	Mapa hierarquização fluvial.....	37
Figura 13 -	Mapa de nascentes.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Parâmetros morfométricos geométricos de Bacias Hidrográficas.....	25
Tabela 2	Parâmetros morfométricos topológicos de Bacias Hidrográficas.....	26
Tabela 3	Parâmetros morfométricos de drenagem de Bacias Hidrográficas.....	28
Tabela 4	Parâmetros morfométricos geométricos de Bacias Hidrográficas.....	31
Tabela 5	Retângulo Equivalente.....	31
Tabela 6	Curva Hipsométrica.....	32
Tabela 7	Elevação média.....	34
Tabela 8	Parâmetros morfométricos topológicos de Bacias Hidrográficas.....	35
Tabela 9	Declividade.....	36
Tabela 10	Hierarquia Fluvial.....	38
Tabela 11	Tempo de Concentração.....	38
Tabela 12	Parâmetros morfométricos de drenagem de Bacias Hidrográficas.....	39

Gráfico 1	PIB goiano.....	21
Gráfico 2	Uso do solo.....	21
Gráfico 3	Curva Hipsométrica.....	34
Gráfico 4	Perfil Longitudinal.....	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivo Geral	13
1.2. Objetivos Específicos	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Bacia Hidrográfica	14
2.2. Regiões Hidrográficas no Brasil	15
2.3. Região Hidrográfica do Paraná	16
2.4. Parâmetros morfométricos	18
3. METODOLOGIA	20
3.1. Área de estudo	20
3.2. Determinação dos parâmetros morfométricos e métodos de cálculo	25
3.2.1. Características Geométricas	25
3.2.2. Características topológicas	26
3.2.3. Características da rede de drenagem	27
3.3. Abordagem adotada	29
4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	31
4.1. Características Geométricas	31
4.2. Características topológicas	32
4.3. Características da rede de drenagem	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
APÊNDICE A – FLUXOGRAMA	43
APÊNDICE B – RETÂNGULO EQUIVALENTE	44

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são áreas geográficas delimitadas por elevações topográficas nas quais todas as águas que são precipitadas serão convergidas para um único curso d'água principal por meio da drenagem de rios e seus afluentes fazendo com que estas sejam fundamentais na dinâmica de recursos hídricos de uma região, exercendo um papel vital na qualidade, disponibilidade e distribuição destes recursos, não apenas para os ecossistemas presentes nos arredores como também para as comunidades humanas que são dependentes diretas destas para a realização de suas atividades diárias e cotidianas.

Silva et al. (2010) ressaltam a relevância das bacias como unidades essenciais para a conservação dos recursos naturais e como unidades-chave para o gerenciamento territorial. Portanto, a implementação de um manejo racional desses recursos se torna imperativa, demandando estudos aprofundados para compreender os impactos decorrentes das ações humanas (Queiróz, 2008).

Compreender as bacias hidrográficas envolve não apenas o estudo da morfologia do terreno, mas também a análise dos processos hidrológicos, do ciclo da água e das interações complexas entre os elementos naturais e antrópicos, uma vez que através da caracterização das bacias hidrográficas, é possível não apenas avaliar a disponibilidade de água, mas também prever inundações, gerenciar recursos hídricos, conservar a biodiversidade e promover o uso sustentável dos recursos naturais.

Lima (1986) destaca que o comportamento hidrológico de uma bacia está intrinsecamente ligado às suas características morfológicas e ao tipo de cobertura vegetal. Teodoro et al. (2007) corroboram essa visão, enfatizando que as características físicas de uma bacia hidrográfica desempenham um papel fundamental na avaliação de seu comportamento hidrológico. Ao estabelecer relações e comparações com dados hidrológicos já existentes, torna-se viável determinar valores hidrológicos em regiões onde esses dados são escassos.

A região hidrográfica do Rio Meia Ponte, que abrange aproximadamente 3,131 milhões de pessoas (IBGE, 2016), enfrenta uma demanda de cerca de 14,1 m³/s de água para o abastecimento humano (ANA, 2015). No contexto da agricultura irrigada, conforme indicado pela ANA (2019), a demanda corresponde a 5,6 m³/s. Além disso, é fundamental ressaltar o papel relevante desempenhado por essa região na geração hidrelétrica, abrigando 18 empreendimentos (ANA, 2015). No entanto, a bacia do Meia Ponte enfrenta um desafio significativo devido à sua disponibilidade hídrica limitada, tanto em termos de vazões de referência quanto de vazões de longo período, tornando-se um ponto focal de atenção para os

tomadores de decisão, que devem priorizar um gerenciamento mais eficaz de seus recursos hídricos (ANA, 2015). Em 2020, foi decretada uma situação de emergência hídrica nas Bacias Hidrográficas do Alto Rio Meia Ponte e do Ribeirão Piancó, visando estabelecer ações concretas para assegurar a priorização do uso da água, em conformidade com o Decreto de Lei nº 9.670:

Art. 1º Fica declarada situação de risco de emergência hídrica na Bacia do Rio Meia Ponte e na Bacia do Ribeirão Piancó, de forma a priorizar o consumo humano e a dessedentação de animais, pelo período de 210 (duzentos e dez) dias a contar da publicação deste Decreto, tendo em vista a alta probabilidade de redução do volume de água nos corpos hídricos utilizados para o abastecimento humano (Goiás, 2020).

Entre as principais bacias encontradas na região centro-sul de Goiás uma das mais relevantes trata-se da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte que representa um importante sistema natural desempenhando um papel fundamental na dinâmica hídrica e ambiental da região, em razão de sua importância a caracterização morfométrica dessa bacia é essencial para compreender como está conformada sua estrutura, como se dá seus processos de erosão, sedimentação e a distribuição da água ao longo do tempo.

Atualmente, a caracterização morfométrica é um procedimento indispensável para o conhecimento da dinâmica hidrológica de uma bacia hidrográfica. As informações quantitativas obtidas podem ser usadas para o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais, e, por meio das mesmas, é possível realizar avaliações e diagnósticos prévios sobre potenciais e limitações dos recursos hídricos, baseando-se nas características físicas da bacia hidrográfica (Villela; Mattos, 1975; Alves; Castro, 2003).

Esse processo se realiza por meio da integração de dados topográficos em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), podendo ser executado de forma manual ou automática, conforme destacado por Cardoso et al. (2006). Os dados topográficos incluem informações sobre a altitude e a superfície do terreno, que são representados numericamente em um Modelo Numérico do Terreno (MNT). Esses modelos são obtidos atualmente através da interpolação de curvas de nível, derivadas de cartas topográficas, ou por meio de imagens de sensores remotos. Valeriano et al. (2006) apontam várias vantagens na utilização do MNT em SIG, tais como a capacidade de recursos digitais (como velocidade, repetibilidade e integração com outras bases de dados), a redução da necessidade de intervenções manuais e, consequentemente, da subjetividade, e a possibilidade de representação paramétrica.

Diversos autores utilizam MNT integrado em SIG em estudos aplicados a recursos hídricos, principalmente na caracterização morfométrica de bacias hidrográficas (Jenson e

Domingue, 1988; Verdin e Verdin, 1999; Ogden et al., 2001; Castrogiovanni et al., 2005; Alcaraz et al., 2009).

O estudo da dinâmica da água em uma bacia hidrográfica, relacionado às suas características morfométricas, é essencial para o planejamento de estratégias de manejo (Soares, 2000), fundamental na análise hidrológica e ambiental, fornece parâmetros cruciais para entender e monitorar os impactos ambientais (Teodoro et al., 2007; Pissara et al., 2010), parâmetros como área, comprimento da drenagem e densidade são essenciais na avaliação da resposta hidrológica (Strahler, 1957; Chow et al., 1988) as quais permitem identificar indicadores específicos de mudanças ambientais (Antonelli e Thomaz, 2007), contribuindo para a gestão sustentável de recursos naturais (Horton, 1945; Strahler, 1957; Chow et al., 1988).

Assim delimitou-se a problemática desta investigação na busca da caracterização morfometria da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte no centro-sul de Goiás por meio da descrição das particularidades que são apresentadas por esta bacia expondo a dinâmica hidrológica, a cartografia da região e a utilização das águas partindo da necessidade de compreender estes aspectos para empregar corretamente o uso destes recursos de maneira consciente evitando o desperdício e o prejuízo para a natureza.

1.1. Objetivo Geral

Levantar as características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte.

1.2. Objetivos Específicos

- Analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte buscando melhor compreensão sobre a sua dinâmica hidrológica;
- Gerar mapas representativos das características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte;
- Fornecer uma síntese das principais características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte com base nos dados coletados e nas análises realizadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

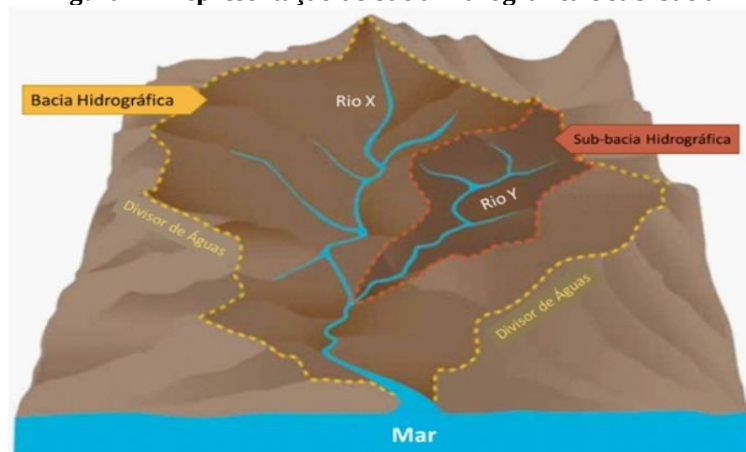
2.1. Bacia Hidrográfica

O conceito de bacias hidrográficas varia entre diferentes autores. Segundo Barrela (2001), as áreas mais elevadas do relevo dividem as águas pluviais, gerando riachos e rios pelo escoamento superficial ou pela infiltração no solo, formando nascentes e lençóis freáticos. Lima (1986) destaca a relação do comportamento hidrológico com características morfométricas e cobertura vegetal, enquanto Teodoro et al. (2007) reforçam a importância dessas características físicas na avaliação do comportamento hidrológico e na análise de dados escassos. Tucci (1997) descreve a área drenada por corpos d'água convergindo para uma única saída, complementado por World Vision (2004), tratando a bacia como uma estrutura tridimensional interativa entre cobertura, profundidade do solo e áreas das linhas divisórias. Já para Silveira (2001), a bacia é uma área que capta águas pluviais, direcionando fluxos para um ponto de saída único, formando uma rede de drenagem convergente em um canal de escoamento principal.

A composição de uma Bacia também pode variar, de acordo com Tucci e Clarke (2006), existindo basicamente quatro características principais: área de drenagem, comprimento do rio principal, declividade do rio e declividade da bacia.

As características físicas de um sistema hidrográfico, tais como área, forma, relevo, padrão de drenagem e declividade, em conjunto com informações geológicas, pedológicas, de uso e cobertura do solo e dados climáticos, podem indicar a vulnerabilidade de cada bacia a enchentes, processos erosivos, perda de matéria orgânica, nutrientes e microfauna, os quais podem resultar no assoreamento e eutrofização dos corpos d'água (Umetsu et al., 2012).

Figura 1 - Representação de bacia hidrográfica e sub-bacia



Fonte: Freitas (2015)

As sub-bacias representam áreas de drenagem que englobam os afluentes do curso d'água principal (FIGURA 1). Para definir o tamanho dessas sub-bacias, diversos critérios são adotados por diferentes autores.

Faustino (1996) estabeleceu um critério que classifica como sub-bacias aquelas com área superior a 100 km² e inferior a 700 km². No entanto, para áreas abaixo de 100 km², Faustino as considerou como microbacias, alinhando-se à perspectiva de Cecílio e Reis (2006), que concebem a microbacia como uma sub-bacia hidrográfica de área reduzida, complementam essa visão, destacando a ausência de consenso quanto à área máxima que caracteriza uma microbacia. Para esses autores, o intervalo máximo varia consideravelmente, situando-se entre 10 a 20.000 hectares ou de 0,1 km² a 200 km², enquanto Rocha (1997, apud Martins et al., 2005) as definiu como áreas variando entre 20.000 ha e 30.000 ha (equivalente a 200 km² à 300 km²).

Santana (2004) acrescenta que as bacias hidrográficas podem ser subdivididas em várias sub-bacias, dependendo do ponto de saída (exutório) considerado ao longo do seu curso principal. Cada bacia hidrográfica se conecta a uma de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação a essa última, uma sub-bacia. Portanto, é importante destacar que os termos "bacia" e "sub-bacias hidrográficas" são relativos e dependem do contexto.

2.2. Regiões Hidrográficas no Brasil

No Brasil, a promulgação da Lei Federal nº 9.433, em 8 de janeiro de 1997, marcou um passo significativo na gestão dos recursos hídricos do país. Esta legislação estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), uma abordagem abrangente que busca a gestão integrada, descentralizada e participativa dos recursos hídricos. Um dos pilares fundamentais da PNRH é o reconhecimento da bacia hidrográfica como uma unidade territorial essencial para a sua implementação efetiva, bem como para o funcionamento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Isso significa que a gestão dos recursos hídricos transcende os limites políticos e administrativos dos municípios, estados e até mesmo das fronteiras nacionais (Brasil, 1997).

Para facilitar a aplicação prática da PNRH, o Brasil adotou uma subdivisão em macro divisões hidrográficas, conhecidas como Regiões Hidrográficas Brasileiras (FIGURA 2). Essa divisão foi estabelecida por meio da Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, datada de 15 de outubro de 2003.

Figura 2 - Regiões Hidrográficas brasileiras

Fonte: CNRH (2003)

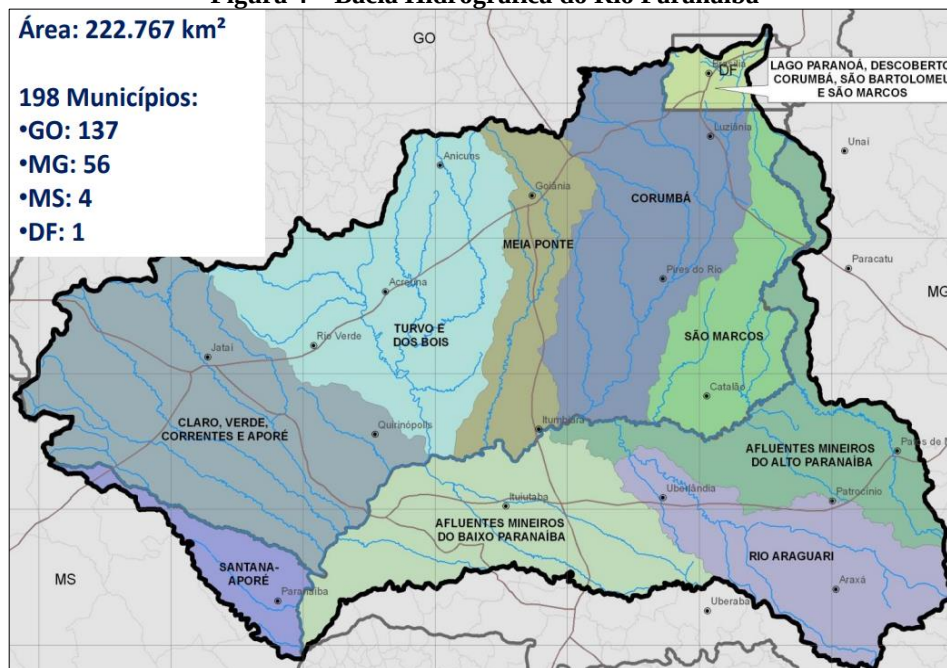
Essa abordagem visa garantir uma gestão mais eficaz e específica dos recursos hídricos em diferentes regiões, considerando as características únicas de cada bacia hidrográfica. Ela permite uma melhor adaptação das políticas e estratégias de gerenciamento às necessidades e desafios locais (Porto et al., 2008).

Essas iniciativas representam um compromisso significativo do Brasil com a sustentabilidade e a proteção dos seus recursos hídricos, um patrimônio de valor inestimável para o país e o planeta como um todo.

2.3. Região Hidrográfica do Paraná

Com uma extensão de 1.500.000 km², sendo aproximadamente 879.873 km², o que corresponde a 10% do território brasileiro, a Bacia do Paraná (FIGURA 3) também se estende por territórios da Argentina, Paraguai e Uruguai. No Brasil, essa bacia hidrográfica abastece sete unidades federativas: São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e o Distrito Federal (Brasil das Águas, 2013).

Figura 4 – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba



Fonte: CBH Rio Paranaíba (2020)

A nascente dessa região está localizada na Mata da Corda, no município de Rio Paranaíba/MG, e os rios Turvo e dos Bois formam sua principal rede de drenagem, conforme informações do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba, 2015) o percurso desse sistema fluvial se estende por 1.170 km até encontrar o rio Grande, culminando na formação do rio Paraná.

2.4. Parâmetros morfométricos

Um dos passos cruciais na análise hidrológica e ambiental é a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica. Essa caracterização busca aprofundar nossa compreensão da dinâmica local e regional (Teodoro et al., 2007).

A análise morfométrica fornece parâmetros e informações procedimentais que são essenciais para diagnosticar alterações ambientais, quer resultem de ações humanas ou não. Essa análise desempenha um papel vital na compreensão das modificações ambientais associadas às atividades humanas, bem como na vigilância e avaliação dos efeitos ambientais (Pissara et al., 2010).

As características físicas de uma bacia hidrográfica, como sua forma, declividade, área, relevo e padrão de drenagem, estão intrinsecamente ligadas aos aspectos geotécnicos, pedológicos, ambientais e climáticos, o que influencia diretamente em sua vulnerabilidade a eventos como inundações, processos erosivos, perdas de matéria orgânica, nutrientes e

microfauna. Estes, por sua vez, podem levar ao assoreamento e à eutrofização dos corpos hídricos (Umetsu et al., 2012).

A partir dessa caracterização, torna-se possível desenvolver aplicações relevantes para a tomada de decisões, como a estimativa da capacidade de suporte do ambiente (Pinto et al., 2016).

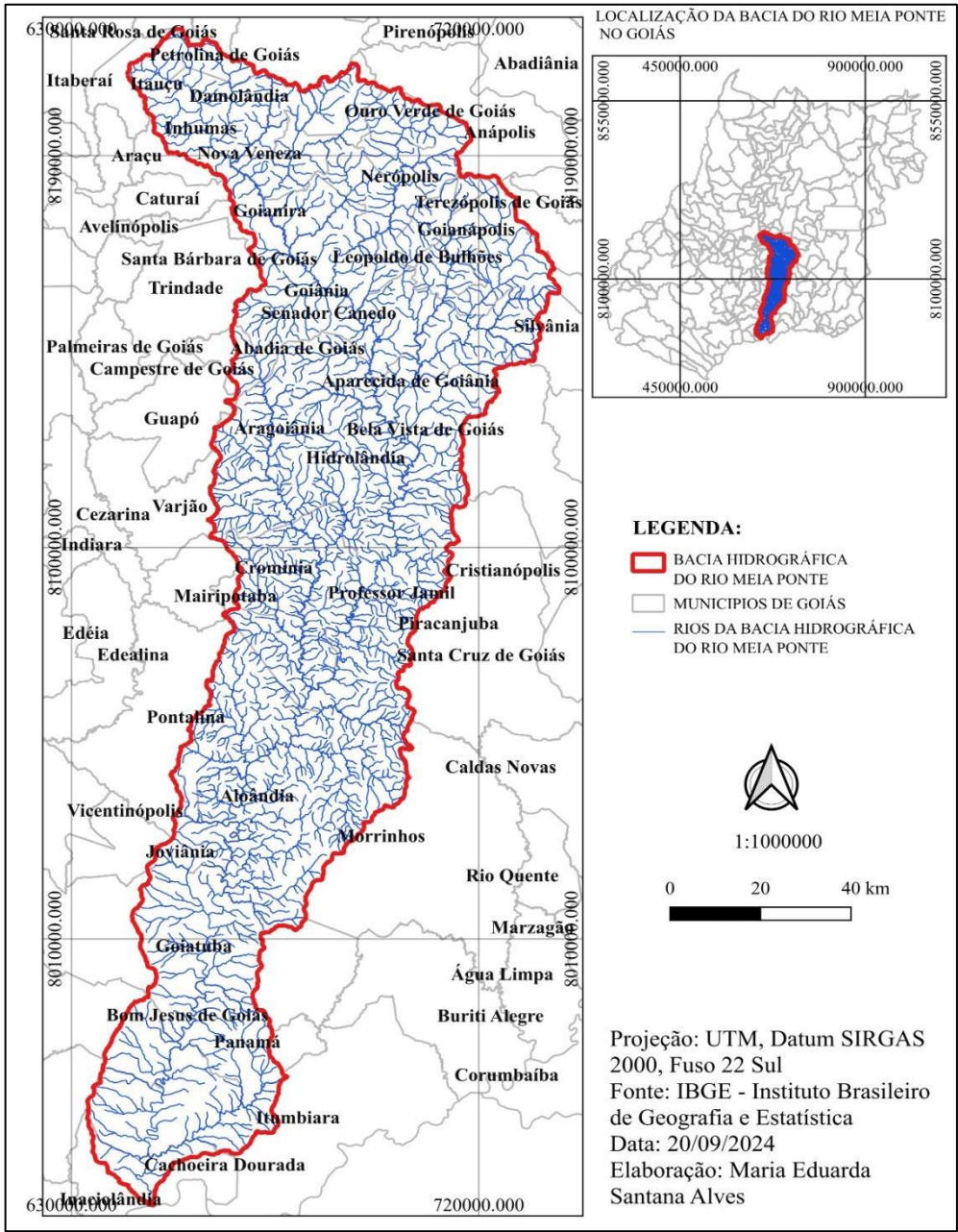
Para realizar essa caracterização morfométrica é amplamente utilizado o geoprocessamento, que desempenha um papel fundamental na viabilização de uma avaliação integrada dos sistemas naturais, garantindo a otimização dos procedimentos analíticos e a agilidade na aquisição dos dados (Carelli; Lopes, 2011).

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

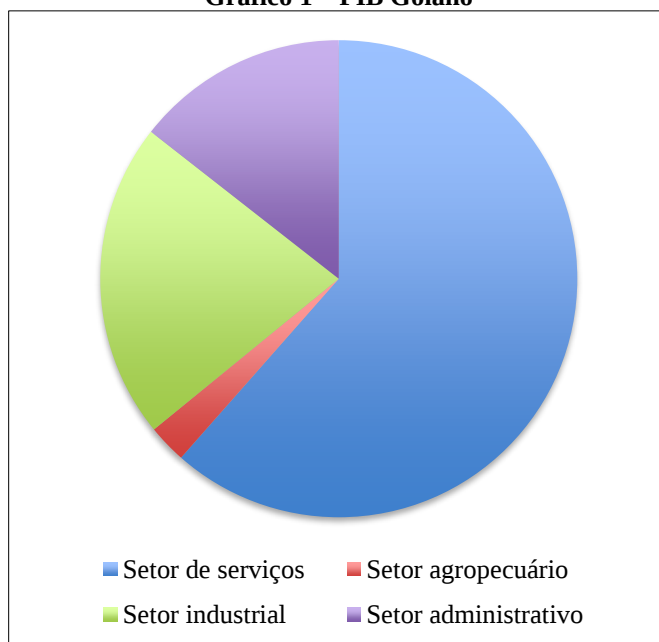
A área de pesquisa é a Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte (FIGURA 5). Situada na região Centro-Sul do Estado e fornecendo água para 39 municípios, essa área é reconhecida como a principal bacia hidrográfica em Goiás, abrangendo aproximadamente 14.521,81 km², o que representa 4,2% do território Estadual.

Figura 5 – Bacia Hidrográfica do rio Meia Ponte



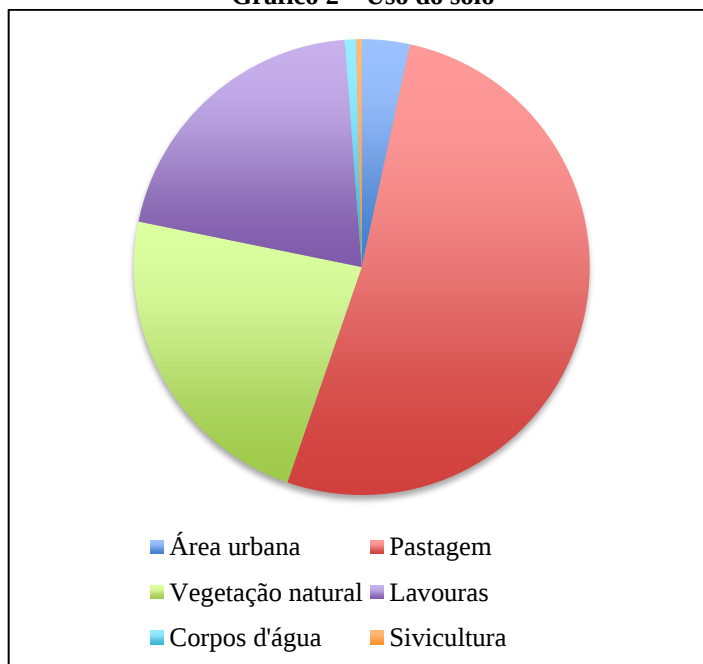
Além disso, ela abriga cerca de 40% da população local, composta por habitantes de grandes centros urbanos, distritos industriais e agroindustriais (CBH Meia Ponte, 2023), correspondendo a 39,81% do PIB goiano, sendo dividido conforme Gráfico 1 destacando-se a predominância de áreas de pastagem no centro e extremo norte, e atividades agropecuárias no norte e sul e a distribuição do uso do solo é feita conforme apresentado no gráfico 2.

Gráfico 1 – PIB Goiano



Fonte: A autora (2024).

Gráfico 2 – Uso do solo



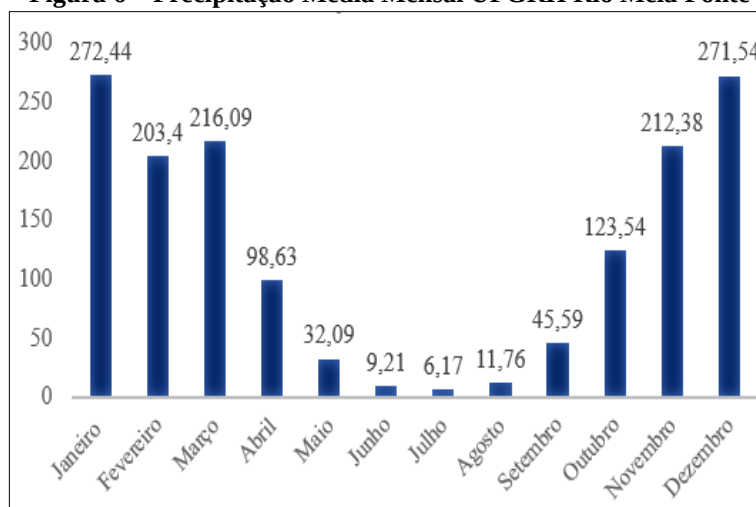
Fonte: A autora (2024).

Originada na Serra dos Brandões, situada na zona rural de Itauçu- GO, essa bacia percorre um trajeto de 415 km até alcançar sua foz no Rio Paranaíba, montante do reservatório da UHE São Simão. As principais demandas de água incluem irrigação, abastecimento público, industrial e dessedentação animal (ANA, 2013). As principais sub-bacias associadas são o Ribeirão João Leite, Santa Maria, Campanha, Rios Dourados e Caldas.

A região apresenta um clima tropical, caracterizado por um inverno quente e seco de maio a setembro, seguido por um verão quente e chuvoso de outubro a abril (Costa et al., 2012). As temperaturas oscilam entre 29°C e 31°C como máxima, e 17°C a 18°C como mínima, conforme dados fornecidos pelo Instituto Mauro Borges (IMB, 2022)

A precipitação anual na região varia de 1.200 mm no Noroeste a 1.800 mm no centro-leste da UPGRH, com uma média anual de 1.565 mm. Os meses mais chuvosos são dezembro e janeiro, com precipitação em torno de 270 mm, enquanto os mais secos são junho, julho e agosto, com média de apenas 10 mm (FIGURA 6).

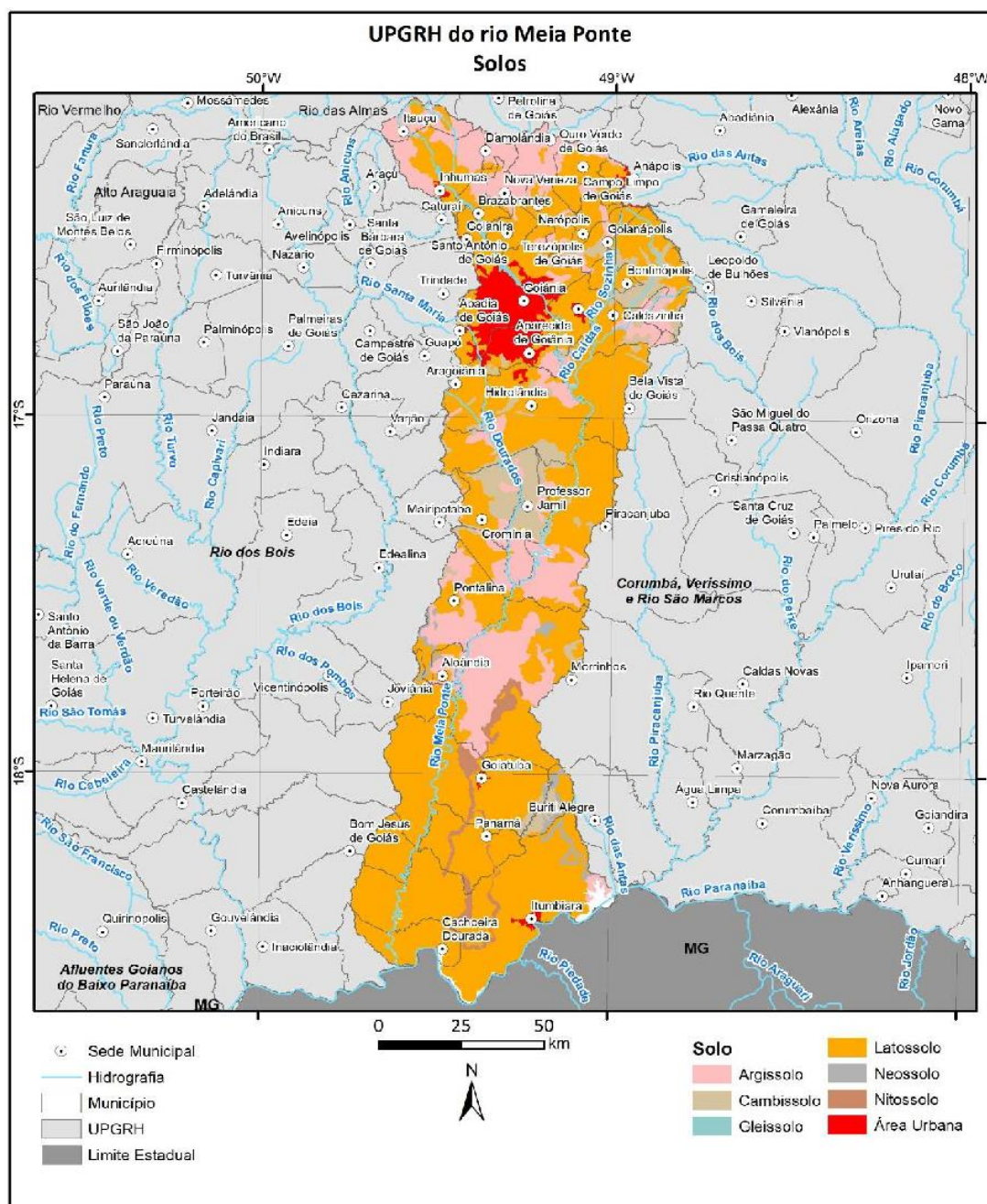
Figura 6 – Precipitação Média Mensal UPGRH Rio Meia Ponte



Fonte: UPGRH do Rio Meia Ponte (2021)

A vegetação predominante é o Cerrado (FIGURA 7), cobrindo 12.934,43 km² e representando 89% da área total da bacia. Além disso, há a presença da Mata Atlântica, com 1.583,375 km², ocupando os 11% restantes da área, (CBH Meia Ponte, 2023).

Figura 8 – Solos da região do rio Meia Ponte



Fonte: UGRH do Rio Meia Ponte (2023)

3.2. Determinação dos parâmetros morfométricos e métodos de cálculo

Para Tonello (2005), as características morfométricas podem ser divididas em: características geométricas, características topológicas e características da rede de drenagem.

3.2.1. Características Geométricas

As características geométricas (TABELA 1) mostram como as condições de contorno da Bacia Hidrográfica podem influenciar sua dinâmica hidrológica.

Tabela 1 – Parâmetros morfométricos geométricos de Bacias Hidrográficas

Parâmetro morfométrico	Equações	Atributos	
		Classificação	Discriminação
Fator de forma (K_f)	$K_f = A/L^2$	1,00 – 0,75	Alta propensão a grandes enchentes
		0,75 – 0,50	Média propensão a grandes enchentes
		< 0,50	Não sujeita a grandes enchentes
Índice de compacidade ou circularidade (K_c)	$K_c = 0,28 \cdot P/\sqrt{A}$	1,00 – 1,25	Alta propensão a grandes enchentes
		1,25 – 1,50	Média propensão a grandes enchentes
		> 1,50	Não sujeita a grandes enchentes
Retângulo Equivalente	$2(L + l) = K_c \sqrt{A}/0,28$	-	-
	$L = (P + \sqrt{P^2 - 16A})/4$	-	-
	$l = (P - \sqrt{P^2 - 16A})/4$	-	-

Fonte: A autora (2023)

- Área (A): Conforme destacado por Tonello (2005), a área é o elemento fundamental para diversos cálculos de índices morfométricos, abrangendo toda a extensão drenada pelo sistema pluvial, delimitada por seus divisores topográficos;
- Perímetro (P): O conceito de perímetro, conforme definido por Tonello (2005), refere-se ao comprimento da linha imaginária que segue o divisor de águas;
- Fator de forma (K_f): O fator de forma assemelha-se à forma de uma bacia a um retângulo a partir da relação entre a distância da foz ao ponto mais distante do espigão, podendo ser influenciado por diversas características, principalmente a geologia;
- Índice de circularidade (K_c): O índice de circularidade tende a se aproximar da unidade à medida que a bacia assume uma forma circular e diminui à medida que a forma se torna mais alongada.
- Comprimento do rio principal (L): Refere-se à extensão total do curso de água principal em uma bacia hidrográfica, medido desde sua nascente até a foz (ou ponto de deságue) onde se une a um corpo d'água maior.

3.2.2. Características topológicas

As características topológicas (TABELA 2) mostram como o relevo da Bacia Hidrográfica pode influenciar sua dinâmica hidrológica.

Tabela 2 – Parâmetros morfométricos topológicos de Bacias Hidrográficas

Parâmetro morfométrico	Equações	Atributos	
		Classificação	Discriminação
Elevação média da Bacia	$E = \sum ea/A$	-	-
Declividade baseada nos extremos (S_1)	$S_1 = (h_{nascente} - h_{foz})/L$	0 – 3%	Relevo plano
Compensação de áreas (S_2)	$S_2 = 2 \sum A_{sc}/L^2$	3 – 8%	Relevo suavemente ondulado
Média Harmônica (S_3)	$S_3 = (L/\sum (L_i/\sqrt{S_i}))^2$	8 – 20%	Relevo ondulado
		20 – 45%	Relevo fortemente ondulado
		45 – 75%	Relevo montanhoso
		> 75%	Relevo fortemente montanhoso

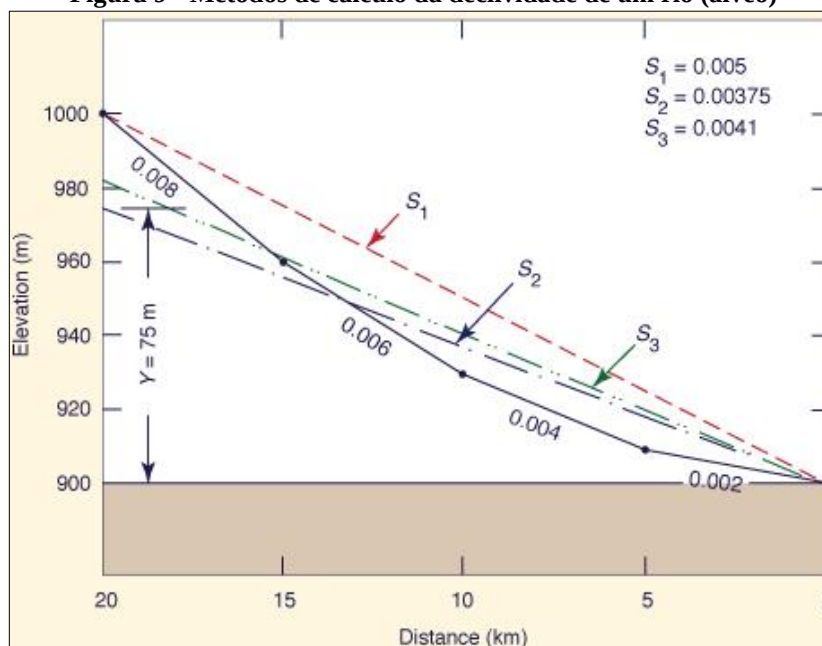
Fonte: A autora (2023)

- Elevação (E): A variação de elevação está associada à precipitação, evaporação e transpiração, consequentemente influenciando o deflúvio médio. Grandes variações de elevação em uma bacia resultam em diferenças significativas na temperatura média, que, por sua vez, causa variações na evapotranspiração. No entanto, as variações potenciais na precipitação anual com a altitude são ainda mais relevantes;
- Perfil longitudinal: Demonstra como o perfil do terreno se desenvolve ao longo do seu curso como função dos desníveis (cotas) (FIGURA 9).
 - Declividade média: Média das declividades encontradas em diferentes pontos;
 - Declividade mediana: Divide-se a amostra em duas partes exatamente iguais. O valor central é a declividade mediana;
 - Declividade máxima: Maior declividade encontrada na amostra selecionada;
 - Declividade mínima: Menor declividade encontrada na amostra selecionada.

Todo curso d'água pode ser dividido em três partes, de declividade decrescente:

- Alto curso: $1 \geq 10\text{m/km}$;
- Médio curso: $10\text{m/km} > 1 \geq 1\text{m/km}$;
- Baixo curso: $1\text{m/km} > 1 \geq 1\text{cm/km}$;

Figura 9 - Métodos de cálculo da declividade de um rio (álveo)



Fonte: Ponce (2014).

- Declividade baseada nos extremos (S_1): Declividade entre a foz e a nascente quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento;
- Compensação de áreas (S_2): Declividade tal, que a área sob uma reta seja igual à área sob a curva do perfil longitudinal;
- Média Harmônica (S_3): Relação entre o comprimento de cada trecho do canal e sua respectiva declividade (tempo de concentração), fornece uma declividade mais precisa pois, conforme a equação original de Chèzy, considera o tempo de concentração total como a soma dos tempos de concentração de cada trecho, e seu respectivo coeficiente de rugosidade os quais foram aproximados para um valor constante e invariável.

3.2.3. Características da rede de drenagem

As características da rede de drenagem (TABELA 3) mostram como as relações entre elementos de drenagem (área de contribuição, hierarquia, comprimento e quantidade de rios e nascentes) influenciam a dinâmica hidrológica da Bacia Hidrográfica.

Tabela 3 – Parâmetros morfométricos de drenagem de Bacias Hidrográficas

Parâmetro morfométrico	Equações	Atributos	
		Classificação	Discriminação
Tempo de concentração (tc)	<i>Kirpich</i> $t_c = 0,0663 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$	-	-
	<i>Ven Te Chow</i> $t_c = 0,16 \cdot L^{0,64} \cdot S^{-0,32}$		
	<i>Corps Engineers</i> $t_c = 0,462 \cdot L^{0,5} \cdot S^{-0,25}$		
	<i>Giandotti</i> $t_c = 0,0559(4A^{0,5} + 1,5L)$		
Razão de bifurcação (Rb)	$R_b = N_n / N_{n+1}$	-	-
Razão Ponderada de Bifurcação (Rpb)	$R_{pb} = \frac{\sum R_b (N_n + N_{n+1} + \dots + N_{n+i})}{\sum (N_n + N_{n+1} + \dots + N_{n+i})}$	-	-
Comprimento médio dos canais (Lm)	$L_m = \sum L_n / N_n$	-	-
Relação entre comprimentos médios de ordens diferentes (RLm)	$RL_m = \sum (L_n / N_n) / \sum (L_{n-1} / N_{n-1})$	-	-
	$RL_m = \Pi L_n / \Pi L_{n-1}$		
Sinuosidade (Sin)	$Sin = L / L_t$	< 20%	Rio muito reto
		20,0 – 29,9%	Rio reto
		30,0 – 39,9%	Rio divagante
		40,0 – 49,9%	Rio sinuoso
		> 50,0%	Rio muito sinuoso
Densidade de drenagem (Dd)	$D_d = \frac{\sum L}{A}$	< 0,5 km/km ²	Drenagem pobre
		0,50 ≤ Dd < 1,5 km/km ²	Drenagem regular
		1,50 ≤ Dd < 2,5 km/km ²	Drenagem boa
		2,50 ≤ Dd < 3,5 km/km ²	Drenagem muito boa
		Dd ≥ 3,5 km/km ²	Drenagem excelente
Extensão do percurso superficial (Eps)	$E_{ps} = \frac{0,5}{D_d}$	-	-
Densidade de rios (Dr)	$D_r = \frac{n^\circ \text{ de nascentes}}{A}$	-	-
Coefficiente de manutenção (Cm)	$C_m = \frac{1}{1000 \cdot D_d}$	-	-

Fonte: A autora (2024).

- Tempo de concentração (T_c): É o tempo que uma gota de chuva que atinge a região mais remota da bacia leva para atingir o exutório;
- Razão de bifurcação (R_b): ou Lei do Número de Canais, foi proposta por Horton (1932). É definida como a relação entre o número de canais de uma dada ordem (n) e o número de canais de ordem imediatamente superior (n+1);
- Razão ponderada de bifurcação (R_{pb}): Relação entre o produto de cada relação de bifurcação “R_b” pelo número total de canais envolvidos, e a soma total dos números de canais encontrados na bacia “ΣN_n”;
- Comprimento médio dos canais (L_m): Relação entre o comprimento dos rios (ΣL_n) e o número total de rios (N_n) de uma dada ordem;

- Relação entre comprimentos médios de ordens diferentes (RL_m): Relação entre a média dos comprimentos dos rios de uma ordem qualquer " $\Sigma L_n / N_n$ " e a média dos comprimentos dos rios de ordem imediatamente inferior " $\Sigma L_{n-1} / N_{n-1}$ ";
- Sinuosidade (Sin): Relação entre o comprimento do curso principal (L) e comprimento do talvegue (L_t), dado pela linha reta entre a nascente e a seção de estudo. Dá uma ideia da "quantidade" de curvas do rio, sendo um fator controlador da velocidade de escoamento superficial. As classes de sinuosidade (TABELA 3) foram estabelecidas por Mansikkaniemi (1970);
- Densidade de drenagem (D_d): Segundo Crhistofletti (1969) é a correlação do comprimento total dos canais ou rios e a área da bacia hidrográfica. O comportamento hidrológico das rochas, em um mesmo ambiente climático, vai repercutir a densidade de drenagem, ou seja, onde a infiltração é mais dificultada há maior escoamento superficial, gerando possibilidades maiores para esculturação de canais permanentes e consequentemente densidade de drenagem mais elevada. As classes de densidade de drenagem (TABELA 3) foram estabelecidas por Carvalho (2007);
- Extensão do percurso superficial (E_{ps}): Distância percorrida por uma enxurrada até o canal permanente. É o valor médio da densidade de drenagem, e quanto maior o seu valor, menor o risco de picos de cheias;
- Densidade de rios (D_r): Relação entre o número de nascentes e a área da bacia (A);
- Coeficiente de manutenção (C_m): Fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento.

3.3. Abordagem adotada

Para a construção da pesquisa de investigação referente à caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte no centro-sul de Goiás tomou-se como ponto primordial de partida a seleção da área de estudo a ser investigada. Após diversas pesquisas e com o estabelecimento do tema referencial que nortearia a investigação iniciou-se o levantamento e seleção de dados bibliográficos com respeito à problemática escolhida de modo a realizar uma abordagem direta para a construção de uma investigação que visasse a descrição morfométrica da bacia do Rio Meia Ponte.

Desta forma construir uma investigação depende direta ou indiretamente do levantamento de dados, e é por meio da construção bibliográfica que torna-se possível a descrição das características que apresentam a problemática estudada. Neste caso das bacias hidrográficas, descrever suas características geográficas, hidrográficas e morfológicas permite melhorar a compreensão destas e fornecer informações suficientes para a realização da caracterização da região hidrográfica do Rio Meia Ponte como a temática central desta investigação.

A pesquisa trata-se de uma investigação bibliográfica e observacional onde não houve interação direta da parte autora com a problemática abordada, tendo sido todos os dados coletados por meio da revisão e análise de informações disponíveis em pesquisas científicas já publicadas nos principais sites acadêmicos reconhecidos, todos os dados foram coletados ao mesmo tempo, sem intervalo de tempo ou interferência sobre os mesmos.

A construção metodológica da pesquisa segue com a utilização da criação de um fluxograma para auxiliar na discriminação das informações que foram utilizadas para a elaboração do marco teórico desta pesquisa (APÊNDICE A).

Para chegar aos resultados foi necessário identificar as coordenadas geográficas da área de estudo e utilizando essas informações no site USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos), foi possível obter o Modelo Digital de Terreno (MDT) com Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) de 30 metros, o qual serviu como base para a elaboração de mapas de declividade, curvas de nível e hipsometria da região.

Além disso, houve a coleta de dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Esses dados incluíram informações sobre os rios, nascentes, delimitação do município e a área da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte.

Com todas essas informações em mãos, os dados foram inseridos no software QGIS e iniciou-se o processo de análise, que envolveu a coleta e organização dos dados e, posteriormente, a realização de cálculos específicos, para atender os objetivos do estudo.

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Alguns resultados foram alcançados por meio de cálculos numéricos, enquanto outros foram gerados com o auxílio do SIG. Esses dados foram apresentados em documentos cartográficos, como imagens, tabelas e mapas, para facilitar a compreensão do estudo realizado.

4.1. Características Geométricas

As características geométricas de uma bacia influenciam diretamente sua dinâmica hidrológica, sendo a área e o perímetro os dados iniciais fundamentais para a realização dos cálculos, a partir desses dados, é possível determinar o fator de forma e o índice de compacidade (TABELA 4).

Tabela 4 – Parâmetros morfométricos de drenagem de Bacias Hidrográficas Geométricas

Área (km ²)	Perímetro (km)	Kc	L (km)	l (km)	Kf
12330,23	888,58	2,24	414,55	29,74	0,072

Fonte: A autora (2024)

Além disso, é possível obter o retângulo equivalente (TABELA 5), cujos dados foram transformados em uma representação gráfica (APÊNDICE B) para facilitar a compreensão e análise dos resultados.

Tabela 5 – Retângulo Equivalente

Cota (m)	Área (Km ²)	A/l
0 - 400	0,004	0,0001
400 - 450	64,39	2,16
450 - 500	359,93	12,10
500 - 550	778,93	26,19
550 - 600	820,72	27,59
600 - 650	1041,56	35,02
650 - 700	1425,88	47,94
700 - 750	1697,54	57,07
750 - 800	1839,51	61,84
800 - 850	1621,36	54,51
850 - 900	1185,29	39,85
900 - 950	670,28	22,54
950 - 1000	448,93	15,09
1000 - 1050	262,46	8,82
1050 - 1100	96,70	3,25
1100 - 1050	17,11	0,57
1150 - 1200	0,13	0,0042

Fonte: A autora (2024)

Todas essas métricas permitem uma análise detalhada da morfometria da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte a qual abrange uma área de 12.330,23 km² e possui um perímetro de 888,33 km, sua nascente está localizada a uma altitude de 1.000 m, enquanto a foz do rio, após um percurso de 433,45 km, está a 400 m de altitude.

O fator de forma e o índice de compacidade obtidos indicam um formato irregular, indicando ser uma região alongada. Segundo Villela; Mattos (1975), bacias alongadas possuem menos concentração de escoamento o que as tornam menos suscetíveis a grandes enchentes.

4.2. Características topológicas

Dentro do estudo de caracterização morfométrica, o Modelo Digital do Terreno (MDT) é uma representação tridimensional da superfície terrestre, que permite capturar variações de relevo com precisão, que mostra a distribuição da área da bacia em diferentes intervalos de altitude (TABELA 6).

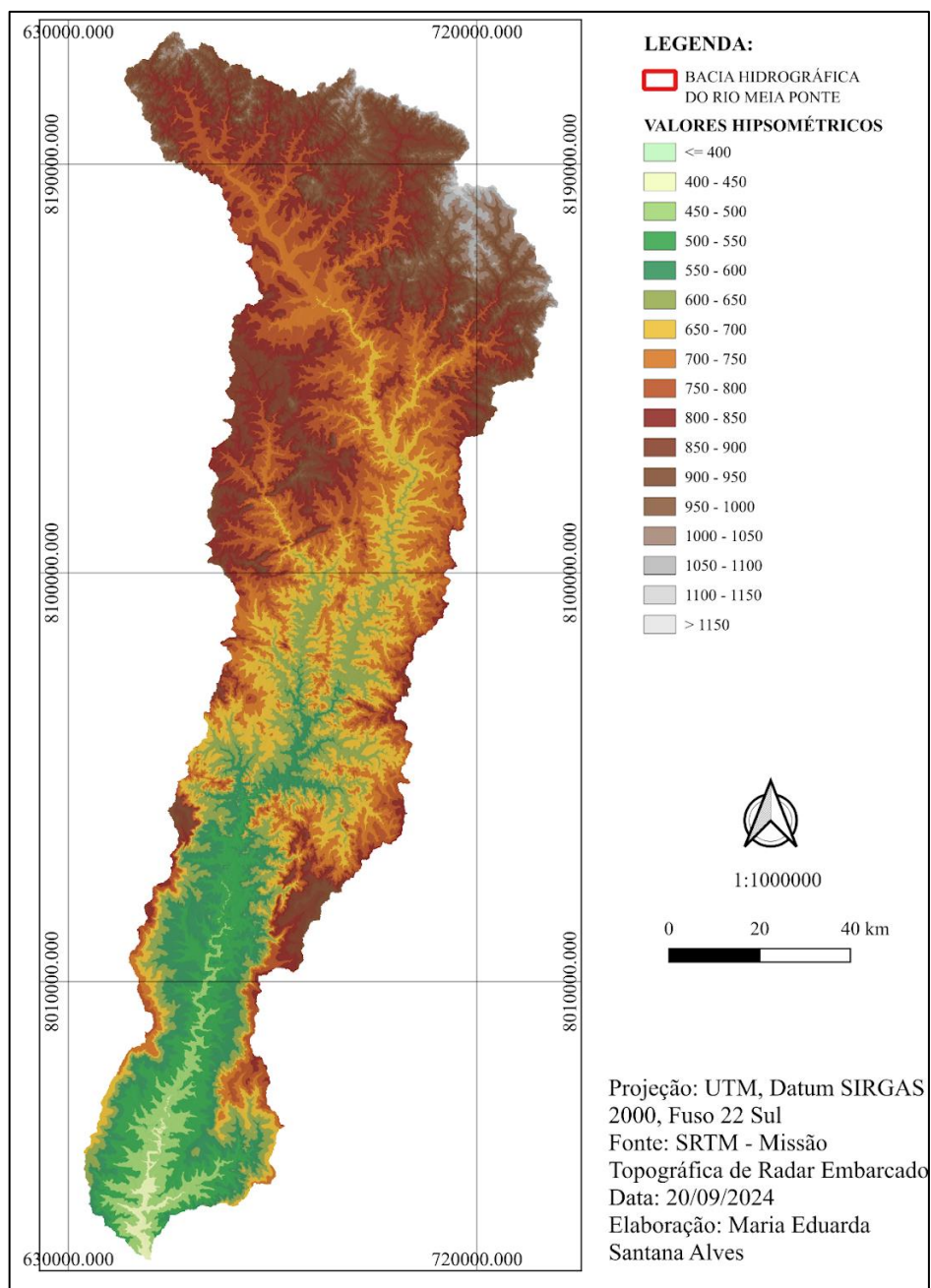
Tabela 6 – Curva Hipsométrica

Cota (m)	Área (Km²)	Ponto médio (e) (m)	Área acum. (Km²)	Área acum. (%)
0 - 400	0,004	200	0,13	0,00
400 - 450	64,39	425	17,24	0,14
450 - 500	359,93	475	113,94	0,92
500 - 550	778,93	525	376,40	3,05
550 - 600	820,72	575	825,33	6,69
600 - 650	1041,56	625	1495,61	12,13
650 - 700	1425,88	675	2680,90	21,74
700 - 750	1697,54	725	4302,26	34,89
750 - 800	1839,51	775	6141,77	49,81
800 - 850	1621,36	825	7839,31	63,58
850 - 900	1185,29	875	9265,19	75,14
900 - 950	670,28	925	10306,75	83,59
950 - 1000	448,93	975	11127,47	90,24
1000 - 1050	262,46	1025	11906,40	96,56
1050 - 1100	96,70	1075	12266,33	99,48
1100 - 1050	17,11	1125	12330,72	100,00
1150 - 1200	0,13	1175	12330,72	100,00
Total	12330,72	-	-	-

Fonte: A autora (2024).

A partir do MDT, é possível gerar o mapa hipsométrico (FIGURA 10)

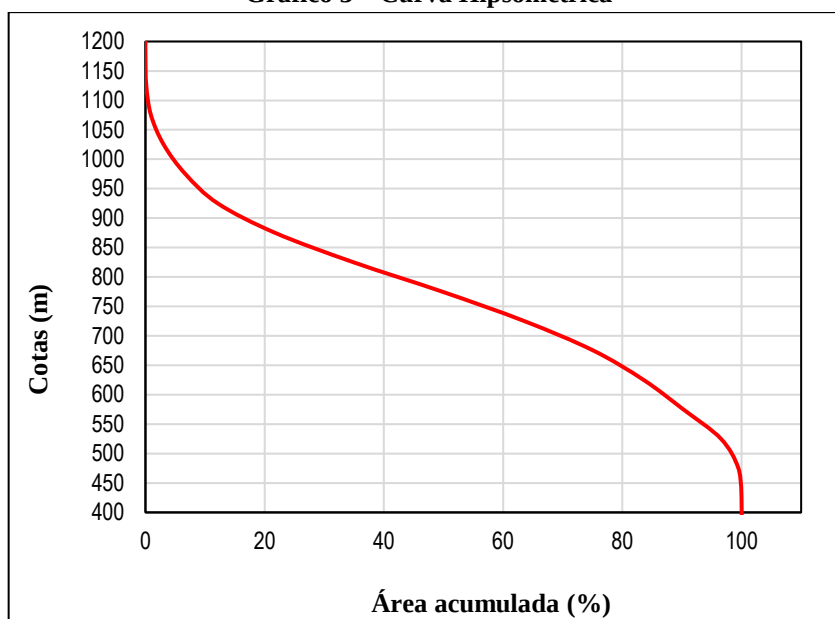
Figura 10 – Mapa hipsométrico



Fonte: A autora (2024).

Os dados utilizados para a construção da curva hipsométrica da bacia conforme apresentado na tabela 6, evidenciando a relação entre as altitudes e a porcentagem da área da bacia correspondente a cada intervalo altimétrico, essa curva, permite visualizar como a área da bacia se distribui em diferentes altitudes (GRÁFICO 3).

Gráfico 3 – Curva Hipsométrica



Fonte: A autora (2024)

A elevação média da bacia do rio Meia Ponte (TABELA 7) é fundamental para entender o comportamento do escoamento superficial, a velocidade dos fluxos de água e a erosão.

Tabela 7 – Elevação Média

Cota (m)	Área (Km ²)	Ponto médio (e) (m)	e*a
0 - 400	0,004	200	0,73749
400 - 450	64,392	425	27366,7
450 - 500	359,933	475	170968
500 - 550	778,927	525	408937
550 - 600	820,717	575	471912
600 - 650	1041,561	625	650976
650 - 700	1425,882	675	962470
700 - 750	1697,542	725	1230718
750 - 800	1839,505	775	1425616
800 - 850	1621,359	825	1337621
850 - 900	1185,290	875	1037129
900 - 950	670,279	925	620008
950 - 1000	448,929	975	437706
1000 - 1050	262,455	1025	269017
1050 - 1100	96,701	1075	103954
1100 - 1050	17,107	1125	19245,8
1150 - 1200	0,126	1175	147,924
Total	12330,71	-	9173793

Fonte: A autora (2024).

As características topológicas de uma bacia influenciam diretamente sua dinâmica hidrológica em relação ao relevo. Os cálculos realizados com os dados coletados do QGIS (TABELA 8).

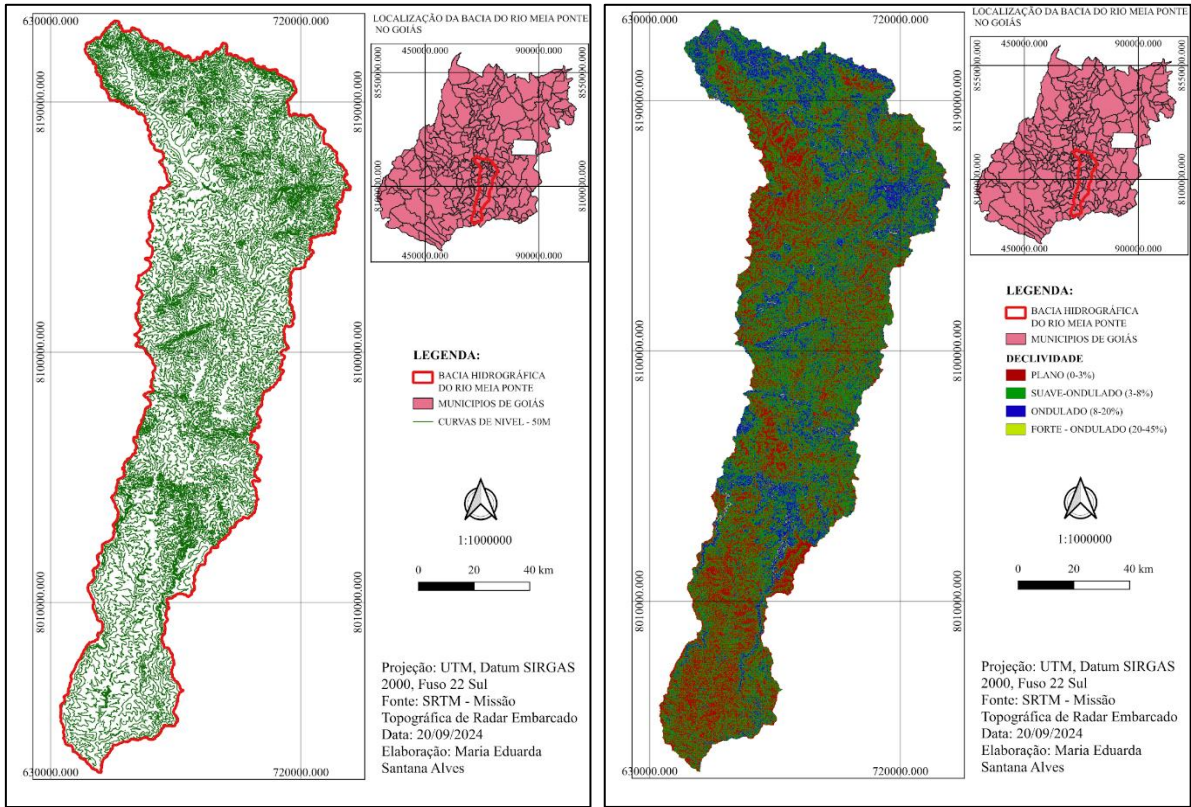
Tabela 8 – Parâmetros morfométricos topológicos de Bacias Hidrográficas

Cota (m)	Cotas Zi – Zj (m)	$[(Z_i+Z_j)/2]*L$ (m²)	Distância (km)	Distância Acumulada (km)	Declividade por segmento (Di)	$(D_i)^{1/2}$ (SI)	Li/Si
400 - 450	0 - 50	1407198,50	56,29	56,29	0,0009	0,0298	1888,59
450 - 500	50 - 100	5787844,50	77,17	133,46	0,0006	0,0255	3031,79
500 - 550	100 - 150	5456976,25	43,66	177,12	0,0011	0,0338	1289,97
550 - 600	150 - 200	6361146,75	36,35	213,47	0,0014	0,0371	980,08
600 - 650	200 - 250	19763356,50	87,84	301,31	0,0006	0,0239	3681,56
650 - 700	250 - 300	13239492,75	48,14	349,45	0,0010	0,0322	1493,91
700 - 750	300 - 350	15196821,25	46,76	396,21	0,0011	0,0327	1429,94
750 - 800	350 - 400	6972165,00	18,59	414,80	0,0027	0,0519	358,53
800 - 850	400 - 450	3132216,00	7,37	422,17	0,0068	0,0824	89,48
850 - 900	450 - 500	1486175,25	3,13	425,30	0,0160	0,1264	24,75
900 - 950	500 - 550	2251420,50	4,29	429,59	0,0117	0,1080	39,72
950 - 1000	550 - 600	2386779,00	4,15	433,74	0,0120	0,1098	37,82
Total	-	82034393,75	433,74	433,74	-	-	12457,53

Fonte: A autora (2024)

conforme mapa de curvas de nível e de declividade (FIGURA 11) permitem uma compreensão mais aprofundada de como esses fatores interagem e afetam a disponibilidade hídrica, o escoamento e a qualidade da água na bacia.

Figura 11 – Mapa de curvas de nível e declividade



Fonte: A autora (2024)

As Declividades baseada nos extremos (S_1), pela Compensação de áreas (S_2) e por Média Harmônica (S_3), fornecem informações relevantes quanto a amplitude altimétrica do rio principal da bacia, o que impactará diretamente na velocidade de escoamento e, consequentemente, no tempo de concentração das águas no exutório. (TABELA 9).

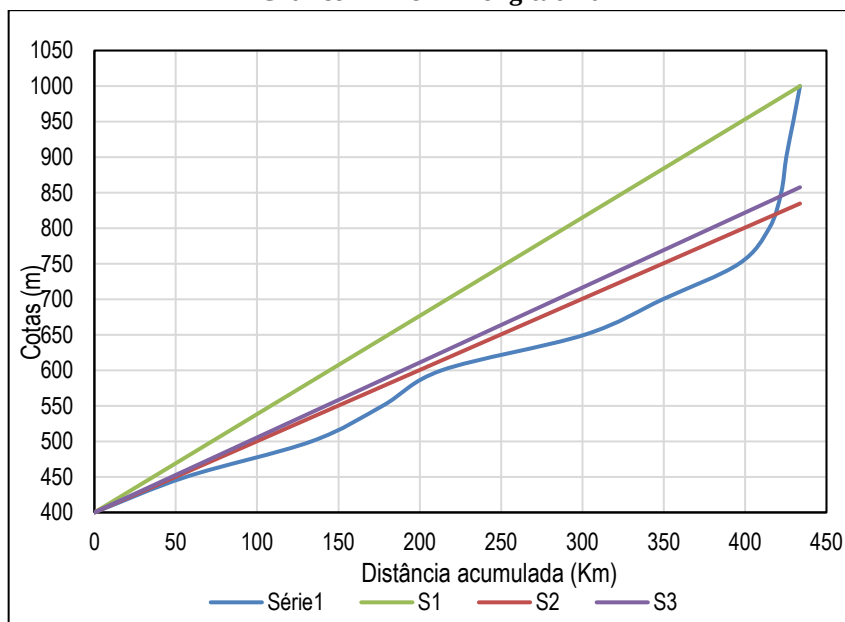
Tabela 9 – Declividades

Tipos de declividades	L (km)	DZ (m)	Cotas (Z)	Declividades (m/m)
S_1	0,00	0,00	400,00	0,00159
	433,74	600,00	1000,00	
S_2	0,00	0,00	400,00	0,00115
	433,74	434,68	834,68	
S_3	0,00	0,00	400,00	0,00121
	433,74	457,55	857,55	

Fonte: A autora (2024)

A curva do perfil longitudinal (GRÁFICO 4) fornece uma melhor visualização, permitindo a comparação das declividades, bem como da amplitude altimétrica considerada em cada caso.

Gráfico 4 – Perfil Longitudinal



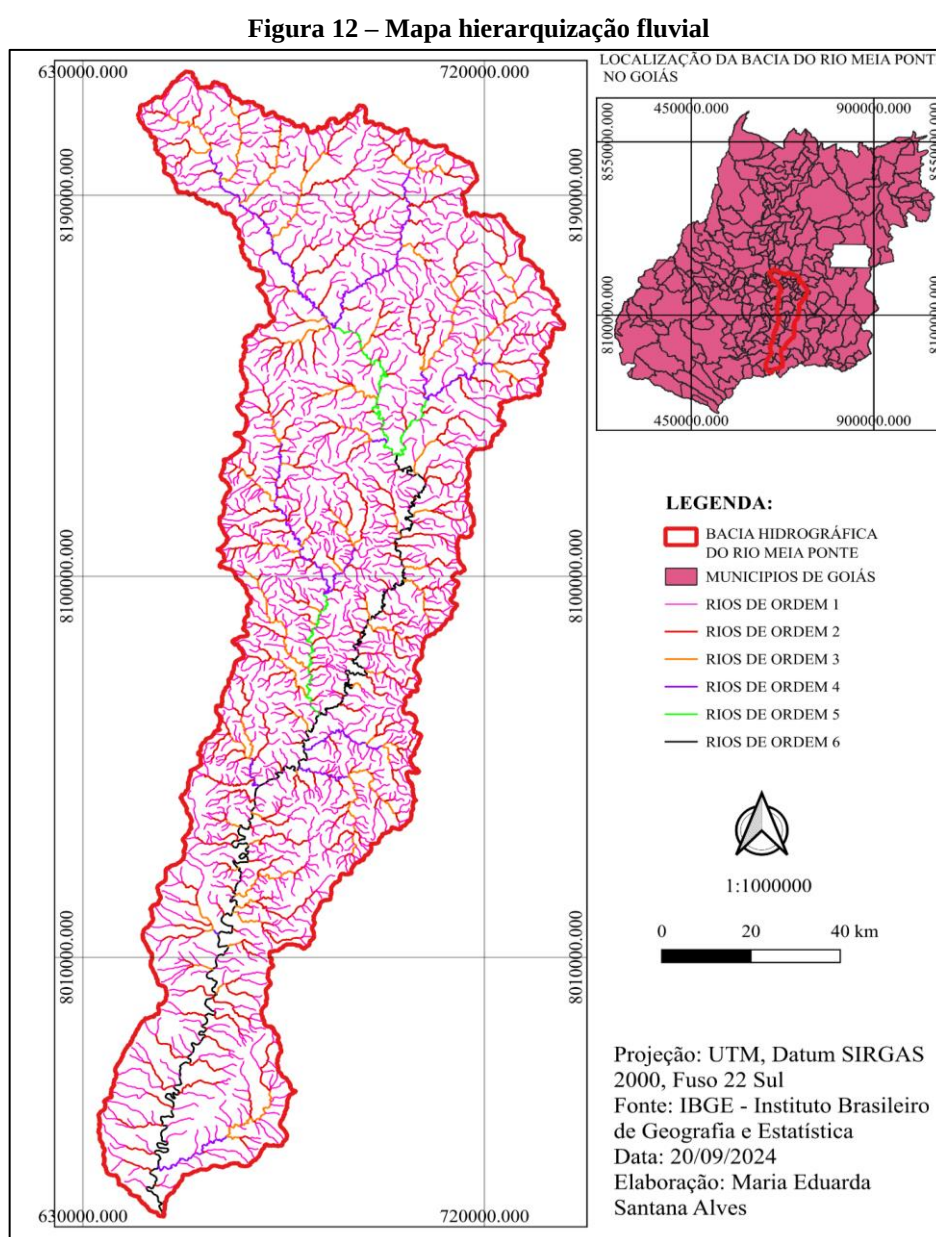
Fonte: A autora (2024)

Essas métricas possibilitam uma análise da topografia da região, revelando que a área de estudo é classificada como relevo plano, conforme definição da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2009), já que sua declividade varia entre 0 e 3%.

4.3. Características da rede de drenagem

A rede de drenagem de uma bacia hidrográfica é essencial para a gestão da água e a dinâmica ecológica, composta por canais, rios e riachos que transportam águas pluviais. Suas características, como densidade e tipo de solo, influenciam a hidrologia, a infiltração e o ciclo hídrico.

A hierarquia fluvial (FIGURA 12) é um processo que classifica os cursos de água dentro de uma bacia hidrográfica, estabelecendo uma ordem entre eles.



Fonte: A autora (2024)

Esse aspecto é um dos principais parâmetros morfométricos a serem considerados na análise de uma bacia (TABELA 10).

Tabela 10 – Hierarquia Fluvial

Ordem	Nº de canais	Comprimento (km)	Rb	Rpb	Lm (km)	RLm
1	1218	4573,38	-	-	3,75	-
2	320	1434,35	3,81	0,002332	4,48	1,19
3	77	697,94	4,16	0,002546	9,06	2,02
4	13	351,09	5,92	0,003629	27,01	2,98
5	3	143,35	4,33	0,002655	47,78	1,77
6	1	366,30	3,00	0,001838	366,30	7,67
Total	1632	7566,40	-	-	-	-

Fonte: A autora (2024)

A compreensão do tempo de concentração é essencial para a modelagem hidrológica e para este estudo, foram utilizados quatro métodos de cálculo: Ven te Chow, Kirpich, Corps of Engineers e Giandotti (TABELA 11), cada um oferecendo abordagens distintas, porém adaptados ao tamanho da bacia em análise.

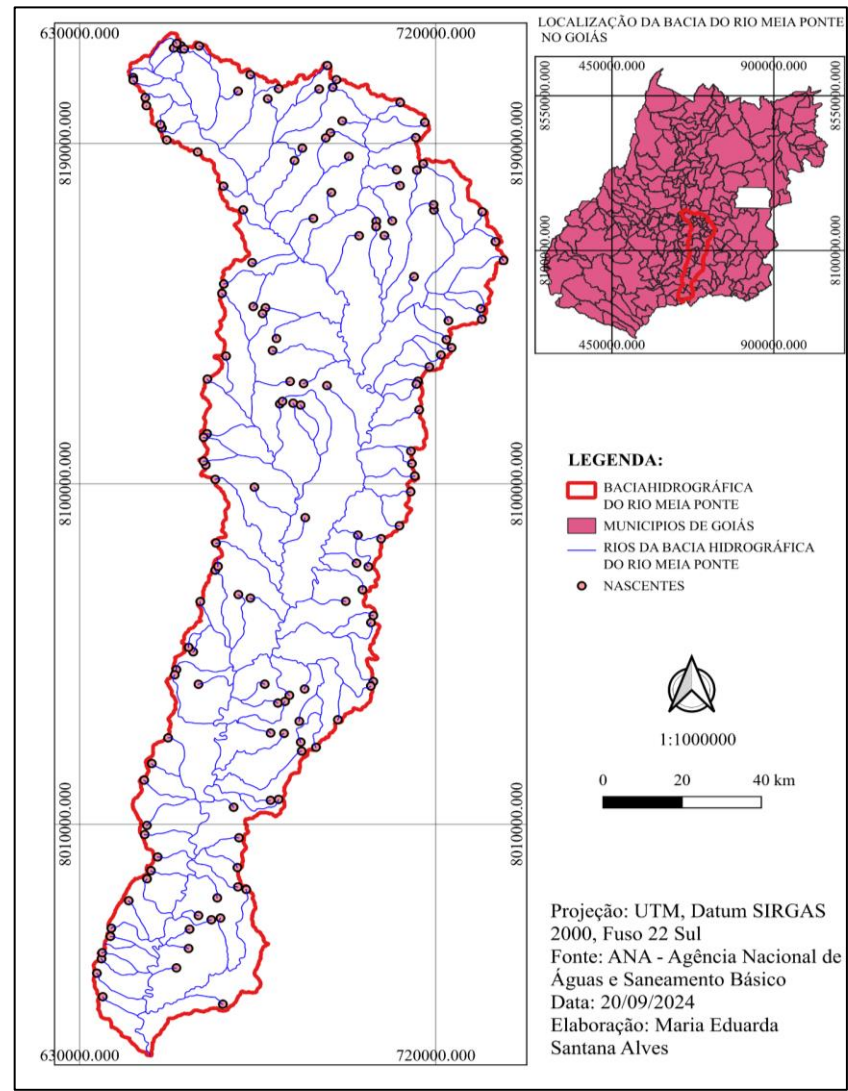
Tabela 11 – Tempo de Concentração

Autor	Corps off Engineers	Ven te Chow	Giandotti	Kirpich
Tc (Min)	51,57	66,88	84,47	94,42

Fonte: A autora (2024)

A sinuosidade, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, extensão do percurso superficial e densidade de rios são importantes parâmetros na análise hidrológica de uma bacia, na área de estudo foi contabilizada 150 nascentes, conforme apresentado no mapa (FIGURA 13).

Figura 13 – Mapa de nascentes



Fonte: A autora (2024).

Esses parâmetros são fundamentais para entender a dinâmica do escoamento e a gestão hídrica local (TABELA 12).

Tabela 12 – Parâmetros morfométricos de drenagem de Bacias Hidrográficas				
Sin (%)	Dd (km/km²)	Eps (km)	Dr (km/km²)	Cm (km²/km)
161,98	0,61	0,81	0,012	0,0016

Fonte: A autora (2024)

O relevo plano da área de estudo impacta diretamente a drenagem, que é classificada como pobre segundo Strahler (1952). Essa bacia hidrográfica é composta por seis ordens na hierarquia fluvial, também definida por Strahler (1952), e possui um total de 1.632 canais, com

um percurso total de 7.566,40 km. Para a formação de um canal com fluxo perene, é necessária uma área de 0,0016 km²/km, o que indica um extenso percurso superficial.

Além disso, Strahler (1952) redefiniu os valores da relação de bifurcação, que devem ser constantes dentro de uma mesma bacia, variando geralmente entre 3 e 5, na bacia do Rio Meia Ponte, essa relação variou de 3 a 5,92, destacando a complexidade da sua rede de drenagem, a área de estudo classificada por Mansikkaniemi (1970), apresenta um percurso altamente sinuoso, com uma sinuosidade de 161,68%, essa sinuosidade, juntamente com o tempo de concentração crítico de 51,57 minutos, evidencia a dinâmica hídrica e as particularidades do escoamento na bacia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise detalhada dos parâmetros morfométricos, geométricos e topológicos, este estudo proporciona uma compreensão aprofundada da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte, destacando sua relevância para o planejamento e a gestão sustentável dos recursos hídricos. Com uma área de 12.330,23 km² e características de relevo predominantemente plano, a bacia apresenta uma complexa rede de drenagem composta por 1.632 canais, com uma extensão total de 7.566,40 km. O estudo revelou que a bacia possui uma alta sinuosidade e um fator de forma que reduzem a concentração de escoamento, tornando-a menos propensa a eventos de inundação rápida, embora sua configuração alongada impacte diretamente no tempo de concentração, fator essencial para o entendimento da resposta hidrológica.

O uso de ferramentas de geoprocessamento, como o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o Modelo Digital de Terreno (MDT), foi crucial para a representação espacial de aspectos morfométricos complexos, como a distribuição altimétrica e a sinuosidade da rede fluvial, permitindo uma visualização precisa da interação entre a topografia e o comportamento hidrológico da bacia. A curva hipsométrica e o perfil longitudinal forneceram insights fundamentais sobre a influência do relevo no escoamento superficial, enquanto a análise da declividade possibilitou a identificação de gradientes que condicionam a velocidade de escoamento e o potencial erosivo em diferentes segmentos da bacia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019. 75 p. ISBN: 978-85-8210-057-8.

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação**. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

CARDOSO, C. A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241–248, 2006.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. **Bacia Hidrográfica do Rio Meia Ponte**. Disponível em: <https://cbhmeiaponte.meioambiente.go.gov.br/?page_id=38>. Acesso em: 20 set. 2023.

Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013. Brasília: ANA, 2013b, 432p.

Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2015. Brasília: ANA, 2015, 88 p

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos—Rio de Janeiro: Embrapa, 2009. 412p.

JENSON, S.K.; DOMINGUE, J.O. (1988). “**Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis**”. *Photogrammetric Engineering and remote sensing*, v.54, n.11, pp. 1593-1600.

Lima, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.

PARANAÍBA, C. –. **Importância e Funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/09/Apresentacao_Importancia_Funcionamento_CBHs_31.07.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

Pissarra, T. C. T.; Rodrigues, F. M.; Politano, W.; Galbiatti, J.A. **Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu**, Estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Árvore*, v. 34, n. 4, p. 669-676, 2010.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43–60, 2008.

Queiróz, H. A. **Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira**, SP. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Ilha Solteira – SP. 61p. 2008.

Região Hidrográfica do Paraná. **GOV.BR**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas/regiao-hidrografica-parana>>. Acesso em: 12 set. 2023.

Silva, L.; Lima, E. R. V.; Almeida, H. A.; Costa Filho, J. F. **Caracterização geomorfométrica e mapeamento dos conflitos de uso na bacia de drenagem do açude Soledade**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 3, p. 112- 122, 2010b.

Soares, J. V. **Curso de Introdução à Hidrologia Florestal**. São José dos Campos: INPE, 2000. 78 p
 Strahler, A. N. 1952. Hypsometric analysis of erosional topography. Geol. Soc. America Bulletin, 63, pp. 1117 -1142.

STRAHLER, A. N. “Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography”. Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TECNOLOGIA, D. C. E. **CBH Paranaíba**. Disponível em: <<https://cbhparanaiba.org.br/a-bacia/caracteristicas>>. Acesso em: 06 set. 2023.

TEODORO, V. L. I. et al. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137, 2007.

VALERIANO, M.M., KUPLICH, T.M., STORINO, M., AMARAL, B.D., MENDES JUNIOR., J.N., LIMA, D. (2006). “**Modeling small watersheds in Brazilian Amazônia with SRTM-90m data**”. Computers & Geosciences, v. 32, n. 8, pp. 1169-1181

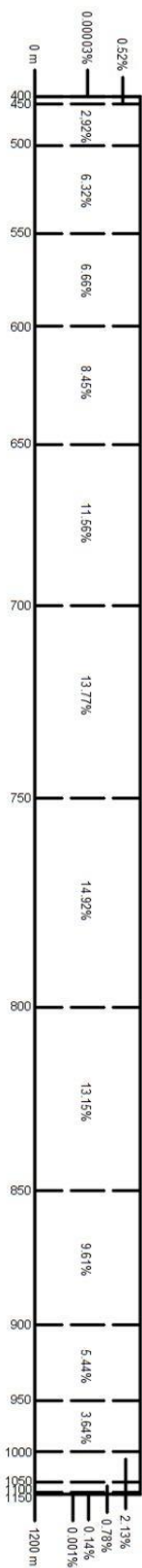
VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

APÊNDICE A – FLUXOGRAMA



Fonte: A autora (2023)

APÊNDICE B – RETÂNGULO EQUIVALENTE



Fonte: A autora (2024).