

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MILENA MARYE TAGO

**Análise da Morfometria e do Uso e Ocupação do Solo na Microbacia do Córrego da
Água Sumida, Dracena-SP**

Ilha Solteira
2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

ANÁLISE DA MORFOMETRIA E DO USO E OCUPAÇÃO DO
SOLO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DA ÁGUA SUMIDA, DRACENA-SP

MILENA MARYE TAGO

Orientador: Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira -
Unesp como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

ILHA SOLTEIRA - SP
MARÇO DE 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- T128a Tago, Milena Marye.
Análise da morfometria e do uso e ocupação do solo na microbacia do
Córrego da Água Sumida, Dracena-SP / Milena Marye Tago. -- Ilha Solteira:
[s.n.], 2025
48 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2025
- Orientador: César Gustavo da Rocha Lima
- Inclui bibliografia
1. Urbanização. 2. Geoprocessamento. 3. Drenagem. 4. Enchentes.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: **MILENA MARYE TAGO**

Título: **ANÁLISE DA MORFOMETRIA E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DA ÁGUA SUMIDA, DRACENA-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **CESAR GUSTAVO DA ROCHA LIMA**
Data: 16/04/2025 10:11:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima
UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **CAMILA GABRIELA ALEXANDRE GEROMEL COST.**
Data: 16/04/2025 12:03:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Camila Gabriela Alexandre Geromel Costa
UNESP – Campus de Ilha Solteira

Documento assinado digitalmente
 **BRENO PADOVEZI ROCHA**
Data: 16/04/2025 10:52:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Breno Padovezi Rocha
UNESP – Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira
16/04/2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus.

A minha mãe Luciana e meu pai Renato por todo esforço investido na minha educação.

A minha irmã Helena por todo o carinho.

A minha gata Masha pelo companheirismo no dia a dia.

Aos amigos que fiz durante a graduação e me acompanharam nos desafios da graduação.

Ao Cursinho Diferencial pela experiência transformadora de poder lecionar e principalmente aos meus alunos e colegas professores.

Ao Centro Acadêmico da Engenharia Civil (CAACAV) por ter sido parte fundamental do meu crescimento profissional e pessoal.

Aos amigos que me acompanharam no meu período de estágio na brio incorporadora.

Ao Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima pela atenção em orientar o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Ilha Solteira por todos os ensinamentos.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é
senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria
menor se lhe faltasse uma gota”.

Madre Teresa de Calcuta.

RESUMO

A urbanização nas regiões das bacias hidrográficas impacta diretamente suas condições hidrológicas ao promover maior impermeabilização do solo, reduzindo a infiltração de água e intensificando o escoamento superficial. Esses fatores aumentam a vulnerabilidade da bacia a fenômenos como enchentes e inundações. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi analisar a suscetibilidade da Microbacia do Córrego da Água Sumida, a enchentes e inundações, partindo do estudo de seus parâmetros morfométricos e do uso e ocupação de solo e, dessa forma, analisar também se município de Dracena adota medidas de planejamento urbano eficazes pela consulta do plano diretor da cidade e suas últimas atualizações. A aplicação de técnicas de geoprocessamento através do software SPRING 5.5.6, aliada ao uso de imagens dos satélites LANDSAT 5 e 8, permitiu a obtenção dos parâmetros morfométricos e o estudo do uso e ocupação do solo na microbacia com intervalos de 10 em 10 anos partindo de 1990 até 2024. A análise revelou que a bacia apresenta um formato alongado, baixa densidade de drenagem e relevo acidentado, fatores que favorecem um escoamento superficial acelerado. Apesar da boa capacidade de infiltração, a presença de declividades elevadas do canal principal favorecem a ocorrência de erosão e assoreamento. A evolução do uso e ocupação do solo ao longo do período estudado evidencia um crescimento urbano significativo, com um aumento de 80,39% da área urbanizada e redução de 32,67% das áreas de vegetação densa. Essas transformações impactam na capacidade de infiltração do solo e na estabilidade das margens do córrego, tornando essencial a adoção de estratégias que promovam o equilíbrio entre o crescimento urbano com a preservação ambiental.

Palavras-chave: Urbanização, geoprocessamento, drenagem, enchentes.

ABSTRACT

Urbanization in watershed regions directly impacts their hydrological conditions by increasing soil impermeabilization, reducing water infiltration, and intensifying surface runoff. These factors increase the basin's vulnerability to phenomena such as floods and inundations. In this context, the objective of this study was to analyze the susceptibility of the Água Sumida Stream Microbasin to flooding and inundations by studying its morphometric parameters and land use and land cover changes. That way, the study aimed to assess whether the municipality of Dracena adopts effective urban planning measures. The application of geoprocessing techniques using the SPRING 5.5.6 software, combined with satellite images from LANDSAT 5 and 8, enabled the acquisition of morphometric parameters and the analysis of land use and land cover in the microbasin at ten-year intervals from 1990 to 2024. The analysis revealed that the basin has an elongated shape, low drainage density, and rugged relief, factors that favor accelerated surface runoff. Despite its good infiltration capacity, the presence of steep slopes in the main channel increases the likelihood of erosion and sediment deposition. The evolution of land use and land cover over the studied period indicates significant urban growth, with an 80.39% increase in urbanized areas and a 32.67% reduction in dense vegetation. These transformations impact the soil's infiltration capacity and the stability of the stream margins, highlighting the need for strategies that promote a balance between urban expansion and environmental preservation.

KEYWORDS: Urbanization, geoprocessing, drainage, floods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Hierarquia de uma bacia hidrográfica conforme Strahler.....	15
Figura 2	- Atividades envolvidas em Geoprocessamento.....	18
Figura 3	- Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas.....	19
Figura 4	- Mapa hidrográfico de Dracena.....	22
Figura 5	- Delimitação da Microbacia pelas curvas de nível.....	29
Figura 6	- Hierarquia dos cursos d'água.....	30
Figura 7	- Mapa altimétrico da Microbacia valores em metros).....	31
Figura 8	- Traçado do Canal Principal.....	32
Figura 9	- Perfil Longitudinal do Canal Principal.....	32
Figura 10	- Mapas base em cores naturais [B1(B), B2(G), B3(R)]: período de 1990 à 2024.....	38
Figura 11	- Mapas em falsa cor com uso de banda infravermelho [B2(B), B3(R), B4(G)]: período de 1990 à 2024.....	39
Figura 12	- Mapas de uso e ocupação do solo no período de 1990 à 2024.	40
Figura 13	- Representação gráfica da evolução das classes de Uso e Ocupação do Solo.....	41
Figura 14	- Representação gráfica da evolução das áreas permeáveis.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Parâmetros Morfométricos.....	15
Quadro 2	- Chaves de Interpretação e classes de uso e ocupação.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Relação de imagens selecionadas para análise temporal.....	25
Tabela 2	- Composições RGB: Landsat 5 e 8.....	26
Tabela 3	- Parâmetros Morfométricos da Microbacia.....	33
Tabela 4	- Índices Morfométricos das Microbacia.....	34
Tabela 5	- Uso e ocupação do solo no período de 1990 à 2024.....	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVO.....	13
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1. BACIA HIDROGRÁFICA.....	14
3.2. PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS.....	15
3.3. USO E OCUPAÇÃO DE SOLO.....	17
3.4. SENSORIAMENTO REMOTO.....	17
3.5. GEOPROCESSAMENTO.....	18
3.6. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).....	19
3.7. ESTUDOS CORRELATOS.....	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1. ÁREA DE ESTUDO.....	22
4.2. BANCO DE DADOS.....	23
4.3. PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS.....	23
4.4. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
5.1. ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	29
5.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	37
6. CONCLUSÃO.....	45
7. REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização no Brasil é marcado por sua grande velocidade quando comparado com a urbanização observada nos países desenvolvidos. Isso pode ser visto na forma de desenvolvimento da grande maioria das cidades brasileiras que levou a um mal planejamento urbano e crescimento descoordenado.

A expansão das áreas urbanas é acompanhada por grandes alterações na dinâmica entre elementos humanos e o meio ambiente que, quando não são devidamente controladas e planejadas, podem acarretar em grandes danos ambientais.

A urbanização causa alterações significativas às bacias hidrográficas devido a diminuição de áreas permeáveis e consequente redução da infiltração; de acordo com Santos et al. (2016), os impactos são provenientes do modo em que ocorre o uso e ocupação da terra quando é desconsiderada a dinâmica do meio físico levando à geração de riscos pela movimentação de massa, processos erosivos, enchentes, inundações e alagamentos.

Nesse contexto, o estudo dos parâmetros morfométricos de uma bacia possibilita verificar a suscetibilidade da área de estudo a essas adversidades e sua capacidade de suportá-las. Isso porque, de acordo com Santos et al (2016), os parâmetros morfométricos permitem caracterizar os elementos físicos de forma quantitativa, atribuindo valores que descrevem a intensidade dos processos atuantes em bacias hidrográficas, possibilitando entender as transformações ocorridas na área de estudo.

Ainda, a fim de complementar o estudo, é aplicada a análise de uso e ocupação do solo, que, segundo Ab'saber (1994 *apud* Prestes, 2015) compreende entre muitos fatores, a análise da organização territorial, contato com atividades urbanas ou rurais, controle de densidade populacional, ocupação efetiva de uma localidade, prevenção ou eliminação de possível ocorrência de desastres ambientais, preservação do meio ambiente e da qualidade de vida.

A análise do uso e ocupação do solo na área de uma bacia hidrográfica permite determinar quais as consequências que a forma de uso do solo no local (sejam atividades como o lançamento de poluentes, águas residuais, sedimentação e entre outros elementos) causam à bacia hidrográfica.

O estudo de parâmetros morfométricos combinados da análise de uso e ocupação do solo, tornam-se grandes aliados na prevenção de desastres ambientais futuros, e ainda, na busca de soluções para problemáticas já existentes. Avaliar os impactos do crescimento urbano na extensão de um curso hídrico é um recurso de grande relevância para a melhoria da gestão urbana.

2. OBJETIVO

O presente trabalho, abordará o estudo da morfometria e do uso e ocupação do solo na região da micro-bacia do córrego da Água Sumida, situada no município de Dracena-SP, bairro Metrópole. A escolha do objeto de estudo foi motivada pelo significativo crescimento do município no decorrer dos últimos anos e por seu histórico de alagamentos, acentuado quando em áreas de maior urbanização.

Através da aplicação desses estudos, espera-se compreender se a ocorrência de alagamentos são devido a condições naturais da bacia ou devido ao processo de urbanização da região. Ainda, possibilitará um maior entendimento de seu comportamento e condições atuais e nas alterações que ocorreram na bacia com o decorrer dos anos. Através desses conhecimentos, pode-se definir se o planejamento urbano empregado na cidade registrado em plano diretor é suficiente ou sofre de algum percalço, e nesse caso, como seria possível melhorar a gestão urbana

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O trabalho compreenderá a análise de parâmetros morfométricos e do uso e ocupação de solo na região da bacia entre 1990 e 2024, utilizando softwares de Sistema de Informações Geográficas (SIG) aliado à técnicas de geoprocessamento que permitirá o desenvolvimento de:

- Mapas de drenagem e caracterização física da bacia;
- Extração de parâmetros morfométricos;
- Avaliação da tendência de ocorrência de enchentes e inundações;
- Mapas de evolução histórica de uso e ocupação do solo;
- Caracterização da dinâmica socioeconômica da região;
- Análise da dinâmica ambiental e possíveis impactos na região da bacia;
- Recomendações para a gestão ambiental e urbana.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. BACIA HIDROGRÁFICA

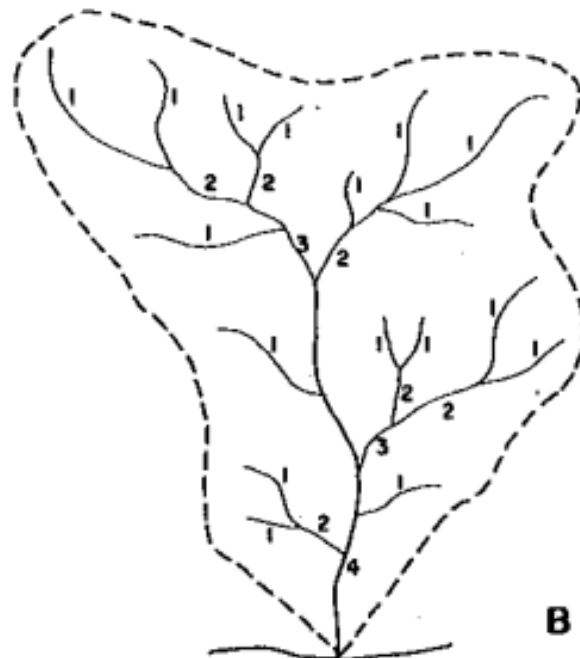
Segundo Cardoso (2005) uma bacia hidrográfica é definida como a área de captação natural da água pluvial que faz convergir os escoamentos superficiais para um ponto de saída (exutório). A delimitação de uma bacia é um procedimento comum em análises hidrológicas ou ambientais, e é feita partindo da utilização de informações de relevo em que as áreas mais elevadas delimitam os limites da bacia. Algumas condições do ecossistema referentes a desequilíbrios entre componentes como solo, água, vegetação e fauna podem ser indicadas pelos recursos hídricos de uma bacia.

Ainda, de acordo com Porto (2008), toda área urbana, industrial, agrícola ou de preservação onde ocorrem atividades humanas é parte de uma bacia hidrográfica, e dessa forma, quaisquer ações antrópicas quanto a formas de aplicação do solo e uso e recursos hídricos geram consequências para a bacia. A depender do estudo que será realizado, a área que será analisada pode abranger uma bacia em sua totalidade ou ainda, delimitar-se em sub-bacias.

Em seu livro “Geomorfologia”, Christofolletti (1980) aborda a hierarquia fluvial como um recurso facilitador de estudos morfométricos das bacias hidrográficas e indica a grandeza da bacia, trata-se do processo de estabelecer uma classificação de um curso d’água no conjunto total da bacia em que se encontra.

Pela classificação de Strahler, os menores canais são considerados de primeira ordem, a confluência de dois canais de primeira ordem gera um canal de segunda ordem, a confluência de dois canais de segunda ordem gera um canal de terceira ordem e assim por diante (Christofolletti, 1980). Um exemplo da aplicação da hierarquia fluvial pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 - Hierarquia de uma bacia hidrográfica conforme Strahler



Fonte: CHRISTOFOLETTI (1980)

3.2. PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS

Os parâmetros morfométricos são informações que possibilitam a caracterização de elementos físicos de bacias hidrográficas de forma quantitativa (Santos, 2016).

De acordo com Machado (2011) a análise morfométrica busca relacionar os parâmetros mensuráveis de uma bacia hidrográfica com fatores que possam interferir em sua dinâmica.

Nesse contexto, o entendimento, caracterização e correlação dos parâmetros morfométricos de uma bacia busca compreender sua estrutura e funcionamento, que podem ser correlacionadas com propriedades ambientais, riscos geotécnicos, enchentes e evolução pedológica (Manosso, 2020).

Diante a grande quantidade de parâmetros morfométricos existentes, pode-se destacar alguns que estão dispostos a seguir no Quadro 1 (Christofolletti, 1980).

Quadro 1 - Parâmetros morfométricos

Parâmetro	Fórmula	Significado
Área da Bacia	A^1	Totalidade da área drenada pelo conjunto do sistema fluvial
Densidade de drenagem (Dd , Km/km^2)	$Dd = Lt^2/A^3$	Valores elevados indicam áreas de pouca infiltração e melhor esculturação dos canais
Densidade de rio (Dh , Km/km^2)	$Dh = N^4/A^5$	Indica o potencial hídrico da região
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = A^6/Ac^7$	Indica a forma da bacia. Quanto mais próximo do formato circular; maior tendência a inundação • $Ic = 0,51$: escoamento moderado e pequena probabilidade de cheias rápidas. • $Ic > 0,51$: bacia circular, favorece inundação • $Ic < 0,51$: bacia alongada, favorece escoamento
Índice de sinuosidade (Is)	$Is = L^8/Dv^9$ ¹⁰	• Valores $< 1,0$ = canal retilíneo • Valores $> 2,0$ = canais sinuosos
Coeficiente de compacidade (Kc)	$Kc = P^{11}bh^{12}/Pc^{13}$	• $1,00 < Kc < 1,25$ - bacia de drenagem com alta propensão a enchentes. • $1,25 < Kc < 1,50$ - bacia com tendência mediana a enchentes • $Kc > 1,50$ - bacia não sujeita a enchentes (Lima et al., 2013, adaptado pela autora)
Fator de forma (Kf)	$Kf = A^{14}/L^2$	• $0,75 < Kf < 1,00$, bacia é sujeita a enchentes; • $0,75 < Kf < 0,50$, tendência mediana a enchentes; • $Kf < 0,5$, bacia não é sujeita a enchentes. (Lima et al., 2013, adaptado pela autora)

Fonte: Elaborada pela autora com base em Lima et al. (2013) e Christofolletti (1980)

¹ A: Área da Bacia

² Dd: Densidade de drenagem

³ Lt: Comprimento total dos cursos d'água

⁴ Dh: Densidade de rio

⁵ N: Número total de rios ou cursos d'água

⁶ Ic: Índice de circularidade

⁷ Ac: Área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada

⁸ Is: Índice de sinuosidade

⁹ L: Comprimento axial da bacia

¹⁰ Dv: Distância em linha reta entre dois pontos extremos do canal

¹¹ Kc: Coeficiente de compacidade

¹² Pbh: Perímetro da bacia

¹³ Pc: circunferência de um círculo de área igual a da bacia

¹⁴ Kf: Fator de forma

3.3. USO E OCUPAÇÃO DE SOLO

O Uso e ocupação do solo compreende a organização territorial, atividades urbanas e rurais, densidade populacional e reprodução social no espaço urbano, a prevenção e eliminação de possíveis desastres naturais, medidas de preservação ambiental e qualidade de vida da localidade (Prestes, 2015).

Esse estudo possibilita a caracterização e quantificação das formas em que o solo foi utilizado ao longo dos anos pelo mapeamento temático de seu uso e ocupação, identificando as necessidades e pontos de atenção para o desenvolvimento do local

Dadas as condições de municípios que apresentaram um crescimento desordenado e consequentes impactos ambientais, é notória a importância de aliar o desenvolvimento socioeconômico e a preservação ambiental, nesse contexto, os estudos de uso e ocupação do solo mostram-se como importante ferramenta para o planejamento urbano e ambiental.

A utilização conjunta de ferramentas de sensoriamento remoto, geoprocessamento, e Sistema de Informação Geográfica (SIG) permite a elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo, neles são avaliadas as transformações que determinado espaço sofreu a partir da coleta, processamento, análise e manipulação de informações geográficas.

3.4. SENSORIAMENTO REMOTO

No livro “Iniciação em Sensoriamento Remoto”, Florenzano descreve que:

Sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens - e outros tipos de dados - da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. O termo *sensoriamento* refere-se à obtenção de dados por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas (balões e aeronaves) e orbitais (satélites artificiais). o termo remoto, que significa distante, é utilizado porque a obtenção é feita à distância, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e objetos na superfície terrestre. (Florenzano, 2011, p.9)

Para o desenvolvimento do estudo em questão, destaca-se o programa de satélites LANDSAT desenvolvido pela Agência Espacial Americana, o programa conta com 9 satélites já lançados.

As imagens a serem selecionadas e coletadas dos satélites LANDSAT e dados altimétricos utilizadas na caracterização de relevo e declividade da área provenientes do

projeto SRTM (NASA) são disponibilizados pelo serviço geológico americano USGS - Earth Explorer (USGS, 2023).

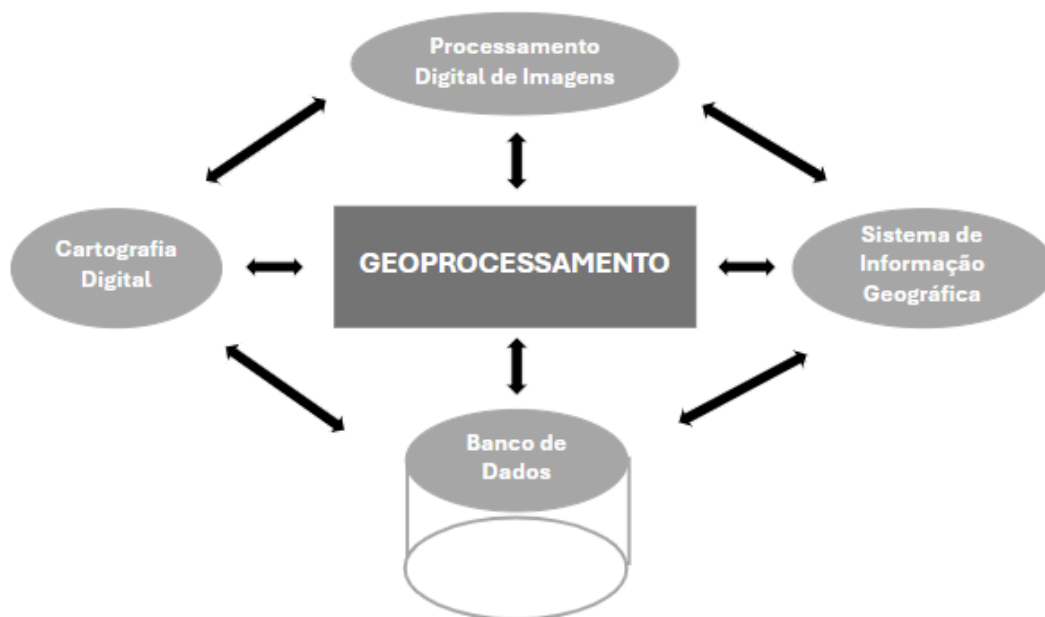
As imagens extraídas são compostas por “bandas” que tratam-se de faixas de espectro eletromagnético captadas pelos sensores. A combinação das bandas em esquema de cores RGB (Vermelho, Verde e Azul) permite que seja feita a visualização de imagens em cores. A escolha das bandas para cada canal do RGB depende do objetivo da análise, pode-se adquirir uma imagem próxima às cores naturais observadas na superfície terrestre ou ainda, realçar alguns elementos como é o caso do uso da banda de infravermelho no canal vermelho para realçar a vegetação da imagem.

3.5. GEOPROCESSAMENTO

O Geoprocessamento trata-se do conjunto de tecnologias utilizadas na coleta e tratamento de informações espaciais, tal como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações. Em suma, o termo pode ser usado na definição de profissionais que trabalham com cartografia e processamento digital de imagens e sistemas de informações geográficas (Rosa, 2013).

As atividades envolvidas no geoprocessamento seguem estrutura conforme Figura 2:

Figura 2 - Atividades envolvidas em Geoprocessamento



Fonte: Elaborada pela autora com base em Rosa (2013)

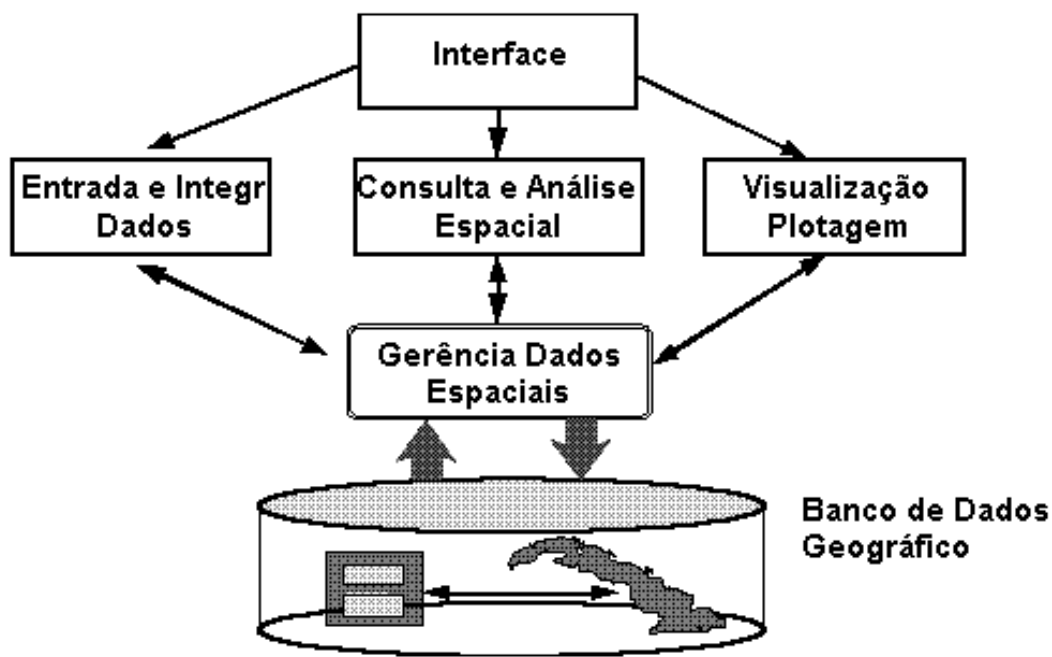
3.6. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

De acordo com Rosa (2013), os “sistemas de informações” são dedicados ao armazenamento e análise integrada de dados, podendo ser definida como uma combinação de recursos humanos (Peopleware) e técnicos (Hardware e Software). O Sistema de Informação Geográfica (SIG) trata-se de um caso específico do sistema de informação. Um SIG pode ser definido como:

Um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise, simulação, modelagem e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre, integrando diversas tecnologias. Portanto, o sistema de informação geográfica é uma particularidade do sistema de informação sentido amplo. Essa tecnologia automatiza tarefas até então realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes. (Rosa, 2013).

Um SIG é estruturado conforme entremostrado na Figura 3:

Figura 3 - Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas



Fonte: DPI/INPE, 2006

De acordo com o manual “Tutorial de Geoprocessamento” disponibilizado pelo DPI/INPE, os dados tratados no dentro desse sistema podem ser seccionados em:

- Mapas temáticos que contém regiões geográficas definidas por um ou mais polígonos;
- Mapas cadastrais que possuem atributos associados a representações geográficas;
- Redes que são compostas por informações associadas a serviços de utilizada pública;
- Imagens que representam formas de captura indireta de informação espacial e
- Modelos numéricos de terreno (ou MNT) que representam uma grandeza que varia continuamente no espaço.

3.7. ESTUDOS CORRELATOS

A fim de garantir um melhor gerenciamento de recursos hídricos ligado ao desenvolvimento urbano saudável e bem planejado, a caracterização morfométrica e o estudo do uso e ocupação do solo de bacias hidrográficas se tornam ferramentas de suma importância ao permitir compreender qual a vulnerabilidade da bacia frente a fenômenos extremos como enchentes e inundações.

Nesse contexto, Menezes et al (2014), estudando a morfometria e evolução do uso do solo e da vazão máxima da microbacia hidrográfica Ribeirão Vermelho em Minas Gerais, observou que o formato alongado da bacia, sua menor sinuosidade e extensão evidencia menor risco a cheias em condições normais de pluviosidade, além disso, o predomínio de declive ondulado leva a uma drenagem deficiente. Ainda, pela avaliação das mudanças no uso e ocupação do solo de 2003 e 2013, concluiu-se que a área urbana aumentou, mas houve também aumento de mata secundária.

Já Silva e Paes (2018), aplicando análises morfométricas na bacia do rio Guapi-Açu (RJ) e em um trecho do Pontal do rio Paranapanema (SP), observaram controle estrutural significativo no arranjo da rede de drenagem a partir da presença de perfis longitudinais de canais fluviais. O estudo evidenciou também a presença de controles litológicos e tectônico-estruturais.

Santos et al. (2016), estudando o uso de parâmetros morfométricos na bacia hidrográfica do rio Jaguari (RS), obteve densidade de drenagem 1,29 km/km² indicando uma média capacidade de drenagem, foi possível também caracterizar a bacia como de alta declividade com fluxo de alta velocidade. Foi concluído que a bacia apresenta baixa tendência a cheias.

Machado et al. (2011), ao selecionar 13 variáveis morfométricas da bacia hidrográfica do rio Jacuípe, sub-bacia do rio Paraguaçu, principal responsável pelo abastecimento do município de Salvador, observou uma densidade de drenagem muito baixa gerando grande preocupação com a conservação de áreas de recarga e com as matas ciliares, sua baixa declividade e escoamento de baixo a médio revelou não ser impeditivo para o uso de máquinas agrícolas como era suspeito ao início dos estudos, a erosão hídrica não se faz um problema muito grande demandando apenas algumas práticas simples de conservação do solo, ainda, a predominância de uma orientação plana favorece o desenvolvimento de cultivos agrícolas.

Pissara et al. (2010) analisou as características morfométricas das microbacias de 2ª a 5ª ordens na bacia do córrego Rico, sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu, em Ribeirão Preto (SP). Foram determinados os parâmetros físicos e a configuração topográfica do sistema de drenagem, utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento. A análise revelou que a microbacia é de sexta ordem, com 542 km² e subdividida em 85 microbacias de segunda ordem, 22 de terceira, sete de quarta e duas de quinta. Os padrões de drenagem variaram conforme o tipo de solo ao longo da bacia.

Benatti et al. (2015) estudou uma microbacia afluente do Rio Ipiranga, em Sete Barras (SP), quanto à morfometria e uso e cobertura do solo. Com 143,67 hectares e densidade de drenagem de 3,49 km/km², a microbacia é de 2ª ordem, possui formato alongado, baixa tendência a enchentes e relevo forte ondulado (declividade média de 20,78%). A cobertura do solo é composta por 53,9% de floresta nativa, 37% de vegetação rasteira e 9,1% de áreas alagadas, estradas e construções.

Sousa (2021), levando em consideração a dinâmica de evolução urbana de São Paulo (SP), realizou um estudo dos parâmetros morfométricos e o uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Anhangabaú. O estudo de uso e ocupação do solo revelou alta impermeabilização, redução da cobertura vegetal e ocupação intensiva das áreas sem medidas adequadas de drenagem. A análise dos índices morfométricos demonstrou que a bacia não possui predisposição natural a inundações. No entanto, a falta de planejamento na gestão hídrica favoreceram a ocorrência de alagamentos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

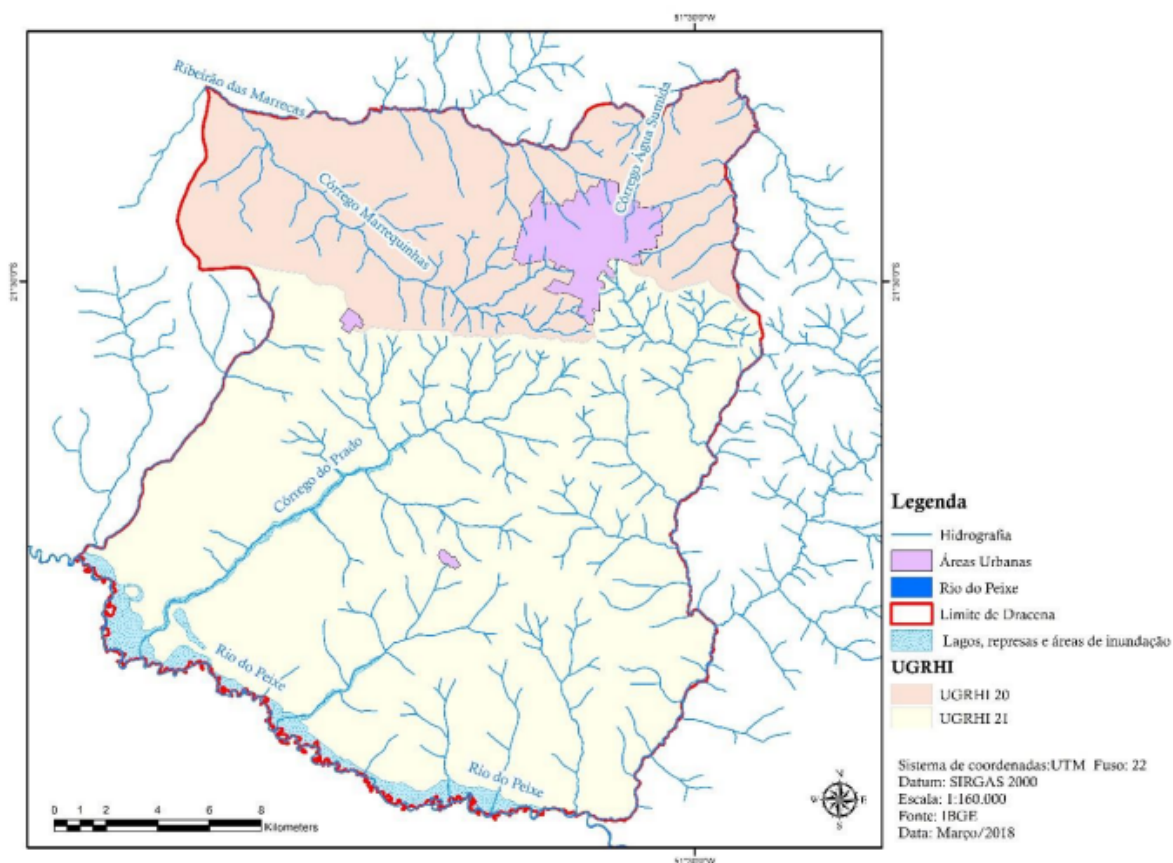
4.1. ÁREA DE ESTUDO

A microbacia do córrego da Água Sumida é localizada do município de Dracena, estado de São Paulo, Brasil, com população residente estimada de 45.474 habitantes e densidade demográfica de 93,24 hab/km² (IBGE, 2024).

O território do município, conforme representado na figura 4, abrange as terras entre o rio do Peixe e os ribeirões Caingangue e Nova Palmeira, constituído pelos distritos Jamaica e Jaciporã, tem extensão territorial de 487,688 km² (IBGE, 2024).

A Figura 4 apresenta o mapa hidrográfico de Dracena.

Figura 4 - Mapa hidrográfico de Dracena



Fonte: VM Engenharia, 2020

O clima de Dracena é caracterizado como tropical do tipo Aw de acordo com a classificação Köppen, apresenta verões chuvosos e invernos secos, com uma pluviosidade média de 1.500 mm anuais. Durante o período de chuvas, algumas áreas apresentam recorrente ocorrência de inundações e deslizamentos de terra (EcosBio, 2013).

A vegetação local é composta por fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Em torno de corpos hídricos, são encontrados também, fragmentos da formação arbórea/arbustiva (VM Engenharia, 2020).

Dracena foi erguida sobre rochas do Grupo Bauru da Formação Vale do Rio do Peixe, ou seja, arenitos finos à muito finos majoritariamente. Estas rochas e solos associados possuem alta suscetibilidade a erosão e caracterizam-se por serem solos residuais permeáveis (Facuri, 2016).

4.2. BANCO DE DADOS

Para a obtenção de parâmetros morfométricos e análise de uso e ocupação do solo da área de estudo serão selecionadas e coletadas imagens dos satélites LANDSAT 5, LANDSAT 8, disponibilizados pelo serviço geológico americano USGS - Earth Explorer (USGS, 2023). Os dados altimétricos usados para caracterização do relevo e declividade da área são provenientes do projeto SRTM (NASA), também disponibilizado pelo serviço geológico americano.

Essas informações serão inseridas em um banco de dados no software SPRING (Câmara et al., 1996), onde ocorrerá o processamento das imagens selecionadas utilizando principalmente de ferramentas de tratamento de dados de mapas temáticos e de modelo numérico de terreno (MNT) aliado de ferramentas de edição vetorial e matricial para obtenção dos dados pertinentes ao estudo, assim como o desenvolvimento de mapas.

4.3. PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS

Para a coleta de parâmetros morfométricos, primeiramente, foi necessário extrair as curvas de nível da área de interesse.

A partir do processamento das imagens e das curvas de nível extraídas é possível executar o processo de delimitação da bacia pela metodologia baseada em cartas topográficas.

O processo consiste em:

1. Definir o exutório (ponto inicial) que será utilizado na delimitação da bacia. O exutório está situado na parte mais baixa do trecho do curso d'água principal.
2. Destacar a marcação do curso d'água principal e dos tributários.
3. Delimitar a bacia partindo do exutório, conectando os pontos mais altos da área seguindo as curvas de nível até retornar ao exutório novamente, o limite deve circundar os trechos da bacia e suas nascentes

Nesse processo é necessário atentar se a inclinação do terreno está voltada em direção às drenagens, indicando que essa área pertence à bacia de interesse e, ainda, à diferenciação de talvegues - depressões (vales) com curvatura contrária ao sentido da inclinação do terreno - dos divisores de águas - (espigões) representados pelo inverso de um talvegue, no qual as curvas de nível apresentam curvatura voltada para o sentido da inclinação do terreno.

Realizada a delimitação da área da bacia hidrográfica do Córrego da Água Sumida, foi possível extrair os seguintes dados:

- Perímetro da Bacia (P)
- Área da Bacia (A)
- Amplitude Altimétrica da Bacia (H')
- Amplitude Altimétrica da Bacia (H)
- Número de Canais (Nt)
- Hierarquia da Bacia
- Comprimento Total dos Cursos d'água (Lt)
- Comprimento do Canal Principal (Lp)

Com base nessas informações iniciais, são calculados os demais parâmetros morfométricos conforme anteriormente apresentado no Quadro 1, tendo como base, Lima et al. (2013) e Christofletti (1980):

- Índice de Circularidade (Ic)
- Índice de Compacidade (Kc)
- Fator de conformação (Fc)
- Fator Forma (Kf)
- Densidade de drenagem (Dd)
- Índice de sinuosidade (Is)
- Densidade Hidrográfica (Dh)
- Coeficiente de manutenção (Cm)
- Gradiente do Canal (Gc)
- Índice de Rugosidade (IR)
- Taxa de Relevo (Tr)

4.4. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A análise do histórico de uso e ocupação de solo levou em consideração intervalos de 10 em 10 anos, no período de 1990 a 2024.

Segue a relação das imagens selecionadas para a análise temporal e informações pertinentes na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação de imagens selecionadas para análise temporal

Ano	Data	Fonte	ID
1990	28/12	Landsat 5	LT05_L1TP_222075_19901228_20200915_02_T1
2000	07/12	Landsat 5	LT05_L1TP_222075_20001207_20200906_02_T1
2010	10/12	Landsat 5	LT05_L1TP_223075_20101210_20200823_02_T1
2020	25/09	Landsat 8	LC08_L1TP_222075_20200925_20201006_02_T1
2024	31/05	Landsat 8	LC08_L1TP_222075_20240531_20240611_02_T1

Fonte: Elaborada pela autora

Para o processamento das imagens foi utilizado o software SPRING 5.5.6 (CAMARA et al., 1996). A fim de garantir a melhor identificação dos componentes da imagem importada, foi utilizada a composição de cores RGB com o contraste ajustado.

A aplicação de composições RGB e contrastes foram utilizados para obter dois tipos de mapas:

- um mapa com aspecto natural e;
- um mapa com cores falsas para realçar e auxiliar na diferenciação dos elementos (utilizando a banda infravermelho).

Para a elaboração dos mapas finais de uso e ocupação do solo, foram usadas como base as imagens com falsa cor (infravermelho), enquanto as imagens com o aspecto natural tiveram uma função de apoio na identificação dos elementos que compõem as imagens.

Abaixo, na Tabela 2, seguem as composições utilizadas para gerar as imagens:

Tabela 2 - Composições RGB: Landsat 5 e 8

Satélite	Composição
Landsat 5	Cores naturais Vermelho (R) - Banda 3 Verde (G) - Banda 2 Azul (B) - Banda 1 Cores falsas: Vermelho (R) - Banda 3 Verde (G) - Banda 4 Azul (B) - Banda 2
Landsat 8	Cores naturais Vermelho (R) - Banda 4 Verde (G) - Banda 3 Azul (B) - Banda 2 Cores falsas: Vermelho (R) - Banda 4 Verde (G) - Banda 5 Azul (B) - Banda 3

fonte: Elaborado pela autora

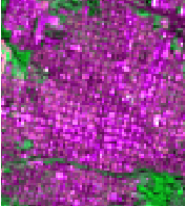
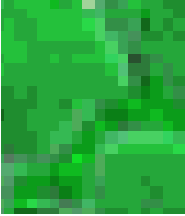
O processo de classificação de imagens foi realizado pela classificação "pixel a pixel", que consiste no treinamento do software pela coleta de pixels associados a uma classe para, posteriormente, utilizar as estatísticas do treinamento para atribuir determinado pixel para a classe de maior probabilidade.

Para a análise e definição das classes temáticas, usa-se o conceito de chave de interpretação de imagem.

A chave de interpretação consiste na análise visual de elementos presentes na imagem como tonalidade, cor, textura, forma, tamanho, padrão, etc. Essas características direcionam o processo de amostragem e treinamento do software que determinarão as categorias temáticas da imagem.

No Quadro 2 estão dispostas as chaves de identificação e respectivas classes de uso e ocupação do solo considerados no estudo.

Quadro 2 – Chaves de Interpretação e classes de uso e ocupação

Landsat: Ajuste em Cor Natural [B1(B), B2(G), B3(R)]	Landsat: Ajuste em Cor Falsa [B2(B), B3(R), B4(G)]	Classe	Chave de Interpretação	Cor
		Área Urbana	Forte presença de texturas e variação de cores, nas cores naturais elas variam em tons claros como branco, cinza e tons terrosos, já nas cores realçadas, elas variam em pontos claros como branco e tons de roxo bem saturados, sua forma é irregular.	
		Solo Exposto	Variação de tons terrosos nas cores naturais e tons de lilás nas cores realçadas, com textura lisa e uniforme, localizado próximo de áreas rurais.	
		Vegetação Rasteira	Tons verde claro em ambas as imagens com presença de regiões em lilás nas cores realçadas, de textura regular, representa áreas com menor volume de vegetação por se tratarem de áreas desmatadas e por muitas vezes com o solo quase exposto.	
		Vegetação Intermediária	Tons de verde um pouco mais escuros nas cores naturais e um verde mais fluorescente nas cores realçadas, representa a presença de vegetação em densidade intermediária como áreas de reflorestamento e locais onde o desmatamento não foi tão intenso.	
		Vegetação Densa	Verde escuro ou preto com textura homogênea nas cores naturais e verde escuro com texturas rugosas nas cores realçadas, em maioria por se tratar de vegetação natural ou ciliar possui volume maior de vegetação.	

Fonte: Elaborada pela autora

Feito o treinamento, foi realizada a classificação MAXVER - máxima verossimilhança, com limiar de aceitação de 99%.

Para a correção de eventuais inconsistências no processo realizado a partir do treinamento do software, foram feitas as modificações pertinentes de forma manual com ferramentas de edição matricial, o processo consistiu na comparação entre a classificação obtida e as áreas reais mostradas na imagem de satélite ajustadas para as cores naturais.

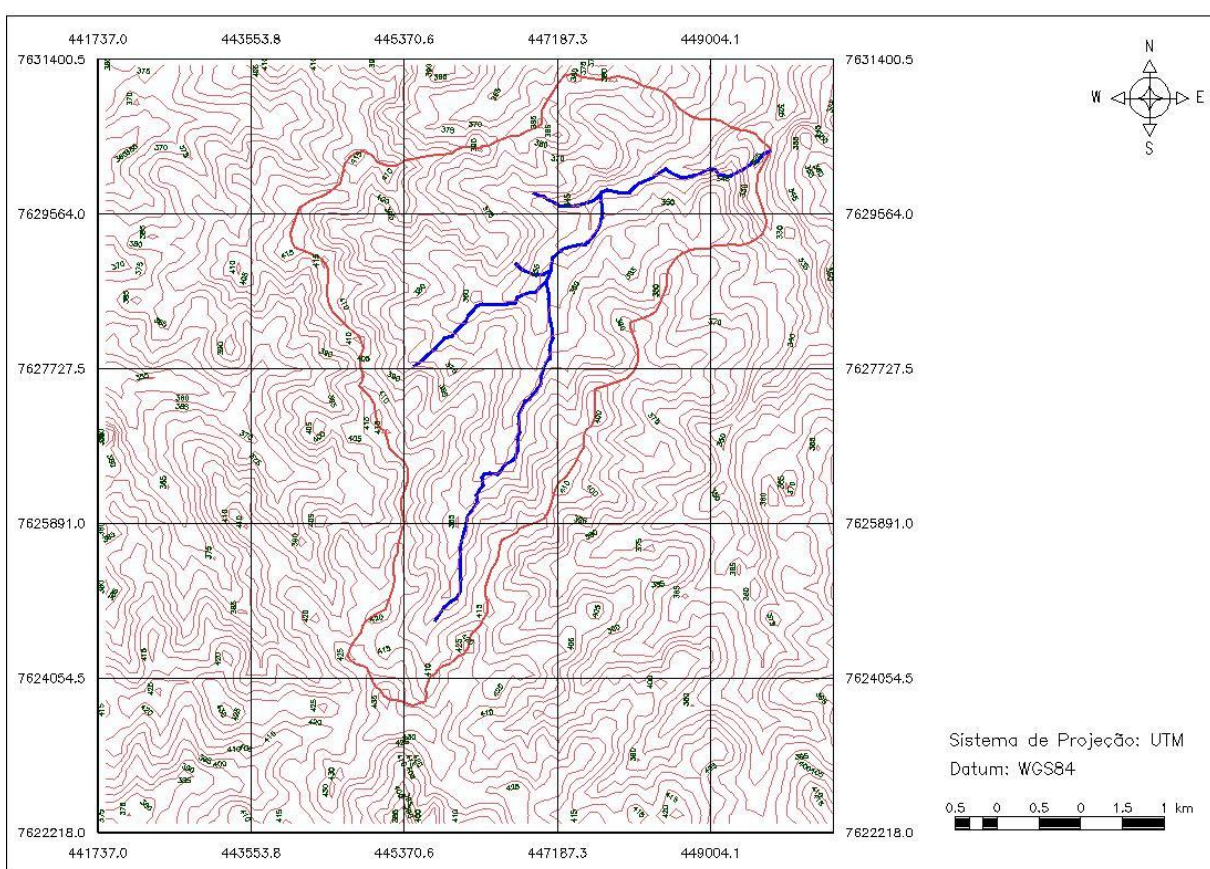
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Conforme apresentado na Figura 5, a microbacia do córrego da Água Sumida foi delimitada com base nas curvas de nível extraídas das imagens.

O traçado da bacia e sua delimitação foram realizados utilizando ferramentas de edição vetorial.

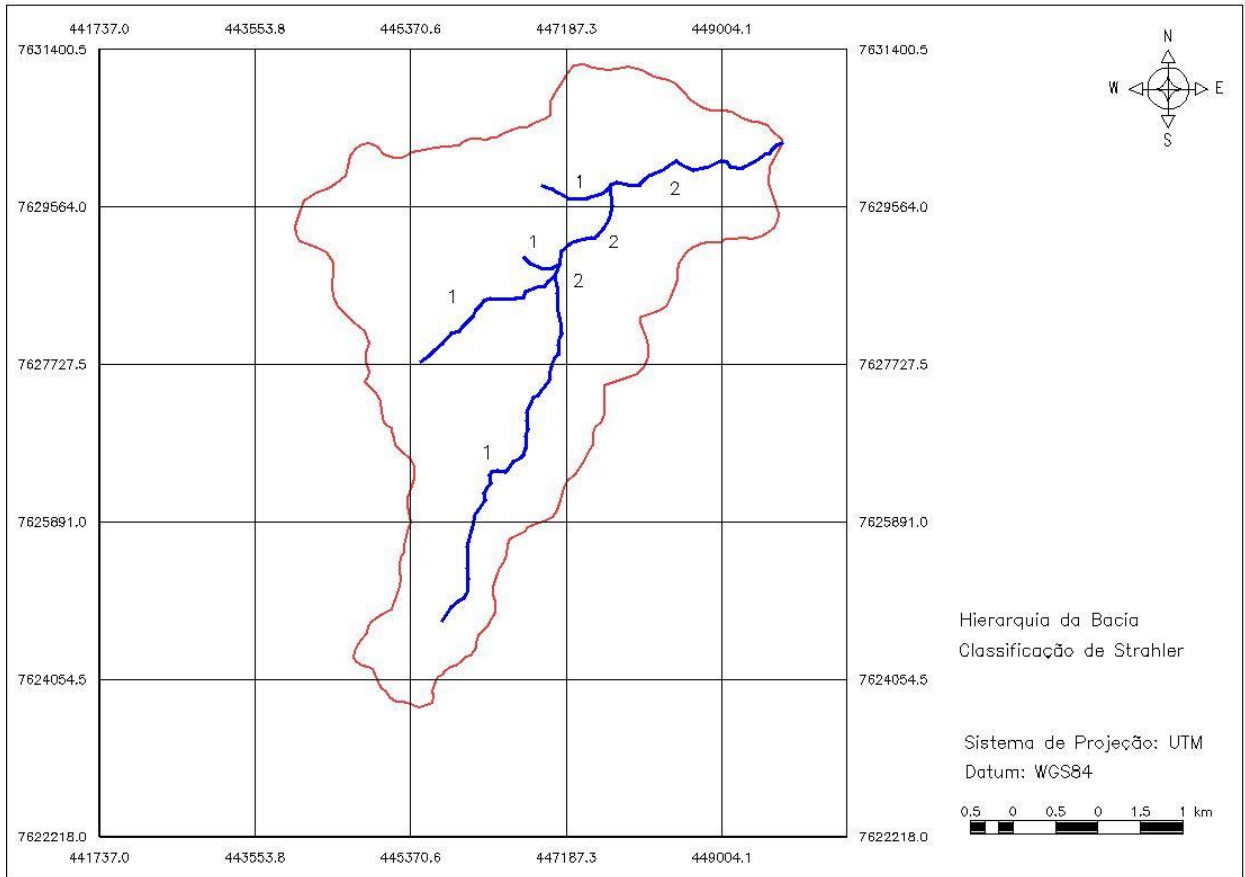
Figura 5 - Delimitação da Microbacia pelas curvas de nível



Fonte: elaborado pela autora

A partir da classificação de Strahler, é definida a hierarquia dos cursos d'água, conforme apresentado na Figura 6.

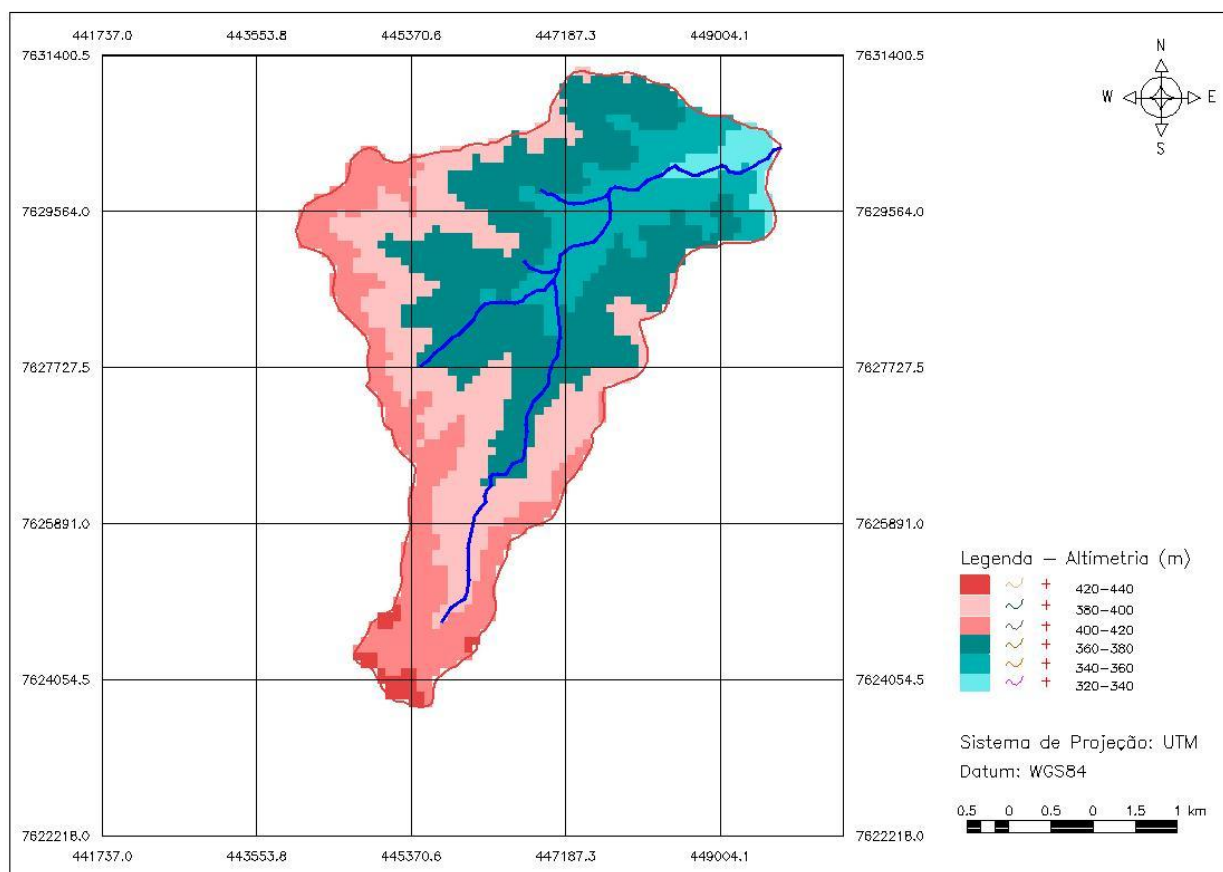
Figura 6 - Hierarquia dos cursos d'água



Fonte: Elaborado pela autora

A partir das informações de nível e da execução de operações na categoria MNT, foi gerado um mapa altimétrico como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Mapa altimétrico da Microbacia (valores em metros)

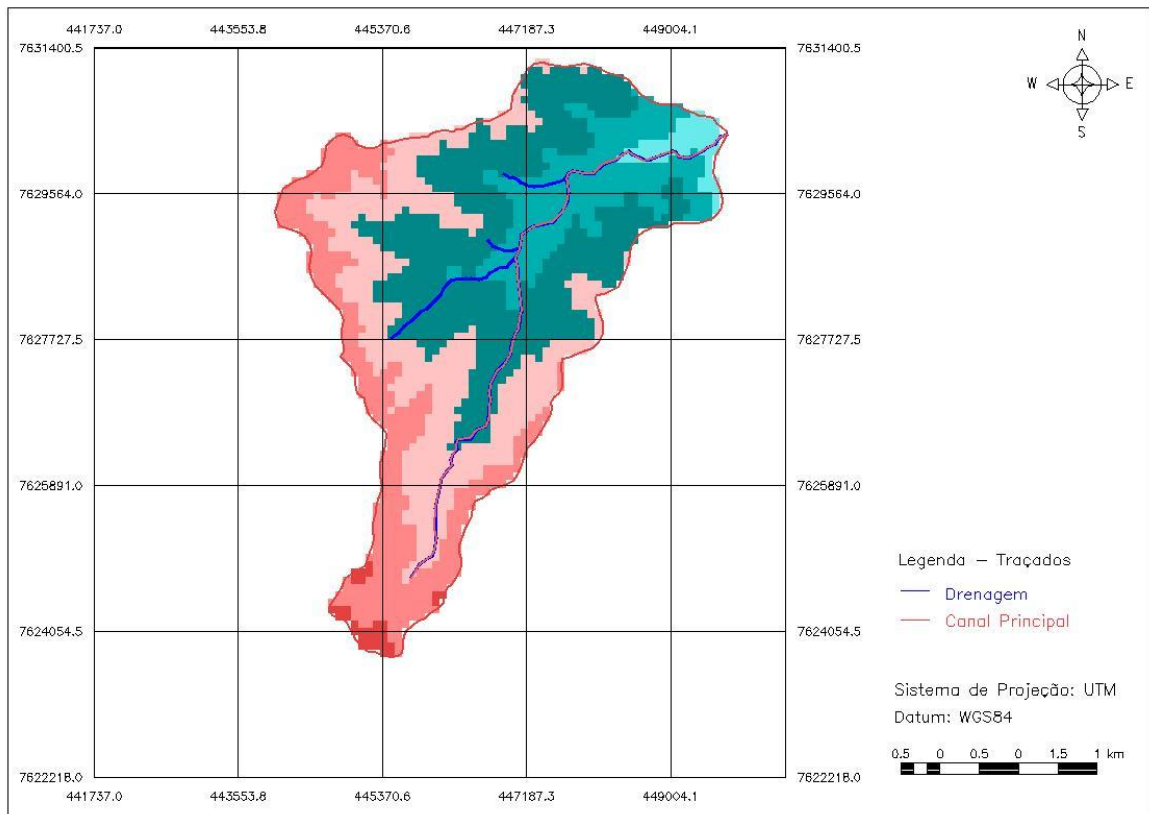


Fonte: Elaborado pela autora

Foi traçado o canal principal da microbacia para obter o perfil longitudinal tanto do canal em sua totalidade quanto do trecho a partir do qual se inicia a área de urbanização do município.

A Figura 8 apresenta o traçado do canal principal.

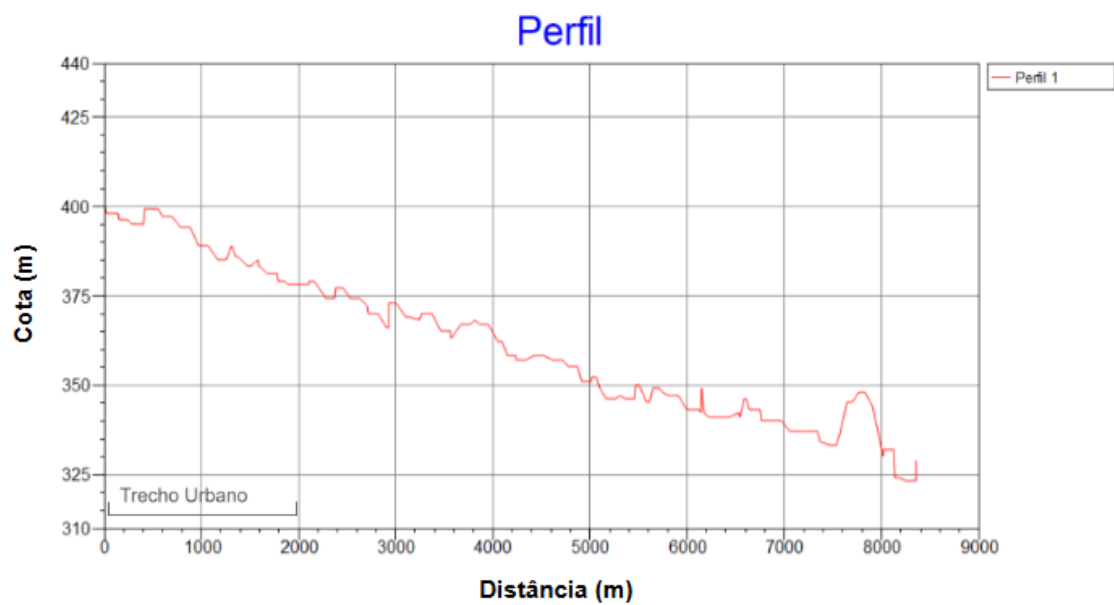
Figura 8 - Traçado do Canal Principal



Fonte: Elaborado pela autora

Desse modo, na Figura 9 é apresentado o perfil longitudinal do córrego e o trecho referente à extensão do canal que está situado em área urbana .

Figura 9 - Perfil Longitudinal do Canal Principal



Fonte: Elaborado pela autora

A análise dos materiais apresentados, possibilitou a extração dos parâmetros expostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros Morfométricos da Microbacia

Item	Parâmetros	Equação	Resultado	Características
A	Perímetro da Bacia (P)	-	23 Km	-
B	Área da Bacia (A)	-	19,62 km ²	-
C	Comprimento axial da Bacia (L)	-	7,57 km	-
D	Amplitude Altimétrica da Bacia (H')	-	112 m	-
E	Amplitude Altimétrica do canal principal (H)	-	77 m	-
F	Número de Canais (Nt)	-	7	-
G	Hierarquia da Bacia	-	2	-
H	Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	-	11,58 km	-
I	Comprimento do canal principal (Lp)	-	8,27 km	-

Fonte: Elaborado pela autora

Partindo dos parâmetros extraídos, são obtidos os índices apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Índices Morfométricos da Microbacia

Item	Parâmetros	Equação	Resultado	Características
1	Índice de Circularidade - Ic	$\frac{12,57 * A}{p^2}$	0,47	Representa a aproximação da área da bacia a um círculo. Quanto maior for a circularidade, maiores serão as possibilidades de ocorrência de inundação
2	Índice de Compacidade - Kc	$\frac{0,28 * p}{\sqrt{A}}$	1,45	1,00 – 1,25 = alta 1,25 – 1,50 = média > 1,50 = baixa
3	Fator de conformação – Fc (Fator Forma - Kf)	$\frac{A}{L^2}$	0,34	≥ 0,75 = alta 0,75 – 0,50 = média ≤ 0,50 = baixa
4	Densidade de drenagem – Dd	$\frac{Lt}{A}$	0,59	<5,0 km/km² = baixa 5,0 – 13,5 km/km² = média 13,5 – 155,5 km/km² = alta
5	Índice de sinuosidade - Is (%)	$\frac{100*(L-Lp)}{L}$	9,25%	≤ 20% = canal muito reto 20% - 30% = canal reto 30% - 40% = canal divagante ≥ 40% = canal sinuoso
6	Densidade Hidrográfica - Dh	$\frac{Nt}{A}$	0,20 <i>canais/km²</i>	Alta <2,0 canais/km² Moderada 2,0-4,0 baixa >4,0
7	Coefficiente de manutenção - Cm	$\frac{1}{Dd*1000}$	0,002	adimensional
8	Gradiente do Canal (Gc)	$\frac{H}{Lp}$	9,31 <i>m/Km</i>	baixo <5m/km médio 5 - 10 alto > 10
9	Índice de Rugosidade (IR)	$\frac{H'}{Dd}$	189,76	adimensional
10	Taxa de Relevo (Tr)	$\frac{H'}{L}$	14,80 <i>m/Km</i>	baixo <5m/km médio 5 - 20 alto > 20

Fonte: Elaborado pela autora

Estudando os dados extraídos, é possível descrever e analisar as características e comportamentos da bacia.

O Córrego da Água Sumida tem extensão aproximada de 8,27 km e é um afluente do Rio Aguapeí, desaguando no Ribeirão Nova Palmeira a uma altitude 323 m acima do nível do mar. O canal segue um gradiente natural em direção à área de menor altitude vide mapa altimétrico (Figura 7).

A declividade ao longo de sua extensão é relativamente moderada, mas apresenta sobressaltos em alguns pontos, como é o caso do trecho final do canal principal, próximo ao marco dos 8000 metros, onde há um aumento repentino da cota seguido de uma queda acentuada. Esses trechos de declividade elevada demandam maior atenção por se tratarem de potenciais zonas de erosão,

O trecho inicial do canal (0-2000 metros), situado na área de urbanização do município, apresenta forte declividade e pequenas quedas, o que contribui para uma alta velocidade do fluxo. Essa condição intensifica o potencial erosivo e pode comprometer a estabilidade das margens do canal.

Esses fatores devem ser alvo de atenção pois o solo da região é composto de arenitos finos à muito finos que apresentam alta suscetibilidade à erosão como apontado por Facuri (2016) .

A partir da análise dos índices morfométricos obtidos pelos parâmetros da bacia, tem-se as seguintes relações:

- Índice de Circularidade (I_c): O valor de 0,47 indica um formato moderadamente alongado, favorecendo o escoamento. Quanto mais próximo o índice for de 1, mais circular e propensa a inundações é a bacia.
- Coeficiente de Compacidade (K_c): Com um valor de 1,45 (dentro do intervalo de 1,25 e 1,50), sugere uma tendência mediana a enchentes, de acordo com Lima et al. (2013).
- Fator de Conformação (F_c): O valor de 0,26 indica baixa tendência à ocorrência de enchentes, pois sugere escoamentos mais longos. De acordo com Lima et al. (2013), que classifica o fator de forma em diferentes intervalos, valores inferiores a 0,50 caracterizam bacias não sujeitas a enchentes.

- Densidade de Drenagem (Dd): O valor de 0,59 km/km² aponta uma baixa capacidade de drenagem, com infiltração predominante.
- Índice de Sinuosidade (Is): Com valor de 9,25%, indica um canal principal muito reto ($\leq 20\%$) favorecendo maiores velocidades de escoamento.
- Densidade Hidrográfica (Dh): O valor de 0,20 canais/km², classificado como alta ($< 2,0$ canais/km²), sugere um número adequado de canais para a drenagem.
- Coeficiente de Manutenção (Cm): O valor irrisório de 0,002 aponta uma baixa necessidade de manutenção, pois a drenagem natural geral da bacia é eficiente. De acordo com Machado et al. (2011) o coeficiente de manutenção permite avaliar o risco de disponibilidade hídrica da bacia.
- Gradiente do Canal (Gc): O valor de 9,31 m/km indica um relevo acidentado que favorece o escoamento rápido da água.
- Índice de Rugosidade (IR): O alto valor de 189,76 sugere um relevo irregular, que pode influenciar a velocidade do escoamento superficial. De acordo com Machado et al. (2011), o índice evidencia maior movimento de relevo, assim, quanto maior o índice, maiores as restrições quanto às possibilidades de uso.
- Taxa de Relevo (Tr): o valor de 14,80 m/km indica um relevo relativamente elevado, contribuindo para a maior velocidade do escoamento.

Em suma, a análise morfométrica da microbacia do Córrego da Água Sumida revela que a bacia possui formato alongado, baixa densidade de drenagem e relevo acidentado. Suas características indicam baixa propensão a enchentes rápidas, mas possui escoamento acelerado por consequência da inclinação do terreno. Ademais, os índices analisados demonstram que a bacia possui drenagem eficiente com boa capacidade de infiltração.

De acordo com Santos et al. (2016), o processo de urbanização leva a alterações significativas no escoamento superficial como consequência da impermeabilização do solo, gerando maiores picos de vazão principalmente em situação de extrema pluviosidade. Essa condição promove um maior processo erosivo das margens ocasionando o assoreamento do canal. Uma vez assoreado, a capacidade de armazenamento do canal diminui, tornando-o mais suscetível a enchentes e inundações quando associado ao aumento do escoamento superficial.

Dessa forma, a ocorrência de movimentação de massas e enchentes no trecho da microbacia estudada situada em zona urbana, pode ser relacionada a urbanização e má gestão dos recursos da bacia junto das condições naturais da bacia que propiciam um escoamento rápido que propiciam processos erosivos.

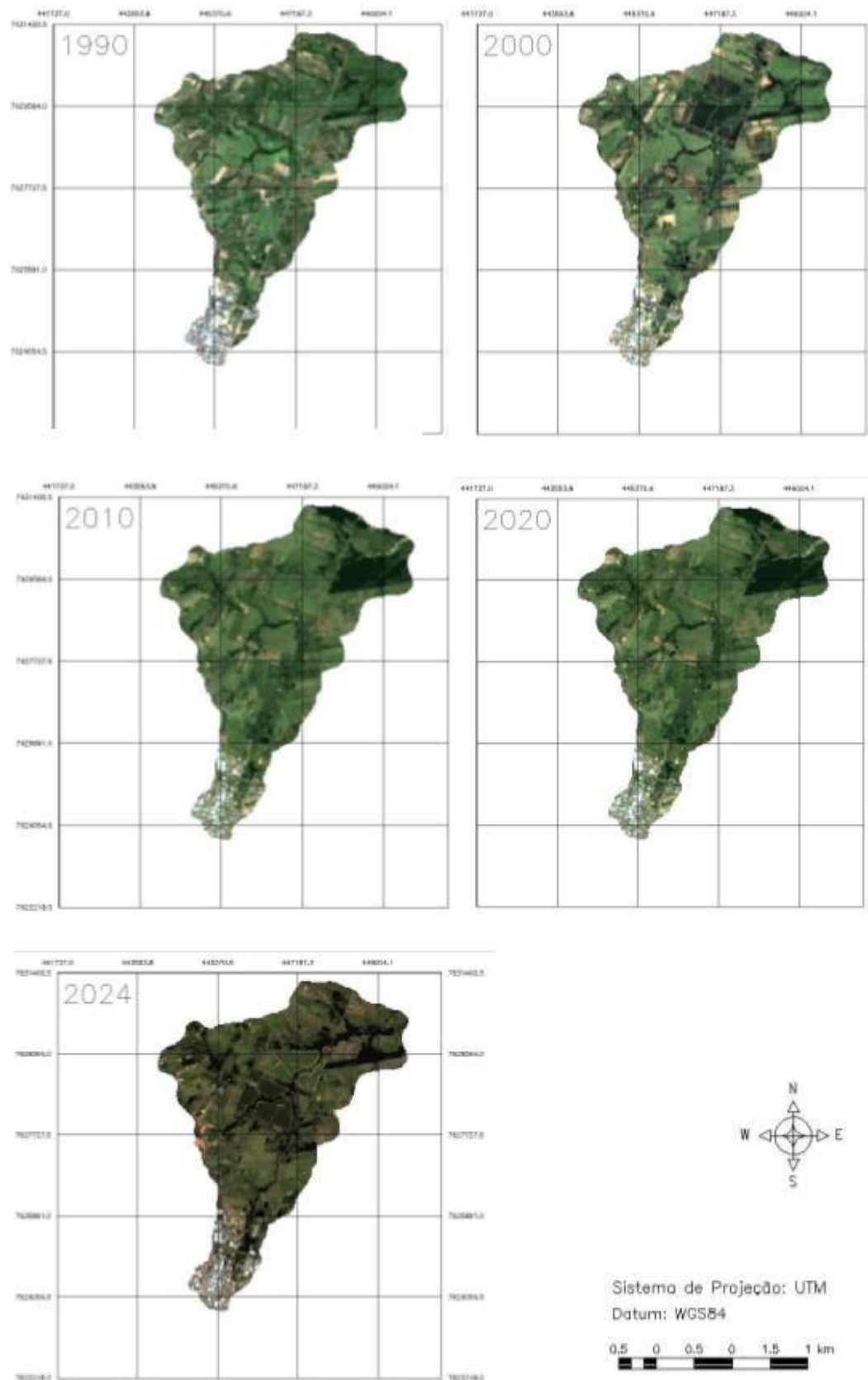
5.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Devido ao intenso processo de urbanização ocorrido na região da bacia ao longo dos anos, buscou-se quantificar essa transformação para auxiliar na identificação de possíveis mudanças em suas características naturais. Esse levantamento também visa avaliar se o planejamento urbano adotado pela cidade é adequado no que se refere às condições de drenagem urbana.

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo, foram desenvolvidas duas versões de mapas base: uma com cores mais próximas das naturais e outra com ajustes cromáticos para realçar elementos e facilitar sua identificação.

A Figura 10 apresenta os mapas elaborados em cores próximas às naturais.

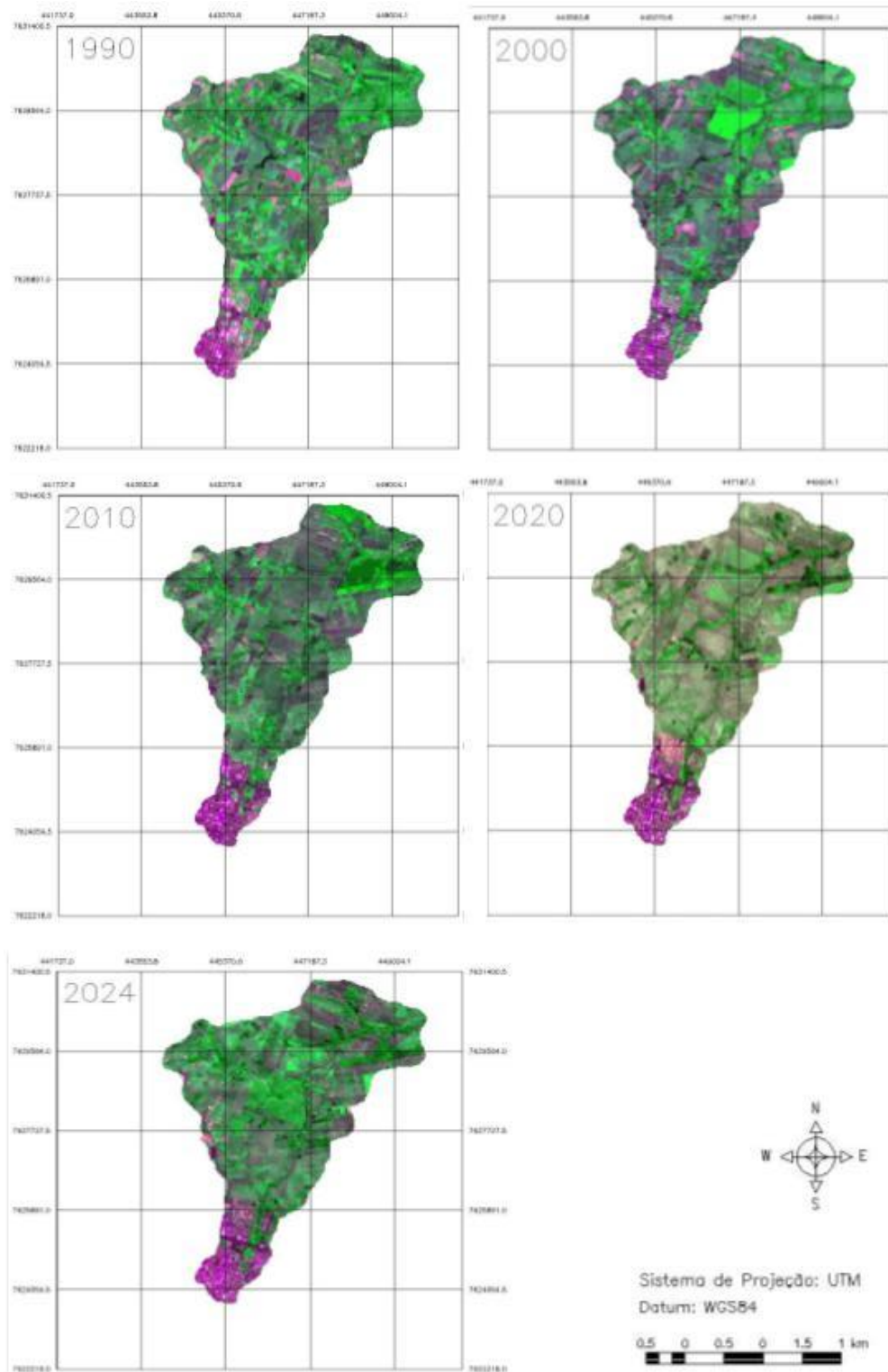
Figura 10 - Mapas em cores naturais [B1(B), B2(G), B3(R)]: período de 1990 à 2024.



Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 11 apresenta os mapas elaborados em falsa cor que foram utilizados como base para a elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo.

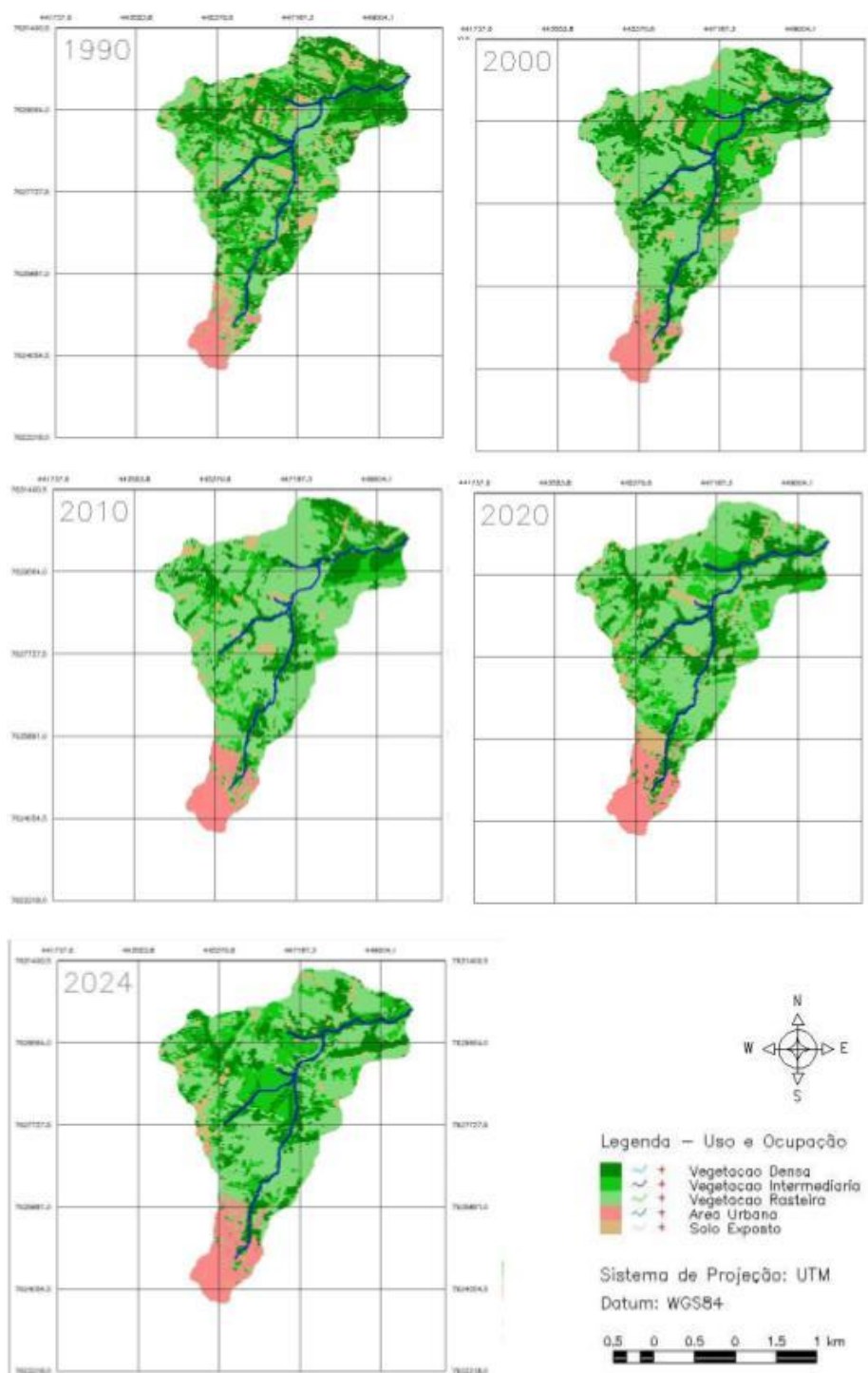
Figura 11 - Mapas em falsa cor com uso de banda infravermelho [B2(B), B3(R), B4(G)]: período de 1990 à 2024.



Fonte: Elaborado pela autora

Adotou-se uma classificação com cinco grupos diferentes baseado em suas características de permeabilidade, sendo: área urbana, solo exposto, vegetação rasteira, vegetação intermediária e vegetação densa. Na Figura 12, apresenta-se o resultado da classificação para os anos de 1990, 2000, 2010, 2020 e 2024.

Figura 12 - Mapas de uso e ocupação do solo no período de 1990 à 2024



Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 5 apresenta uma estimativa da variação do uso e ocupação do solo ao longo do período de estudo.

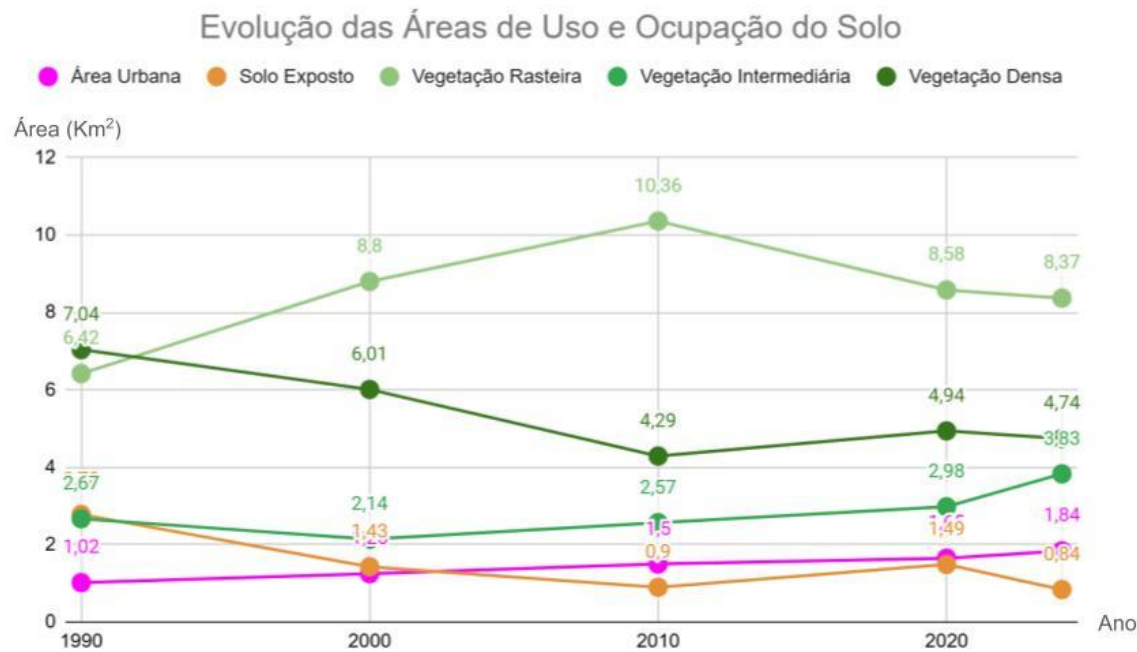
Tabela 5 - Uso e ocupação do solo da região no período de 1990 à 2024

Classe	Área (km²)					Variação Percentual (%)				
	1990	2000	2010	2020	2024	1990 2000	2000 2010	2010 2020	2020 2024	1990 2024
Área Urbana	1,02	1,25	1,50	1,65	1,84	22,55	20,00	10,00	11,51	80,39
Solo Exposto	2,78	1,43	0,90	1,49	0,84	-48,56	-37,06	65,56	-43,62	-69,78
Vegetação Rasteira	6,42	8,80	10,36	8,58	8,37	37,07	17,73	-17,18	-2,45	30,37
Vegetação Intermediária	2,67	2,14	2,57	2,98	3,83	-19,85	20,09	15,95	28,52	43,45
Vegetação Densa	7,04	6,01	4,29	4,94	4,74	-14,63	-28,62	15,15	-4,05	-32,67

Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 13 dispõe da representação gráfica da evolução das classes de uso e ocupação do solo entre 1990 e 2024.

Figura 13 - Gráfico da evolução das classes de Uso e Ocupação do Solo



Fonte: Elaborado pela autora

A análise do uso e ocupação do solo na micro-bacia da Água Sumida revela mudanças expressivas entre 1990 e 2024. As variações registradas refletem as dinâmicas socioeconômicas e ambientais que o município apresentou no período de estudo.

A área urbana apresentou expansão de 1,02 km² em 1990 para 1,84 km² em 2024, um aumento de 80,39% devido ao crescimento populacional e consequente aumento do desenvolvimento da infraestrutura urbana.

As áreas de solo exposto, sofreram com uma redução de 69,78%, isso pode ser explicado pela sua conversão para outros usos, como revegetação e principalmente urbanização.

Já as áreas de vegetação rasteira e intermediária aumentaram em 30,37% e 43,45%, respectivamente, sugerindo recuperação de áreas degradadas e conversão do solo para uso agrícola.

Em contrapartida, as áreas de vegetação densa diminuíram 32,67%, refletindo pressões antrópicas, especialmente a expansão urbana e agrícola sem um devido planejamento para a conservação de vegetação nativa e ciliar.

Fica evidente os efeitos da urbanização na forma de uso do solo na microbacia. Em 2022 a população de Dracena era de 45.474 habitantes apresentando densidade demográfica de 93,24 hab/km² (IBGE, 2024) enquanto que, na estimativa de 1992, a população estimada de Dracena era de 39.972 habitantes (IBGE, 2024). O crescimento urbano da cidade está fortemente atrelado à economia agrícola, com foco na cafeicultura até a década de 1980 e à expansão da monocultura de cana-de-açúcar a partir da década de 2000 (LELIS e HESPANHOL, 2013). Esse setor impulsionou a urbanização, tornando os principais distritos (Jamaica e Jaciporã) em centros residenciais. Ainda, investimentos em infraestrutura e serviços urbanos contribuíram para a expansão da cidade (ANTUNES e HESPANHOL, 2018).

Em suma, a expansão urbana na microbacia, evidente pelo aumento da área urbana e pela redução da vegetação densa, impacta negativamente as condições de drenagem natural. A impermeabilização do solo consequente da urbanização intensifica o escoamento superficial, aumentando o risco de enchentes e erosão como já presenciado na região.

Na figura 14 está representada graficamente um comparativo da porcentagem de áreas permeáveis e impermeáveis ao longo dos anos, foi considerada como área permeável às áreas de vegetação e solo exposto enquanto que às áreas impermeáveis contemplas às

áreas urbanas, os gráficos permitem analisar a evolução da permeabilidade do solo no período estudado.

Figura 14 - Representação gráfica da evolução das áreas permeáveis



Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados fazem paralelo com os estudos desenvolvidos por Sousa (2021) na Bacia Hidrográfica do Rio Anhangabaú que verificou que os índices morfométricos não apontaram uma tendência natural a inundações, e as ocorrências de alagamentos estão associadas majoritariamente às ações antrópicas. A microbacia da Água Sumida em Dracena possui aspectos naturais como o relevo e propensão à erosão que podem favorecer a ocorrência de alagamentos, mas a motivação principal do fenômeno é principalmente em decorrência da forma de uso do solo da região.

O planejamento urbano de Dracena deve sempre atentar-se na intensificação de medidas de gestão sustentável da bacia hidrográfica a fim de mitigar os efeitos negativos da urbanização e preservar os recursos hídricos.

Nesse contexto, o Município de Dracena apresentou 3 atividades marcos quanto às providências tomadas a fim de melhorar o gerenciamento e planejamento urbano aliado à prevenção ambiental.

O Plano Diretor de Dracena, instituído pela Lei Complementar nº 291/2008 (PREFEITURA MUNICIPAL DE DRACENA, 2008), visa estabelecer o desenvolvimento ordenado do município, promovendo o uso sustentável do solo com enfoque na qualidade de vida da população.

Em 2023, a câmara aprovou alterações nos mapas 8 e 23 do Plano Diretor indicando esforços para aprimorar a gestão territorial e ambiental, foram alterados os anexos do Plano referentes ao zoneamento urbano e das diretrizes de uso e ocupação do solo.

No mesmo ano, foi sancionada a lei nº 5004/2023 (PREFEITURA MUNICIPAL DE DRACENA, 2023) que dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelecendo diretrizes mais rígidas para atividades poluidoras principalmente no uso do solo e dos recursos hídricos do município. A atenção voltada para a sustentabilidade nesse período pode explicar a expansão de áreas de vegetação entre 2020 e 2024.

Para garantir um crescimento equilibrado, é fundamental alinhar desenvolvimento e preservação, assegurando um futuro sustentável para Dracena por meio de políticas integradas de planejamento urbano e conservação ambiental.

Ainda, é necessário que os gestores municipais promovam um planejamento urbano integrado contemplando o crescimento populacional, a preservação ambiental e a qualidade de vida dos habitantes. Isso inclui o fortalecimento das políticas de conservação, com a preservação de áreas verdes e incentivo ao reflorestamento, bem como o fomento à infraestrutura sustentável. A atualização contínua do Plano Diretor e aplicação de políticas públicas eficazes, podem garantir um desenvolvimento sustentável nos próximos anos.

A expansão urbana tende a ocorrer no sentido norte da bacia, onde há maior disponibilidade de terrenos e menor densidade populacional. No entanto, a ocupação dessas áreas deve ser cuidadosamente planejada, para minimizar impactos ambientais e otimizar a oferta de serviços públicos, priorizando áreas com infraestrutura consolidada e evitando a degradação de regiões sensíveis.

6. CONCLUSÃO

A realização dos estudos dos parâmetros morfométricos e uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego da Água Sumida foi possível pela aplicação de técnicas de geoprocessamento através do software SPRING, além de imagens dos satélites LANDSAT 5 e 8. Esses recursos se revelam como ferramentas de grande potencial no planejamento urbano principalmente ao considerar a disponibilidade de materiais e seu fácil acesso.

A análise morfométrica e do uso e ocupação do solo permitiu compreender as dinâmicas hidrológicas e ambientais da região, bem como os impactos do crescimento urbano.

Os resultados obtidos pela análise morfométrica evidenciam que a bacia apresenta um formato alongado, baixa densidade de drenagem e um relevo acidentado, favorecendo um escoamento rápido. Os índices demonstram que, apesar de sua boa capacidade de infiltração, a bacia está sujeita a processos erosivos devido às altas declividades e à sinuosidade reduzida do canal principal, aumentando a velocidade do escoamento. Os trechos urbanos do córrego, nos primeiros 2000 metros do canal, apresentam riscos de erosão e assoreamento, intensificados pela urbanização desordenada e pela impermeabilização do solo.

Pelo estudo do uso e ocupação do solo, a expansão da área urbana registrada em 80,39% e a redução de 32,67% das áreas de vegetação densa entre 1990 e 2024, reflete as transformações que afetam a capacidade de infiltração do solo e comprometem a estabilidade das margens do córrego. O aumento da vegetação rasteira e intermediária sugere uma tendência de recuperação de áreas degradadas, mas a conversão de solo exposto para superfícies impermeáveis ressalta a necessidade de um planejamento urbano mais eficaz e sustentável.

A análise histórica revela que o crescimento urbano de Dracena está relacionado às atividades econômicas predominantes, inicialmente voltadas à cafeicultura e posteriormente à expansão da monocultura de cana-de-açúcar. Esse desenvolvimento impulsionou a urbanização, alterando significativamente o uso e a ocupação do solo na microbacia. Apesar de recentes iniciativas de legislação ambiental, como a atualização do Plano Diretor e a implantação de diretrizes mais rígidas de licenciamento ambiental, a gestão territorial ainda enfrenta desafios na manutenção do crescimento urbano e preservação ambiental.

Portanto, é fundamental que os gestores municipais adotem estratégias de planejamento urbano, buscando o equilíbrio entre a expansão da cidade com a conservação

dos recursos naturais. Medidas como a ampliação de áreas verdes, o incentivo ao reflorestamento são essenciais para minimizar impactos ambientais. Além disso, a atualização constante do Plano Diretor e a implementação de políticas públicas eficazes são imprescindíveis para garantir um desenvolvimento urbano equilibrado e sustentável para Dracena nos próximos anos.

7. REFERÊNCIAS

- BENATTI, D. P.; TONELLO, K. C.; LEITE, E. C.; FARIA, L. C. **Morfometria e uso e cobertura de uma microbacia no município de Sete Barras, São Paulo**. Irriga, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 21-32, 2015.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2005.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- DPI/INPE. **Tutorial de Geoprocessamento - Introdução ao Geoprocessamento**, 2006. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html. Acesso em: 28 mar. 2025.
- ECOSBIO. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**, v. 2, 2013.
- FACURI, G. G. SIMILARIDADES NA SETORIZAÇÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS DOS MUNICÍPIOS DE DRACENA, PARAPUÃ E CAFELÂNDIA, SP, São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 35, n. 3, p.405-413, 2016.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. ed. Oficina de Textos, 2011.
- IBGE. **Cidades e Estados - Dracena**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/dracena.html>. Acesso em: 16 abr. 2024.
- LELIS, L. R. M.; HESPANHOL, R. A. M. Dinâmica agropecuária do município de Dracena – SP: da cafeicultura à cana-de-açúcar. **Geografia em Questão**, v. 6, n. 2, p. 181-198, 2013.
- LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; FREITAS, D. A. F. Estimativa do potencial de recarga na sub-bacia das Posses, Extrema (MG), em função dos atributos fisiográficos, pedológicos e topográficos. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 32, n. 1, p. 51-62, 2013.
- MACHADO, R. A. S.; LOBÃO, J. S. B; VALE, R. M. C.; SOUZA, A. P. M. J. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte à definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011. INPE, p. 1441, 2011.
- MANOSSO, F. C. **Parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas situadas sobre a Formação Serra Geral, estado do Paraná, Brasil**. 2020. Tese (Doutorado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão.
- MENEZES, J. P. C.; FRANCO, C. S.; OLIVEIRA, L. F. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; FIA, R. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 4, 2014.

PISSARA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; POLITANO, W.; GALBIATT, J. A. Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 4, p. 669-676, 2010.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. **Gestão de bacias hidrográficas**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE DRACENA. **Lei Complementar nº 291, de 4 de junho de 2008. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Dracena e dá outras providências**. Disponível em: https://www.dracena.sp.gov.br/portal/leis_decretos/11819/. Acesso em: 28 mar. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE DRACENA. **Lei nº 5004, de 24 de janeiro de 2023. Dispõe sobre o licenciamento ambiental no âmbito do Município de Dracena e dá outras providências**. Disponível em: https://www.dracena.sp.gov.br/portal/leis_decretos/15348/. Acesso em: 28 mar. 2025.

PRESTES, F. S. T.; LOPES, G. S.; SACRAMENTO, I. C. C. **Análise do uso e ocupação do solo: uma caracterização histórica a partir das geotecnologias**. Centro Universitário Jorge Amado, Salvador, Bahia, Brasil, 2018.

ROSA, R. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

SANTOS, C. L. Impactos da urbanização em bacias hidrográficas: o caso da bacia do Rio Jaguaribe, cidade de João Pessoa/PB. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 2, p. 1025–1033, 2016. DOI: 10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10565. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10565>. Acesso em: 28 mar. 2025.

SANTOS, V. S.; MENEZES, D. J.; ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. **Uso dos parâmetros morfométricos na bacia hidrográfica do Rio Jaguari/RS em estudos geoambientais**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, T. M.; PAES, T. V. Parâmetros morfométricos aplicados à análise tectonoerosiva em bacias de drenagem. **Geo UERJ**, n. 33, 2018.

SOUSA, H. F. **Evolução da ocupação urbana e da morfometria na Bacia Hidrográfica do Rio Anhangabaú (São Paulo - SP) entre os anos de 1930 e 2020**. Trabalho de Graduação Individual (TGI). São Paulo, 2021.

USGS - U.S. GEOLOGICAL SURVEY. **EarthExplorer**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 28 mar. 2025.

VM ENGENHARIA. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Dracena, SP**. São Paulo: Prefeitura Municipal de Dracena, 2020.