

Universidade Federal
de São João del-Rei

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ISADORA QUEIROZ RIBEIRO LEITE

PROCESSOS HIDRO-EROSIVOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NA BACIA DO CÓRREGO MARACANÃ: UMA ANÁLISE DA SUB-BACIA DO ALTO CÓRREGO DOS CABRAIS EM OLIVEIRA (MG).

São João del-Rei
junho de 2025.

Universidade Federal
de São João del-Rei

PROCESSOS HIDRO-EROSIVOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NA BACIA DO CÓRREGO MARACANÃ: UMA ANÁLISE DA SUB-BACIA DO ALTO CÓRREGO DOS CABRAIS EM OLIVEIRA (MG).

Isadora Queiroz Ribeiro Leite

Defesa de trabalho de conclusão de curso apresentado no Departamento de Graduação em Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito à obtenção do título de bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. André Batista de Negreiros.

São João del-Rei

Julho de 2025

"A única maneira de conseguir o que você quer neste mundo é através do trabalho duro."

A princesa e o sapo, Disney, 2009.

DEDICATÓRIA:

A Deus, fonte de toda a força, sabedoria e luz, meu agradecimento mais profundo. Foi em Ti que encontrei consolo nos momentos de cansaço, direção quando tudo parecia incerto e coragem para seguir. Cada conquista desta jornada é reflexo da tua presença silenciosa, porém constante, ao meu lado. Sem a tua graça, nada disso seria possível. Ao meu pai, Rodrigo Guimarães Leite, que me ensinou, com o exemplo, o valor da responsabilidade e da honestidade. Obrigada por sempre estar presente, mesmo nos momentos em que as palavras eram poucas, mas o apoio era imenso. A sua força silenciosa me guiou mais do que você imagina. À minha mãe, Roberta Queiroz Ribeiro Leite, mulher de garra e coração gigante. A sua sensibilidade, coragem e fé foram faróis nos meus dias mais escuros. Você sempre acreditou em mim, mesmo quando nem eu acreditava. Tudo o que sou carrega um pedaço do seu amor. Ao meu avô, Paulo Santos Leite, que plantou em mim o amor pelo conhecimento e a admiração por quem dedica a vida à sabedoria. O seu exemplo de vida foi minha maior inspiração. Este trabalho também é seu, porque foi sua curiosidade e paixão pelo saber que um dia despertaram a minha. À minha avó, Beatriz Queiroz Ribeiro de Freitas e ao meu avô, José Fernando Ribeiro de Freitas, que com a sua sabedoria simples, gestos de carinho e palavras sempre acolhedoras, foram alicerces silenciosos na minha vida. A presença de vocês me ensinou sobre amor incondicional, sobre fé nos dias difíceis e sobre o valor das raízes. Cada conquista minha também é reflexo do amor e dos valores que vocês me passaram. À minha querida avó Cláudia Guimarães Leite (in memoriam), que mesmo não estando mais fisicamente entre nós, permanece viva em cada lembrança, em cada conselho que ecoa no meu coração. A sua ausência é sentida todos os dias, mas o amor que deixou é eterno. Levo comigo a força do seu exemplo, a doçura do seu olhar. Este trabalho também é para você vó, com saudade, com amor e com gratidão. Ao meu companheiro**,** Robert Henrique Silva, que viveu comigo cada angústia, cada noite em claro e cada conquista. Obrigada pela paciência, pelo amor calmo e por me lembrar todos os dias que eu sou capaz. Ter você ao meu lado fez toda a diferença nessa caminhada. Aos meus amigos de jornada, Marcus Vinicius Mendes da Silva, Maria Clara Franco Sousa e Rafaela Andrade Fonseca, que caminharam comigo durante esses anos de graduação. Entre risos, desabafos, provas e trabalhos, construímos uma amizade que vai além dos muros da universidade. Obrigada por cada conversa, por cada apoio, por me fazerem sentir que eu nunca estive sozinha. Ao meu orientador, Professor André Batista de Negreiros, minha profunda gratidão. Sua orientação foi muito além do campo acadêmico, foi um verdadeiro exercício de paciência, escuta e confiança. Obrigada por

acreditar no meu potencial mesmo quando eu me sentia perdida, por me desafiar com firmeza e, ao mesmo tempo, me acolher com humanidade. As suas palavras me impulsionaram, sua disponibilidade me confortou e sua dedicação me inspirou. Ter tido você como orientador foi uma honra que levarei comigo por toda a vida.

RESUMO:

A urbanização constitui um dos principais agentes de transformação das bacias hidrográficas, promovendo alterações no uso e ocupação do solo e intensificando impactos ambientais. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo analisar os impactos da urbanização na bacia do córrego Maracanã, com enfoque nos processos hidro-erosivos observados na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais, localizada em sua porção de cabeceira, no município de Oliveira (MG). A metodologia baseou-se na integração entre revisão bibliográfica, análise morfométrica, interpretação de imagens históricas e de satélite, utilização de dados pluviométricos e levantamentos de campo. A abordagem multiescalar adotada permitiu analisar a bacia principal e, em maior nível de detalhamento, a sua sub-bacia do alto córrego dos Cabrais. A bacia do córrego Maracanã apresenta área de 60,3 km², rede de drenagem composta por 249 canais e densidade de drenagem de 2,6 km/km², enquanto a sub-bacia do alto córrego dos Cabrais possui área de 0,93 km² e densidade de drenagem de 1,59 km/km². Os trabalhos de campo permitiram identificar quatorze pontos de impactos ambientais na bacia do córrego Maracanã e sete pontos associados a processos hidro-erosivos na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais. Na bacia principal, os impactos observados estão relacionados à urbanização consolidada, destacando-se o descarte inadequado de resíduos sólidos, alterações na drenagem e degradação da qualidade da água. Na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais, a expansão imobiliária recente favoreceu a ocorrência de transporte de sedimentos, assoreamento e desenvolvimento de feições erosivas. A análise integrada evidenciou que os processos observados nas áreas de cabeceira influenciam a dinâmica ambiental da bacia do córrego Maracanã, demonstrando a interdependência entre os diferentes compartimentos do sistema hidrográfico. Conclui-se que as alterações do uso e ocupação do solo decorrentes da urbanização constituem o principal fator responsável pelos impactos ambientais identificados na área de estudo, evidenciando a importância das áreas de cabeceira para a manutenção da dinâmica ambiental da bacia do córrego Maracanã.

Palavras-chave: Urbanização; bacia hidrográfica; processos hidro-erosivos; uso e ocupação do solo; planejamento ambiental.

ABSTRACT:

Urbanization is one of the main agents responsible for transforming catchments, promoting changes in land use and land cover and intensifying environmental impacts. In this context, this study aimed to analyze the impacts of urbanization on the Maracanã Stream Catchment, with emphasis on the hydroerosive processes observed in the Upper Cabrais Stream Sub-catchment, located in its headwater sector, in the municipality of Oliveira, Minas Gerais, Brazil. The methodology was based on the integration of literature review, morphometric analysis, interpretation of historical and satellite images, rainfall data analysis, and field surveys. The multiscale approach adopted allowed the analysis of the main catchment and, in greater detail, the Upper Cabrais Stream Sub-catchment. The Maracanã Stream Catchment has an area of 60.3 km², a drainage network composed of 249 channels, and a drainage density of 2.6 km/km², whereas the Upper Cabrais Stream Sub-catchment has an area of 0.93 km² and a drainage density of 1.59 km/km². Field surveys identified fourteen points of environmental impacts in the Maracanã Stream Catchment and seven points associated with hydroerosive processes in the Upper Cabrais Stream Sub-catchment. In the main catchment, the impacts observed are related to consolidated urbanization, especially improper solid waste disposal, alterations in drainage systems, and water quality degradation. In the Upper Cabrais Stream Sub-catchment, recent real estate expansion favored sediment transport, sediment deposition, and the development of erosive features. The integrated analysis showed that the processes occurring in the headwater areas influence the environmental dynamics of the Maracanã Stream Catchment, demonstrating the interdependence among the different compartments of the hydrographic system. It is concluded that land use and land cover changes resulting from urbanization are the main factors responsible for the environmental impacts identified in the study area, highlighting the importance of headwater areas for maintaining the environmental dynamics of the Maracanã Stream Catchment.

Keywords: Urbanization; catchment; hydroerosive processes; land use and land cover; environmental planning.

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Mapa de localização e hidrografia da sub-bacia de drenagem do córrego dos Cabrais e sua inserção na bacia do córrego Maracanã. Fonte: Adaptado do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Oliveira (SAAE), 2019; Google Satélite, 2023 e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2019. Elaborado pela autora (2023).

Figura 2: Dados de precipitação estimada, extraídos da plataforma CHIRPS, para o período entre 2012 e 2022. Acima: valores de precipitação acumulada anual; e abaixo: valores de precipitação média mensal para o período entre 2012 e 2022. Os dados representam a precipitação média da área delimitada da bacia, considerando a resolução espacial do produto (0,05°). Fonte: *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* (CHIRPS), 2023. Elaborado em colaboração com Luiz Wagner Novais Honório (2023).

Figura 3: Comparativo histórico do córrego Maracanã. Fotografia de 1965 antes da canalização (acima) e em 2022 (abaixo). Fontes: Arquivo da Prefeitura, (1965) e autora (2022).

Figura 4: Mapa de localização, hidrografia, pontos de impacto ambiental coletados na bacia do córrego Maracanã. Fonte: Adaptado do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Oliveira (SAAE), 2019; Google Satélite, 2024 e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2019. Elaborado pela autora (2024).

Figura 5: Fotografias das obras no trecho final da Avenida Maracanã (ponto 9). Fonte: Acervo da autora (2022).

Figura 6: Imagens de satélite comparativo de 2013 e 2023 da sub-bacia estudada, com destaque para área de loteamento em curso (abaixo). Fonte: Adaptado do Google Earth (2023).

Figura 7: Mapa hipsométrico contendo a rede de drenagem e isolinhas da sub-bacia de drenagem do Córrego dos Cabrais. Fonte: Adaptado do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Oliveira (SAAE), 2019; Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), 2023 e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2019. Elaborado pela autora (2023).

Figura 8: Mapa com imagem de satélite com destaque para os pontos de ações antrópicas com evidências da interferência na produção e transporte de sedimentos, rede de drenagem e localização do loteamento. Fonte: Adaptado do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Oliveira (SAAE), 2019; Google Satélite, 2023; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2019 e levantamento de campo realizado pelos autores, em 2023. Elaborado pela autora (2023).

Figura 9: (A) ponto 3 que possuem evidência de assoreamento dos lagos artificiais localizados no Parque Municipal João Reis com sedimentos oriundos da vertente oeste da sub-bacia hidrográfica; (B) ponto 7, visualização de feições erosivas na vertente leste da sub-bacia hidrográfica em área de loteamento em curso. Fonte: Acervo da autora (2023).

Figura 10: Pontos 1, 2, 5 e 6 com a presença de manilhas de águas pluviais e impactos na vertente leste. Fonte: Acervo da autora (2023).

Figura 11: Dados de precipitação estimados para a sub-bacia do córrego dos Cabrais, extraídos da plataforma CHIRPS, para o período entre outubro de 2022 e abril de 2023. Os dados representam a precipitação média da área delimitada da bacia, considerando a resolução espacial do produto (0,05°). Fonte: *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* (CHIRPS), 2023. Elaborado em colaboração com Luiz Wagner Novais Honório (2023).

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1: Parâmetros e índices morfométricos da bacia hidrográfica do córrego Maracanã.

Tabela 2: Pontos de impactos ambientais levantados em campo, suas coordenadas UTM e descrição dos processos.

Tabela 3: Parâmetros e índices morfométricos da sub-bacia alto córrego dos Cabrais.

Tabela 4: Pontos levantados de impactos ambientais do alto córrego dos Cabrais, as suas coordenadas UTM e descrição dos processos.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS:

Siglas institucionais e técnicas:

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ANA – Agência Nacional de Águas.
BDIA – Banco de Dados de Informações Ambientais.
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
CHIRPS – *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data.*
CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto.
FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais.
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
MDE – Modelo Digital de Elevação.
SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto.
SIG – Sistema de Informação Geográfica.
SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*.
UFSJ – Universidade Federal de São João del-Rei.
UTM – Universal Transversa de Mercator.

Parâmetros e índices morfométricos:

A – Área da bacia hidrográfica.
P – Perímetro da bacia hidrográfica.
L – Comprimento da bacia hidrográfica.
Lt – Comprimento total dos canais.
n – Número de canais.
Dd – Densidade de drenagem.
Dr – Densidade de canais.
Gc – Gradiente do canal principal.
Δb – Desnivelamento da bacia.
Ic – Índice de circularidade.
Kc – Coeficiente de compacidade.
Kf – Fator de forma.

SUMÁRIO:

DEDICATÓRIA:....4
RESUMO:....6
ABSTRACT:....7
LISTA DE FIGURAS:....8
LISTA DE TABELAS:....10
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS:....11
SUMÁRIO:....12
1) INTRODUÇÃO:....13
2.1) Objetivo Geral:....14
2.2) Objetivos Específicos:....15
4) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:....15
4.1) Bacias hidrográficas como sistemas integrados: uma abordagem geomorfológica....15
4.2) Urbanização, drenagem urbana e processos hidro-erosivos em bacias hidrográficas....17
4.3) Morfometria aplicada à análise ambiental de bacias hidrográficas....18
5) ÁREA DE ESTUDO:....19
6) METODOLOGIA:....22
7) RESULTADOS E DISCUSSÃO:....26
7.1) Dinâmica hidro-erosiva e impactos na bacia do córrego Maracanã....26
7.2) Processos hidro-erosivos na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais....31
7.3) Integração entre os processos observados na bacia do córrego Maracanã e na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais....40
8) CONSIDERAÇÕES FINAIS:....41
9) AGRADECIMENTOS:....42
10) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:....42

1) INTRODUÇÃO:

Os rios urbanos brasileiros vêm sendo progressivamente impactados pelos processos de expansão das cidades e pelas transformações no uso e ocupação do solo. Em áreas densamente ocupadas, a substituição da cobertura vegetal por superfícies impermeáveis modifica o funcionamento natural dos sistemas hidrológicos, intensificando problemas ambientais e aumentando a vulnerabilidade das populações aos eventos extremos (Dunne e Leopold, 1978; Coelho Netto, 1994).

Nesse contexto, as bacias hidrográficas constituem importantes unidades de análise ambiental, uma vez que representam áreas delimitadas por divisores topográficos capazes de concentrar e conduzir água, sedimentos e materiais dissolvidos para um canal principal (Dunne e Leopold, 1978). Por sua natureza integradora, as bacias permitem compreender de forma sistêmica a interação entre os componentes físicos da paisagem e as transformações decorrentes das atividades humanas.

As intervenções antrópicas, especialmente a urbanização, a impermeabilização do solo e a supressão da cobertura vegetal, promovem alterações significativas na dinâmica natural dessas áreas. Tais modificações interferem no escoamento superficial, na infiltração da água e no transporte de sedimentos, favorecendo a ocorrência de processos erosivos, assoreamento dos canais fluviais e inundações em áreas urbanas (Coelho Netto, 1994).

Em bacias hidrográficas urbanizadas, essas alterações tendem a reduzir o tempo de concentração das águas e aumentar os picos de cheia, tornando os sistemas mais suscetíveis a eventos hidrológicos extremos. Além disso, a ocupação desordenada das margens fluviais e a deficiência da infraestrutura de drenagem contribuem para o agravamento desses problemas (Botelho, 2011).

Embora os processos erosivos e o transporte de sedimentos façam parte da dinâmica natural da superfície terrestre, a intensificação dessas manifestações está diretamente relacionada às ações humanas, sobretudo em áreas submetidas à expansão urbana. Como consequência, observa-se o aumento da carga sedimentar nos cursos d'água, favorecendo o assoreamento e a degradação dos sistemas fluviais (Christofoletti, 1980; Leopold, 1994).

No Brasil, a rápida urbanização ocorrida a partir da segunda metade do século XX ampliou problemas relacionados à poluição hídrica, ao lançamento de efluentes sem tratamento e à ocupação irregular das planícies fluviais. Esses fatores comprometem a qualidade ambiental dos corpos hídricos e produzem impactos sociais associados à saúde

pública e à qualidade de vida das populações urbanas (Barcellos, 2003; Gorski, 2010; Pelech; Peixoto, 2020).

No município de Oliveira (MG), a bacia do córrego Maracanã representa um exemplo dessas transformações, apresentando alterações decorrentes do crescimento urbano, tais como poluição hídrica, modificações na morfologia dos canais e problemas relacionados à drenagem urbana (Leite e Souza, 2023). Inserida nesse sistema hidrográfico, a sub-bacia do alto córrego dos Cabrais corresponde a uma área de cabeceira que, recentemente, passou a sofrer intensa pressão decorrente da expansão imobiliária e das mudanças no uso do solo.

Pesquisas desenvolvidas em outros contextos urbanos demonstram que a degradação ambiental em bacias hidrográficas está associada tanto às ações da população quanto à insuficiência de políticas públicas. Freitas e Negreiros (2019), ao analisarem a percepção ambiental dos moradores de um córrego urbano em São João del-Rei (MG), verificaram que os próprios habitantes reconhecem a sua participação na degradação dos recursos hídricos por meio do descarte inadequado de resíduos, ao mesmo tempo em que apontam a precariedade dos serviços públicos de saneamento. Resultados semelhantes foram observados por Leite e Souza (2023), em Oliveira (MG), onde estudantes identificaram problemas relacionados ao lixo e ao mau cheiro no córrego Maracanã.

De forma complementar, Lemos et al. (2020), demonstraram que as mudanças no uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas urbanizadas podem desencadear impactos ambientais, sociais e habitacionais. Lashford et al. (2022), destacam que a gestão sustentável desses sistemas exige abordagens integradas e políticas regulatórias capazes de acompanhar as transformações do território. Da mesma forma, Pelech e Peixoto (2020), ressaltam que a gestão dos rios urbanos constitui um dos principais desafios contemporâneos, em razão das múltiplas intervenções que alteram seus canais, margens e planícies fluviais.

Diante desse contexto, coloca-se o seguinte problema de pesquisa: de que maneira a urbanização e as alterações no uso e ocupação do solo influenciam os processos hidro-erosivos na bacia do córrego Maracanã e a dinâmica de transporte de sedimentos em sua sub-bacia de cabeceira, o alto córrego dos Cabrais, no município de Oliveira (MG).

2) OBJETIVOS:

2.1) Objetivo Geral:

Analisar os impactos da urbanização e das alterações no uso e ocupação do solo sobre os processos hidro-erosivos na bacia do córrego Maracanã, com enfoque em sua sub-bacia de cabeceira, o alto córrego dos Cabrais, no município de Oliveira (MG).

2.2) Objetivos Específicos:

I – Identificar e mapear os principais pontos de impacto ambiental na bacia do córrego Maracanã e em sua sub-bacia do alto córrego dos Cabrais;
II – Analisar as transformações espaciais ocorridas nas áreas de estudo por meio de registros históricos e imagens de satélite;
III – Calcular e interpretar parâmetros morfométricos das unidades hidrográficas analisadas;
IV – Relacionar os padrões de uso e ocupação do solo com a ocorrência de processos erosivos e transporte de sedimentos;
V – Discutir as implicações desses processos para o planejamento urbano e ambiental do município.

4) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

4.1) Bacias hidrográficas como sistemas integrados: uma abordagem geomorfológica.

A geomorfologia constitui o campo do conhecimento responsável pelo estudo das formas do relevo terrestre e dos processos que as originam e transformam ao longo do tempo. O termo deriva das palavras gregas *geo* (Terra), *morphé* (forma) e *logos* (estudo), sendo compreendido como o estudo das formas da superfície terrestre (Huggett, 2011, p. 3 apud Margerie, 1886, p. 315).

Nesse sentido, o relevo deve ser entendido como um elemento fundamental da paisagem, no qual se desenvolvem as atividades humanas e os processos naturais. Ross (1990), aponta “o relevo terrestre como parte importante do palco, onde o homem, como ser social, pratica o teatro da vida”. Entretanto, mais do que um simples suporte físico, o relevo participa ativamente das dinâmicas socioambientais, interagindo com fatores como litologia, clima, cobertura vegetal e ação antrópica. Assim, as respostas da paisagem resultam da interação contínua entre esses elementos, tornando indispensável sua análise integrada (Coelho Netto, 1994).

A interação entre esses elementos promove constantes transformações na paisagem, resultantes da troca de energia e matéria. A cobertura vegetal, por exemplo, exerce papel essencial na regulação hidrológica, atuando na interceptação da precipitação e na infiltração da água no solo (Coelho Netto, 1994). Dessa forma, alterações neste equilíbrio, especialmente pela ação humana, podem desencadear processos erosivos e modificações na dinâmica das vertentes.

Quando se trata de bacias hidrográficas, a compreensão deste conceito ultrapassa uma definição meramente hidrológica. Horton (1945), define a bacia como o conjunto de canais que drenam uma área delimitada por divisores naturais. No entanto, abordagens posteriores ampliam essa concepção. Strahler (1952), e Chorley (1962), entendem a bacia como um sistema aberto e dinâmico, no qual interagem processos hidrológicos, geomorfológicos e pedogenéticos. Christofoletti (1980), reforça essa perspectiva ao caracterizá-la como um sistema hierarquizado, estruturado por fluxos de energia, matéria e informação.

Além disso, autores contemporâneos ampliam essa abordagem ao considerar a bacia hidrográfica como uma unidade de análise ambiental e de planejamento, integrando dimensões físicas, sociais e econômicas (Tundisi, 2008; Botelho, 2011; Gaspari et al., 2013). Nessa perspectiva, a bacia hidrográfica pode ser compreendida como um sistema socioambiental complexo, constituído por elementos interdependentes que mantêm relações entre si e funcionam como uma totalidade organizada. Segundo Christofoletti (1979), a análise sistêmica pressupõe a compreensão dos fluxos de matéria e energia, das interações entre os componentes e dos processos de equilíbrio e desequilíbrio que condicionam a dinâmica ambiental.

Diante dessa multiplicidade de abordagens, observa-se também uma fragilidade conceitual na distinção entre bacia, microbacia e sub-bacia hidrográfica. Essa indefinição decorre da ausência de critérios universalmente aceitos, variando conforme a escala de análise e os objetivos do estudo (Faustino, 1996; FAO, 1999).

Considerando esse cenário, adota-se neste estudo as terminologias bacia e a sub-bacia como unidades de análise. A sub-bacia, é compreendida como um recorte funcional do sistema fluvial, tributário de uma bacia de maior ordem. Tal perspectiva permite uma análise integrada dos processos ambientais em escala adequada, aproximando-se da abordagem geossistêmica proposta por Bertrand (1972), que considera a paisagem como uma totalidade dinâmica, influenciada por fatores naturais e antrópicos.

Considerando esse cenário, adotam-se neste estudo as terminologias bacia e sub-bacia hidrográfica como unidades de análise. A sub-bacia é compreendida como um recorte

funcional de um sistema hidrográfico de maior ordem, permitindo análises em diferentes escalas espaciais. Nesse sentido, a bacia hidrográfica é entendida como um sistema integrado, composto por elementos físicos, hidrológicos, geomorfológicos, pedológicos, ecológicos e sociais, cujas interações condicionam a dinâmica ambiental e as respostas às intervenções antrópicas.

Nesse contexto, a compreensão da dinâmica geomorfológica das bacias hidrográficas torna-se essencial para analisar os impactos decorrentes da urbanização, especialmente aqueles relacionados à erosão e ao transporte de sedimentos, aspectos centrais desta pesquisa.

4.2) Urbanização, drenagem urbana e processos hidro-erosivos em bacias hidrográficas.

O processo de urbanização constitui um dos principais agentes de transformação das bacias hidrográficas, promovendo alterações significativas na dinâmica natural desses sistemas. A substituição da cobertura vegetal por superfícies impermeáveis reduz a infiltração da água no solo, aumenta o escoamento superficial e modifica processos hidrológicos, geomorfológicos e ecológicos (Botelho, 2011). Nesse contexto, o uso e a ocupação do solo exercem papel fundamental na definição da intensidade e da distribuição dos impactos ambientais decorrentes da expansão urbana, uma vez que as transformações promovidas pelo crescimento das cidades alteram significativamente a dinâmica ambiental das bacias hidrográficas (Lemos et al., 2020).

As alterações promovidas pela urbanização desencadeiam uma série de respostas interligadas no funcionamento das bacias hidrográficas. A impermeabilização do solo reduz a capacidade de infiltração da água e aumenta o volume e a velocidade do escoamento superficial, modificando a dinâmica hidrológica e favorecendo a concentração dos fluxos hídricos. Como consequência, intensificam-se processos como a ocorrência de alagamentos, a sobrecarga dos sistemas de drenagem e as alterações nos canais fluviais. Segundo Tucci (2003), a urbanização reduz o tempo de resposta das bacias às precipitações e favorece a ocorrência de eventos hidrológicos mais intensos.

Nesse cenário, a drenagem urbana desempenha papel fundamental na condução das águas pluviais. Entretanto, quando insuficiente ou inadequadamente planejada, pode potencializar os efeitos das transformações promovidas pela urbanização. Intervenções como canalização, retificação de cursos d'água e implantação de estruturas de drenagem sem considerar as características naturais das bacias alteram a dinâmica fluvial e comprometem o funcionamento natural dos sistemas hídricos. Além disso, a gestão dos rios urbanos constitui

um dos principais desafios contemporâneos, em razão das múltiplas intervenções realizadas nos canais fluviais e das pressões exercidas pelo crescimento urbano (Tucci, 2003; Pelech; Peixoto, 2020).

Além de modificar a dinâmica hidrológica das bacias, as alterações promovidas pela urbanização também influenciam diretamente os processos geomorfológicos. De acordo com Coelho Netto (1994), a cobertura vegetal exerce papel fundamental na interceptação das chuvas, na infiltração da água no solo e na proteção das vertentes contra a ação do escoamento superficial. Dessa forma, a remoção da vegetação favorece a produção de sedimentos e a intensificação dos processos erosivos. Conforme Guerra (1994), a erosão hídrica pode se manifestar de diferentes formas, a depender da interação entre as características do relevo, as condições do solo, a intensidade das precipitações e o uso da terra.

Os rios constituem sistemas dinâmicos que se ajustam continuamente às condições impostas pelo ambiente (Leopold, 1994). Nesse contexto, os sedimentos produzidos em determinados setores da bacia hidrográfica podem ser transferidos para áreas situadas a jusante, influenciando a morfologia dos canais, favorecendo processos de assoreamento e comprometendo a qualidade dos recursos hídricos (Coelho Netto, 1994; Guerra, 1994). Dessa forma, os processos hidro-erosivos extrapolam os locais onde são originados e repercutem em toda a bacia hidrográfica por meio da transferência de matéria ao longo da rede de drenagem, evidenciando a interdependência entre seus diferentes compartimentos.

Nesse contexto, a degradação dos rios urbanos representa não apenas um problema ambiental, mas também um desafio para o planejamento e para a saúde pública. Conforme ressaltam Gorski (2010) e Barcellos (2003), a conservação dos recursos hídricos em áreas urbanizadas depende da integração entre infraestrutura de saneamento, gestão ambiental e políticas públicas adequadas.

4.3) Morfometria aplicada à análise ambiental de bacias hidrográficas.

A análise morfométrica constitui uma importante ferramenta para a caracterização física das bacias hidrográficas e para a compreensão de sua dinâmica ambiental. Segundo Christofoletti (1999), a morfometria consiste na quantificação das características relacionadas à forma, dimensão e organização da rede de drenagem das bacias hidrográficas, permitindo a interpretação de aspectos associados ao comportamento hidrológico e geomorfológico desses sistemas. Entre os principais parâmetros morfométricos utilizados destacam-se a área, o

perímetro, o comprimento da bacia, a densidade de drenagem, a densidade de canais, o índice de circularidade, o fator de forma e o coeficiente de compacidade. Esses índices permitem inferir características relacionadas ao escoamento superficial, à eficiência da drenagem e à resposta hidrológica das bacias frente aos eventos pluviométricos. De modo geral, bacias mais alongadas tendem a apresentar maior tempo de concentração das águas, enquanto bacias mais circulares respondem de forma mais rápida às precipitações, podendo favorecer a concentração dos fluxos hídricos (Villela; Mattos, 1975; Christofoletti, 1980).

Além de fornecer informações sobre as características físicas das bacias, a análise morfométrica constitui importante instrumento para a compreensão das relações entre os condicionantes naturais e as transformações decorrentes do uso e ocupação do solo. Dessa forma, os parâmetros morfométricos auxiliam na interpretação de processos hidrológicos, erosivos e sedimentares, contribuindo para a compreensão da dinâmica ambiental das bacias hidrográficas (Christofoletti, 1999).

Nas últimas décadas, o desenvolvimento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) ampliou significativamente as possibilidades de aplicação da análise morfométrica, proporcionando maior precisão na delimitação das bacias hidrográficas e no cálculo de seus parâmetros físicos (Tukura et al., 2021; Ismail et al., 2022). Essas ferramentas têm contribuído para a produção de análises mais detalhadas e para a integração de diferentes variáveis ambientais em estudos de bacias hidrográficas. Nesse sentido, a análise morfométrica fornece subsídios fundamentais para a interpretação da dinâmica ambiental e para a compreensão dos processos que atuam nas bacias hidrográficas, constituindo importante ferramenta para estudos voltados ao planejamento e à gestão ambiental.

5) ÁREA DE ESTUDO:

A área de estudo localiza-se no município de Oliveira, situado na região do Campo das Vertentes, na porção centro-oeste do estado de Minas Gerais. O município integra a Região Geográfica Intermediária de Divinópolis e a Região Geográfica Imediata de Oliveira, possuindo área territorial de aproximadamente 897,29 km² e população estimada em 39.262 habitantes (IBGE, 2023). Oliveira apresenta importância regional em função das atividades comerciais, industriais e agropecuárias desenvolvidas em seu território.

Inserida nesse contexto, a pesquisa abrange a bacia hidrográfica do córrego Maracanã e em maior nível de detalhamento, a sub-bacia do alto córrego dos Cabrais, importante área de

cabeceira integrante da bacia do córrego Maracanã (figura 1). A escolha dessas unidades justifica-se pela intensificação dos processos de urbanização e expansão imobiliária observados nas últimas décadas, responsáveis por promover alterações significativas na dinâmica ambiental local.

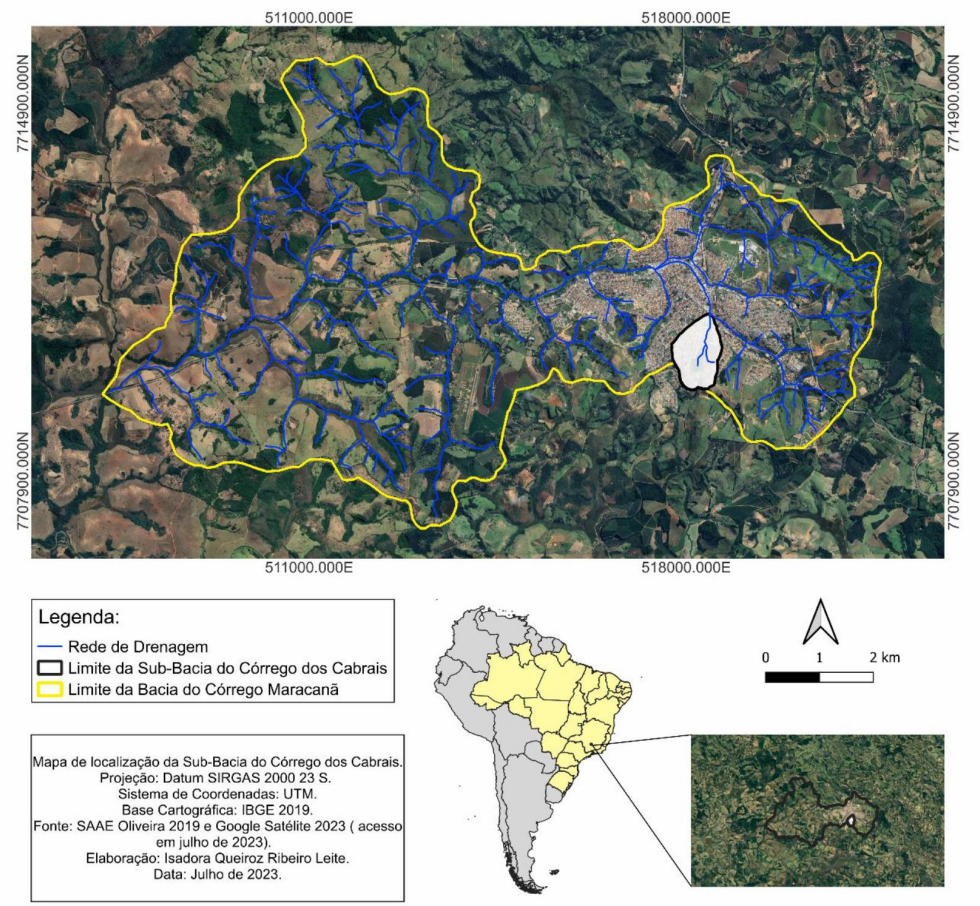


Figura 1: Mapa de localização e hidrografia da sub-bacia de drenagem do Córrego dos Cabrais e sua inserção na bacia do córrego Maracanã. Fonte: Adaptado do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Oliveira (SAAE), 2019; Google Satélite, 2023 e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2019. Elaborado pela autora (2023).

Inserida na região hidrográfica do Paraná e vinculada à bacia hidrográfica do rio Grande, a bacia do córrego Maracanã, da qual faz parte a sub-bacia do alto córrego dos Cabrais, drena suas águas para o córrego Lambari. Situadas no município de Oliveira (MG), as nascentes do córrego Maracanã localizam-se nas proximidades dos parques João Reis e Diamante. Localizada em área predominantemente urbana e periurbana, a bacia encontra-se fortemente influenciada pelo processo de expansão da cidade de Oliveira. Ao longo das

últimas décadas, a intensificação da urbanização promoveu alterações significativas na dinâmica ambiental da bacia, incluindo a retificação e canalização de trechos fluviais, a redução da cobertura vegetal e o aumento da impermeabilização do solo.

Essas transformações contribuíram para a degradação da qualidade ambiental do córrego, evidenciada por problemas relacionados à poluição hídrica, lançamento de esgoto *in natura*, mau cheiro e redução da vazão em determinados trechos (Leite; Souza, 2023). Embora iniciativas recentes de despoluição tenham sido implementadas pelo poder público municipal, ainda persistem impactos associados às limitações da infraestrutura de saneamento e ao uso inadequado do solo.

Inserida nesse contexto, a sub-bacia do alto córrego dos Cabrais apresenta área aproximada de 0,93 km² e possui suas nascentes localizadas no Parque Municipal João Reis. Parte de sua drenagem encontra-se inserida no interior do parque, onde ocorre o represamento dos canais para a formação de lagos artificiais. Caracterizada por canais de baixa ordem hierárquica e relevo suavemente ondulado, a sub-bacia apresenta condições favoráveis à ocupação urbana. Entretanto, a expansão imobiliária recente, marcada pela implantação de loteamentos e pela supressão da cobertura vegetal, tem promovido alterações significativas na dinâmica ambiental local, especialmente em função da exposição do solo, da movimentação de terra e da intensificação dos processos hidro-erosivos.

Do ponto de vista geológico, a área de estudo está inserida em terrenos associados ao Complexo Metamórfico Campo Belo, constituídos predominantemente por rochas cristalinas antigas, que influenciam a morfologia do relevo e os processos de formação dos solos. Em relação aos aspectos geomorfológicos, predominam colinas suavemente onduladas e dissecadas, características marcantes da região do Campo das Vertentes (BRASIL, 1983; CPRM, 2007). Os solos predominantes são representados principalmente por Latossolos e Cambissolos, os quais apresentam diferentes graus de suscetibilidade à erosão em função de suas características físicas e das formas de uso do terreno. A cobertura vegetal original da área de estudo está associada aos domínios da Mata Atlântica e do Cerrado, historicamente modificados pelos processos de ocupação e uso da terra (Ab'Saber, 2003; IBGE, 2023). Essa transformação pode ser observada na própria bacia do córrego Maracanã, onde dados do MapBiomas indicam um desmatamento acumulado de aproximadamente 221 hectares entre 1987 e 2024, o que representa cerca de 3,7% de sua área total (MAPBIOMAS, 2025).

Segundo a classificação climática de Köppen (1936), o clima predominante é do tipo Cwa, caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos secos. A sazonalidade das

precipitações exerce influência direta sobre a dinâmica do escoamento superficial e favorece a ocorrência dos processos erosivos observados na área (figura 2) (Martins et al., 2018).

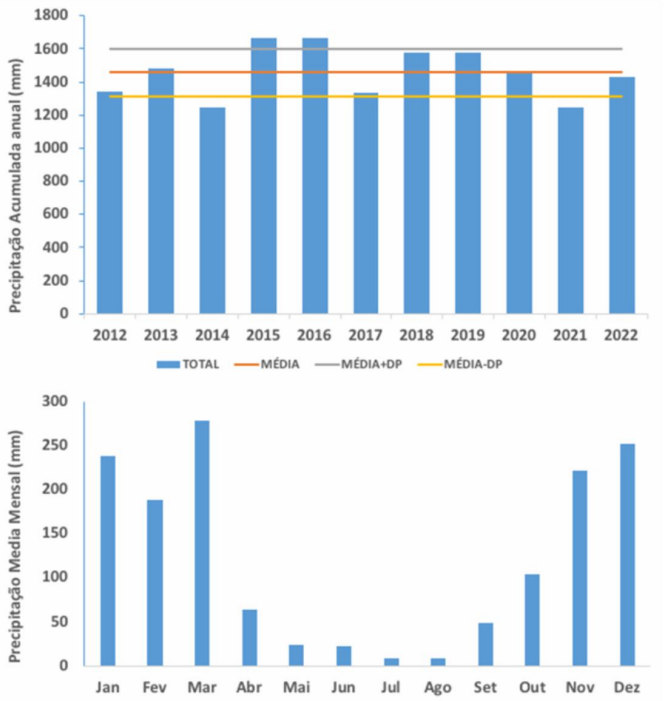


Figura 2: Dados de precipitação estimada, extraídos da plataforma CHIRPS, para o período entre 2012 e 2022. Acima: valores de precipitação acumulada anual; e abaixo: valores de precipitação média mensal para o período entre 2012 e 2022. Os dados representam a precipitação média da área delimitada da bacia, considerando a resolução espacial do produto (0,05°). Fonte: *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* (CHIRPS), 2023. Elaborado em colaboração com Luiz Wagner Novais Honório (2023).

Dessa forma, a escolha da bacia do córrego Maracanã e de sua sub-bacia de cabeceira, o alto córrego dos Cabrais, justifica-se pelas transformações decorrentes da urbanização e da expansão imobiliária observadas na área. Por integrar a porção de cabeceira da bacia, a sub-bacia do alto córrego dos Cabrais constitui uma unidade estratégica para a compreensão dos mecanismos associados às alterações no uso e ocupação do solo e aos processos hidro-erosivos, cujos efeitos influenciam a dinâmica ambiental da bacia do córrego Maracanã como um todo.

6) METODOLOGIA:

A presente pesquisa caracteriza-se como quali-quantitativa, de caráter exploratório e descritivo, fundamentada na análise integrada de dados primários e secundários. Adota-se

como unidade de análise a bacia hidrográfica, compreendida como um sistema aberto e dinâmico. De acordo com Christofoletti (1979), os sistemas são constituídos por elementos inter-relacionados que funcionam de maneira integrada, por meio de trocas de matéria e energia e de ajustes contínuos ao longo do tempo. Nessa perspectiva, a bacia hidrográfica é entendida como um conjunto de componentes físicos e antrópicos interdependentes, cujas interações influenciam continuamente seu funcionamento ambiental. Para a compreensão da dinâmica hidro-erosiva em áreas sob influência da urbanização, foram articuladas diferentes técnicas e procedimentos metodológicos, envolvendo análise espacial, dados pluviométricos, parâmetros morfométricos e observações de campo.

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do córrego Maracanã e a sua sub-bacia do alto córrego dos Cabrais, localizadas no município de Oliveira, Minas Gerais. A caracterização dessas áreas considerou aspectos físicos como geologia, solos, relevo, clima e cobertura vegetal, conforme descrito na seção anterior, os quais subsidiam a interpretação dos processos ambientais analisados.

O desenvolvimento da pesquisa baseou-se na integração de diferentes bases de dados e procedimentos técnicos. As análises espaciais foram realizadas em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG), utilizando o *software* QGIS, versão 3.36.2, empregado na organização, processamento e representação cartográfica das informações. Como base altimétrica, foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 metros. A partir desses dados, procedeu-se à delimitação da bacia do córrego Maracanã e da sub-bacia do alto córrego dos Cabrais em ambiente SIG. A rede de drenagem foi extraída com base no limiar de contribuição adotado e posteriormente hierarquizada segundo o método de Strahler (1952), permitindo a definição das unidades de análise e a elaboração de produtos derivados, como os mapas hiposométricos.

Considerando a reduzida dimensão da sub-bacia do alto córrego dos Cabrais e o fato de se tratar de um sistema de baixa ordem, reconhece-se que a resolução espacial do SRTM pode não representar adequadamente canais de menor porte e detalhes topográficos mais específicos. Em razão dessa limitação, foram utilizados dados complementares de hidrografia e delimitação urbana fornecidos pelo serviço autônomo de água e esgoto (SAAE) de Oliveira (MG). A rede de drenagem foi posteriormente revisada e ajustada manualmente com base em imagens de satélite e nas observações realizadas durante os trabalhos de campo, de modo a representar com maior fidelidade as características da área de estudo.

A análise da dinâmica climática foi realizada com base em dados pluviométricos do produto *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS),

abrangendo o período de 2012 a 2022, com resolução espacial aproximada de 5 km (Funk et al., 2015). Os dados, extraídos para a bacia do córrego Maracanã, foram organizados em séries temporais mensais e anuais, possibilitando a identificação de padrões sazonais e sua relação com os processos hidrológicos observados. Em razão da resolução espacial do produto, os valores representam uma estimativa da precipitação para a área da bacia, não sendo possível captar variações em escalas detalhadas. Ressalta-se que foi realizada uma tentativa de utilização dos dados do pluviômetro da Agência nacional de águas (ANA) do portal *HidroWeb* disponíveis para o município, contudo a série histórica apresentou inconsistências e lacunas que inviabilizaram sua utilização na pesquisa, justificando a adoção dos dados do CHIRPS. Adicionalmente, foi considerado o período chuvoso entre setembro de 2022 e março de 2023, correspondente à fase de desenvolvimento da pesquisa.

A análise do uso e ocupação do solo foi realizada por meio da interpretação visual de diferentes tipos de imagens. Para a bacia do córrego Maracanã, foram utilizadas fotografias referentes ao período entre 1965 e 2022, permitindo avaliar as transformações ocorridas na paisagem ao longo do processo de urbanização. Já para a sub-bacia do alto córrego dos Cabrais, a análise foi realizada com base nas imagens disponíveis na ferramenta de séries históricas do *Google Earth Pro*, do período de 2013 e 2023. Essa abordagem possibilitou identificar alterações na paisagem, especialmente relacionadas à expansão urbana, à supressão da cobertura vegetal e à exposição do solo.

Os dados primários foram obtidos por meio de campanhas de campo realizadas em fevereiro de 2022, no alto curso da bacia do córrego Maracanã, e em março de 2023, na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais. Durante essas atividades, foram identificados, georreferenciados e fotografados pontos representativos de impactos ambientais, totalizando quatorze pontos na bacia do córrego Maracanã e sete na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais. Os levantamentos foram conduzidos no sentido de jusante para montante, permitindo analisar a distribuição e a propagação dos impactos ao longo da rede de drenagem. As observações de campo incluíram a identificação de processos erosivos, deposição de sedimentos, intervenções antrópicas nos canais fluviais, condições da cobertura vegetal e padrões de uso e ocupação do solo. De modo geral, os trechos analisados apresentaram boas condições de acesso, o que possibilitou a realização das observações em diferentes setores da bacia. Em situações pontuais, as análises foram complementadas com registros fotográficos e imagens de satélite.

A avaliação dos impactos ambientais foi realizada com base em adaptação da metodologia proposta por Silva, Genú e Reis (2020), considerando um conjunto de 17

indicadores ambientais, na qual categoriza pontos em: impacto ambiental negativo (-), positivo (+) e neutro (sem impacto ambiental) (/). Essa categorização segue 17 indicadores, sendo eles: 1- Expansão urbana; 2- Resíduos sólidos na via pública (lixo); 3- Galerias de água; 4- Canalização dos corpos de água; 5- Assoreamento; 6- Poda de árvores; 7- Equipamentos urbanos (praças e áreas de lazer); 8- Moradores de rua em situação de vulnerabilidade; 9- Segurança pública na área; 10- Emissão de efluentes domésticos (esgoto); 11- Postos de coleta de lixo; 12- Vegetação; 13- Invasão de áreas públicas; 14- Alagamento em área urbana; 15- Presença do estado (gari, agente de trânsito, monitores); 16- Canal de escoamento de água em via urbana; 17- Mau cheiro encontrados na bacia estudada. Os impactos foram classificados quanto à sua natureza em positivos, negativos ou neutros, a partir da análise integrada dos dados de campo e das informações espaciais, permitindo a elaboração de mapas temáticos e a interpretação da distribuição espacial dos impactos.

A análise morfométrica das bacias hidrográficas foi realizada com base nos parâmetros propostos por Christofoletti (1980), nos quais foram calculados: comprimento da bacia hidrográfica (distância em linha reta entre a foz e a cabeceira); densidade de drenagem (comprimento total dos canais ÷ área da sub-bacia) e densidade de canais (número de canais ÷ área). Já o gradiente dos canais foi calculado a partir do proposto por Horton (1945), sendo expresso pela (altitude máxima ÷ comprimento do canal principal). Além disso, foram mensurados o coeficiente de compacidade, que estabelece a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de uma circunferência de um círculo de área à bacia (Villela; Mattos, 1975), e o coeficiente de compacidade que comparam a bacia a um círculo perfeito. Quanto ao fator de forma, estabelece uma relação entre a largura média da bacia e o seu comprimento axial medido ao longo do curso d'água desde a desembocadura até a cabeceira mais distante do divisor de água (Villela; Mattos, 1975), e o índice de circularidade estabelece relação entre a área da bacia e a área de um círculo perfeito a partir do perímetro da bacia, que quanto mais próximo de 1, mais eficiente é a drenagem (Christofoletti, 1980). Esses parâmetros foram obtidos em ambiente SIG a partir das feições vetoriais das bacias delimitadas e utilizados para interpretar o comportamento hidrológico, especialmente no que se refere à resposta da bacia aos eventos de precipitação e à suscetibilidade a processos erosivos.

A integração dos dados foi realizada de forma sistêmica, articulando informações morfométricas, dados pluviométricos, análise do uso e ocupação do solo e observações de campo. Essa abordagem permitiu estabelecer relações entre a urbanização e a dinâmica hidro-erosiva, atendendo aos objetivos propostos na pesquisa.

7) RESULTADOS E DISCUSSÃO:

7.1) Dinâmica hidro-erosiva e impactos na bacia do córrego Maracanã.

A análise da bacia do córrego Maracanã evidencia um estágio avançado de urbanização, refletido tanto na configuração espacial da bacia quanto na distribuição dos impactos ambientais. A comparação entre registros históricos e imagens recentes (figura 3) demonstra a substituição progressiva da cobertura vegetal por áreas urbanizadas, acompanhada pela retificação e canalização do canal fluvial, alterando significativamente a sua dinâmica natural.



Figura 3: Comparativo histórico do córrego Maracanã. Fotografia de 1965 antes da canalização (acima) e em 2022 (abaixo). Fontes: Arquivo da Prefeitura, Heraldo (1965) e autora (2022).

Do ponto de vista morfométrico, os parâmetros da bacia indicam uma área de 60,3 km² e comprimento de 14,4 km para bacia estudada. A zona urbana corta a bacia por 3,8 km de leste a oeste, perímetro de 47,4 km, possuindo 249 segmentos de canais. O que a configura com uma grande bacia de drenagem (Wisler e Brater, 1949), sendo considerada de 4ª ordem, segundo hierarquização proposta por Strahler (1952), e seus canais fluviais somam 156,9 km de comprimento.

Os índices morfométricos obtidos evidenciaram uma densidade de drenagem (Dd) de 2,6 km/km², valor considerado indicativo de boa capacidade de drenagem, conforme os parâmetros de Villela e Mattos (1975). A densidade de canais (Dr) foi de 4,12 canais/km², sendo classificada por Christofoletti (1980) como uma drenagem espaçada. O gradiente da bacia (Gc) apresentou valor de 0,007%, refletindo a baixa declividade predominante ao longo da área de estudo.

Quanto à forma da bacia, o coeficiente de compacidade (Kc) foi de 1,71, o índice de circularidade (Ic) atingiu 0,33 e o fator forma (Kf) apresentou valor de 0,29. Embora sejam obtidos por relações distintas (Villela; Mattos, 1975; Christofoletti, 1980), os três parâmetros apresentaram resultados convergentes, caracterizando uma bacia de forma alongada. Segundo Oliveira et al. (2011), valores de coeficiente de compacidade superiores a 1,5 estão associados a menor suscetibilidade à ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação. As diferenças entre os índices decorrem dos parâmetros utilizados em seus cálculos, uma vez que o fator forma está relacionado principalmente à razão entre comprimento e largura da bacia, enquanto o índice de circularidade e o coeficiente de compacidade sofrem maior influência da configuração do perímetro da bacia hidrográfica.

De modo geral, os parâmetros morfométricos apresentados (tabela 1) revelam uma área com condições favoráveis ao escoamento e à eficiência da drenagem. Entretanto, as alterações decorrentes da supressão da cobertura vegetal em função da expansão urbana desordenada, associadas à retificação dos canais, à intensificação dos processos erosivos e ao assoreamento dos cursos d'água, têm promovido desequilíbrios no sistema ambiental da bacia hidrográfica.

Tabela 1: Parâmetros e índices morfométricos da bacia hidrográfica do córrego Maracanã.

Parâmetros e índices morfométricos da bacia hidrográfica do córrego Maracanã.	
Área da Bacia (A)	60,3 km²
Perímetro da Bacia (P)	47,4 km

Comprimento da Bacia (L)	14,4 km
Número de Canais (n)	249
Comprimento dos Canais (Lt)	156,9 km
Densidade de Canais (Dr)	4,12 canais/ km²
Densidade de Drenagem (Dd)	2,6 km/ km²
Desnivelamento da Bacia (Δb)	255 m
Gradiente da Bacia (Gc)	0,007%
Índice de Circularidade (Ic)	0,33
Fator Forma (Kf)	0,29
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,71

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Ao se comparar esta bacia em análise com as bacias estudadas por Magalhães e Rodrigues (2020), na Serra da Canastra (MG), observa-se que apesar das bacias estudadas pelos autores possuírem maiores áreas, amplitudes altimétricas e padrões de drenagem diferentes, o uso do solo é parcialmente urbano é ocupado por cidades, porém ambos se assemelham quanto a eficiência de drenagem. Por outro lado, Ferreira, Fonseca e Pereira (2020), ao estudarem o extremo oeste da Bahia, observaram que a área possui alta declividade e concentração das linhas de drenagem. Ademais, observaram que as ações antrópicas sobre a área, principalmente a retirada da vegetação natural, aumento populacional e das atividades agrícolas sem planejamento, ocasionam diversos impactos à área. Dessa forma, ao correlacionar tais estudos com a área em questão, observa-se que o uso e ocupação do solo, associado à morfometria, é um fator fundamental a ser levado em consideração em estudos hidrológicos e transporte de sedimentos para se manter uma boa qualidade do sistema.

A análise dos 14 pontos de impacto ambiental, realizada durante os trabalhos de campo de fevereiro de 2022, permite uma leitura espacial detalhada da bacia (tabela 2 e figura 4). Os pontos localizados nos setores mais urbanizados da bacia (pontos 2 a 8) concentraram a maior diversidade e intensidade de impactos, destacando-se o lançamento de efluentes, a presença de resíduos sólidos, a canalização dos cursos d'água e a emissão de odores característicos de esgoto. Essa concentração está associada à maior densidade de ocupação e à presença de infraestrutura urbana. Padrões semelhantes foram observados na própria bacia do córrego Maracanã por Leite e Souza (2023), que identificaram entre os principais problemas

percebidos na área a presença de resíduos sólidos, odores associados à poluição das águas e a ocorrência de inundações.

Nos demais pontos analisados (pontos 9 a 14), observou-se uma redução relativa da intensidade dos impactos, com ocorrência de indicadores neutros e, pontualmente, positivos, como melhorias na drenagem urbana e na infraestrutura de saneamento. Apesar disso, a presença de impactos em diferentes setores da bacia demonstra que as alterações ambientais decorrentes da urbanização não se restringem às áreas mais densamente ocupadas, alcançando diferentes compartimentos da bacia hidrográfica (figura 5).

Tabela 2: Pontos de impactos ambientais levantados em campo, suas coordenadas geográficas e descrição dos processos.

Pontos	Coordenadas UTM	Descrição dos elementos de impactos ambientais
1	529795.5370804941 E 7699641.112004233 N	A beira da rodovia, descendo a canaleta, mata fechada com descarte irregular de lixo.
2	530024.8057441396 E 7698691.078755166 N	À beira da rodovia, mata levemente fechada.
3	518694.7938211311 E 7710713.392221688 N	Volume de água superior aos pontos acima, descarte irregular de lixo, bem como construções bem próximas do córrego.
4	518475.9870584202 E 7710862.4226937 N	Volume de água superior aos pontos anteriores, descarte irregular de lixo, água possui aspecto oleoso.
5	518429.884662937 E 7711291.624657771 N	Descarte irregular de lixo, presença de vestígios de movimentação de massa, antigo e horta.
6	519044.2125289534 E 7711271.267999257 N	Canalização evidente, descarte irregular de lixo, fluxo de água acelerado.
7	518295.32376595406 E 7711512.494398387 N	Início do canal principal, descarte irregular de lixo e alto fluxo de água.
8	518009.2752564812 E 7712094.431015146 N	Descarte irregular de lixo e vegetação alta.
9	517499.5687629651 E 7711825.978647456 N	Final do canal principal, descarte irregular de lixo, vegetação alta, obras de expansão de fluxo de água, gerando impacto ambiental.

10	517194.35482256714 E 7711517.647816292 N	Presença de bancos de areia, baixo fluxo de água.
11	516632.26907683176 E 7711783.202834174 N	Presença de mau cheiro, descarte irregular de lixo, alto volume de água.
12	516537.7203480339 E 7711238.863908777 N	Descarte irregular de lixo e vegetação alta.
13	517194.9799483883 E 7711279.708211755 N	Não conseguimos a proximidade suficiente para caracterizar devido à alta densidade da vegetação.
14	514421.62219901226 E 7711120.913096215 N	Dentro da ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), alto volume de água e presença de descarte irregular de lixo.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

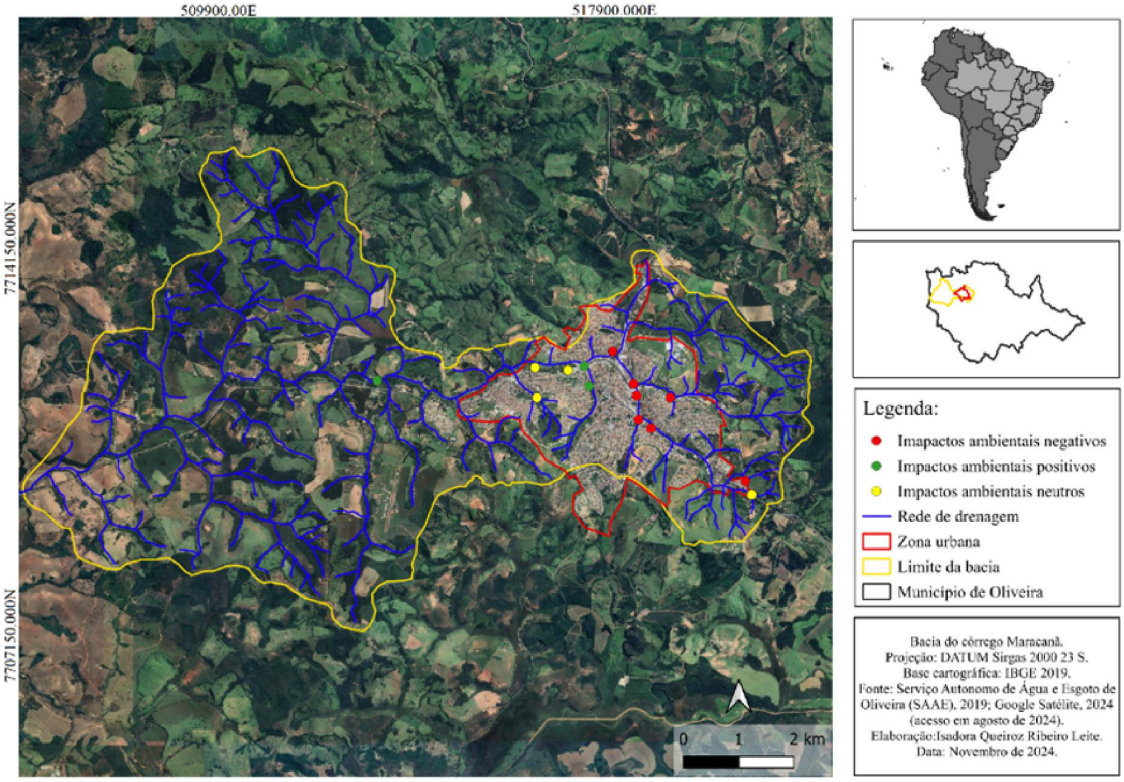


Figura 4: Mapa de localização, hidrografia, pontos de impacto ambiental coletados na bacia do córrego Maracanã. Fonte: Adaptado do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Oliveira (SAAE), 2019; Google Satélite, 2024 e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2019. Elaborado pela autora (2024).



Figura 5: Fotografias das obras no trecho final da Avenida Maracanã (ponto 9). Fonte: Acervo da autora (2022).

A relação entre a morfometria e os impactos observados torna-se evidente ao considerar que a configuração da bacia influencia a dinâmica do escoamento superficial e o transporte de sedimentos, podendo contribuir para processos como assoreamento e sobrecarga dos sistemas de drenagem (Christofoletti, 1994).Os dados pluviométricos reforçam essa interpretação ao indicar que eventos de chuva intensa, quando associados à elevada impermeabilização do solo e às características morfométricas da bacia favoráveis ao escoamento superficial, aumentam a vulnerabilidade à ocorrência de enchentes. Assim, os impactos observados não decorrem exclusivamente da urbanização, mas da interação entre fatores naturais e antrópicos.

7.2) Processos hidro-erosivos na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais.

Localizada na porção de cabeceira da bacia do córrego Maracanã, a sub-bacia do alto córrego dos Cabrais constitui uma pequena unidade hidrográfica situada próxima aos divisores de drenagem. Nos últimos anos, a área tem sido submetida a transformações decorrentes da expansão urbana e do avanço do setor imobiliário no município de Oliveira (MG). A implantação de novos loteamentos e a abertura de vias promoveram modificações

significativas na paisagem, alterando a cobertura vegetal e expondo extensas áreas de solo. A sub-bacia de modo geral, apresenta relevo suavemente ondulado e rede de drenagem de pequena extensão, características que condicionam sua dinâmica ambiental.

A análise das imagens de satélite da sub-bacia (figura 6), em um comparativo entre os anos de 2013 e 2023, evidencia transformações significativas no uso e ocupação do solo. Ao longo desse período, observa-se tanto a expansão da área urbanizada quanto o aumento da densidade de ocupação em setores já consolidados. Em 2023, nota-se a implantação de novos loteamentos e o aumento do número de edificações em relação a 2013, inclusive em áreas anteriormente recobertas por vegetação. Essas mudanças refletem o avanço da urbanização na porção de cabeceira da sub-bacia e as transformações decorrentes da expansão imobiliária observada no município de Oliveira (MG), com implicações diretas sobre a dinâmica ambiental da área.

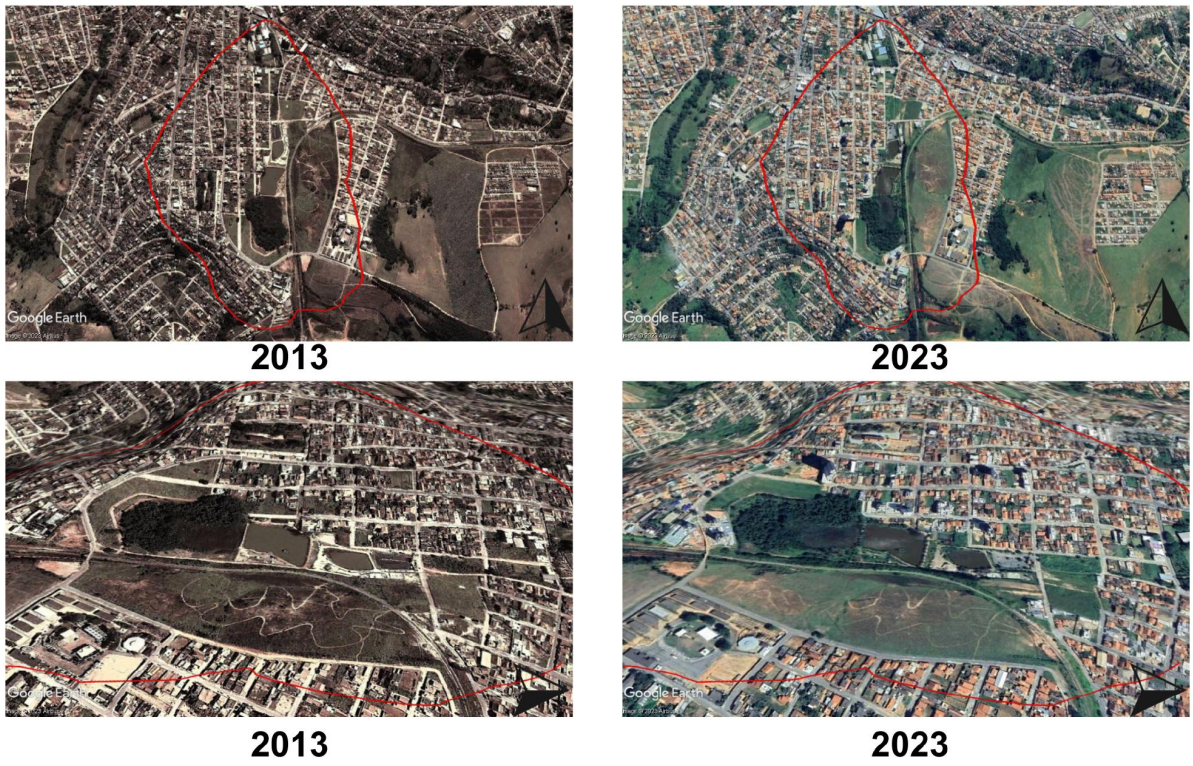


Figura 6: Imagens de satélite comparativo de 2013 e 2023 da sub-bacia estudada, com destaque para área de loteamento em curso (abaixo). Fonte: Adaptado do Google Earth (2023).

A sub-bacia possui três segmentos de canais fluviais, um dos canais passa pelo Parque Municipal João Reis com ocorrência de fluxo perene (figura 7). No Parque Municipal ocorre o represamento do fluxo desse canal, a partir da construção de lagos artificiais em seu interior

para recreação. À montante dos lagos, ocorre a presença de uma área brejosa. O outro canal de primeira ordem, próximo à porção leste, é efêmero e se encontra em uma área privada, com presença de um loteamento destinado à expansão urbana do município. Esse canal de primeira ordem encontra-se aterrado pela ação do empreendimento, mesmo que, ao longo da vertente, seja possível visualizar nascentes. Ainda, forma-se outro canal fluvial na junção dos supracitados canais que drenam em direção ao córrego Maracanã.

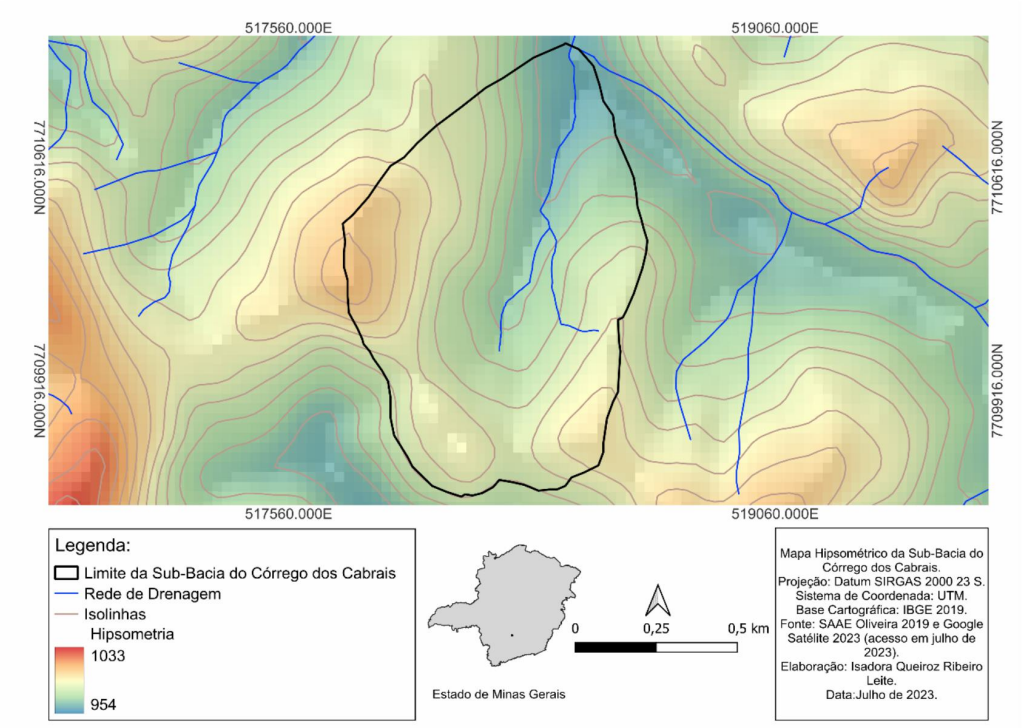


Figura 7: Mapa hipsométrico contendo a rede de drenagem e isolinhas da sub-bacia de drenagem do Córrego dos Cabrais.Fonte: Adaptado do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Oliveira (SAAE), 2019; Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), 2023 e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2019. Elaborado pela autora (2023).

Os parâmetros morfométricos e as dimensões espaciais indicaram que a sub-bacia estudada apresenta área (A) de 0,93 km², comprimento (L) de 1,48 km e perímetro (P) de 3,79 km, caracterizando-a como uma pequena bacia de drenagem. Quanto à rede de drenagem, a sub-bacia foi classificada como de 2ª ordem, segundo a hierarquização proposta por Strahler (1952), e seus canais fluviais totalizam 1,5 km de comprimento (Lt).

Os índices morfométricos apontam para uma densidade de drenagem (Dd) de 1,59 km/km², considerada regular, conforme a classificação de Villela e Mattos (1975), e uma densidade de canais (Dr) de 3,19 canais/km², caracterizada como drenagem espaçada, de

acordo com Christofoletti (1980). A sub-bacia apresenta gradiente médio (Gc) de 0,68%, indicando o predomínio de condições topográficas pouco inclinadas. Ressalta-se, contudo, que esse parâmetro representa uma condição média da bacia e não exclui a ocorrência de setores localizados com maiores declividades, taludes ou margens suscetíveis à instabilidade. Em conjunto, esses parâmetros (tabela 3) caracterizam uma sub-bacia de pequena dimensão, de baixa ordem hierárquica, com drenagem relativamente regular e baixo gradiente médio, condições que podem favorecer a ocupação urbana sob o ponto de vista topográfico. Entretanto, a supressão da cobertura vegetal para a implantação de loteamentos, associada à impermeabilização do solo e às intervenções na drenagem natural, intensificou os processos erosivos e o assoreamento dos canais fluviais, promovendo desequilíbrios no sistema ambiental da sub-bacia

Tabela 3: Parâmetros e índices morfométricos da sub-bacia alto córrego dos Cabrais.

Parâmetros e índices morfométricos da sub-bacia do córrego dos Cabrais	
Área da sub-bacia (A)	0,93 km²
Perímetro da sub-bacia (P)	3,79 km
Comprimento da bacia (L)	1,48 km
Número de canais (n)	3
Comprimento dos canais (Lt)	1,50 km
Densidade de canais (Dr)	3,19 canais/km²
Densidade de drenagem (Dd)	1,59 km/km²
Desnivelamento da bacia (Δb)	79 m
Gradiente do canal principal (Gc)	0,68 %

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao compararmos está sub-bacia com a bacia estudada por Mendes e Mendiondo (2007), em São Carlos (SP), observa-se que apesar da bacia estudada pelos autores possuir maior área, amplitudes altimétricas e padrões de drenagem diferentes, o uso do solo é majoritariamente urbano e ocupado há quase um século, tendo registros de problemas advindos do transporte de sedimentos e inundações há pelo menos noventa anos, desde então, causando diversos impactos ambientais. Por outro lado, Leal e Tonello (2017), estudando bacia com menor discrepância de área e a amplitude altimétrica em Sorocaba (SP),

observaram menor densidade de drenagem, porém com maior eficiência, devido ao uso do solo ser predominantemente de vegetação bem conservada. Dessa forma, ao correlacionar tais estudos com a área em questão, observa-se que o uso e ocupação do solo é um fator fundamental a ser levado em consideração em estudos hidrológicos e transporte de sedimentos.

Os trabalhos de campo permitiram identificar 7 pontos de áreas de impacto ambiental relacionadas à dinâmica hidro-erosiva (tabela 4 e figura 8) em março de 2023. A análise dos pontos de impacto evidência a predominância de processos hidro-erosivos, especialmente nas áreas de expansão urbana recente. Os pontos localizados em áreas de loteamento (pontos 1, 2, 5 e 6) apresentam evidências de escoamento superficial concentrado, associado à instalação de manilhas e ausência de cobertura vegetal adequada. Nos pontos 3 e 4, situados no interior do Parque Municipal João Reis, observa-se acúmulo significativo de sedimentos, indicando a transferência de material erodido das áreas a montante. Esse padrão evidencia a conectividade entre os diferentes setores da bacia, na qual processos erosivos em áreas elevadas resultam em deposição em áreas de menor energia. A presença de sulcos evoluindo para ravinas nas vertentes expostas evidencia um estágio avançado de degradação, relacionado à concentração do escoamento superficial. Tal dinâmica é potencializada pela retirada da cobertura vegetal e pela ausência de práticas de conservação do solo, que favorecem a intensificação dos processos erosivos.

Tabela 4: Pontos levantados de impactos ambientais do alto Córrego dos Cabrais, as suas coordenadas UTM e descrição dos processos.

Pontos de degradação ambiental.		
Ponto 1	518392.806 E 7710356.09N	Manilha 1 - entrada do parque direção norte, transporte e descarga de sedimentos pelo escoamento superficial.
Ponto 2	518289.96 E 7710072.917 N	Manilha 2 - fundo do parque direção sul, transporte e descarga de sedimentos pelo escoamento superficial.
Ponto 3	518212.63 E 7710267.815 N	Assoreamento advindo de sedimentos da vertente oeste.
Ponto 4	518229.691 E 7710160.237 N	Assoreamento advindo da descarga de sedimentos de ambas as vertentes.
Ponto 5	518419.459 E 7710337.596 N	Manilha 3 - loteamento direção norte, transporte e descarga de sedimentos pelo escoamento superficial.

Ponto 6	518321.132 E 7710069.204 N	Manilha 4 - loteamento direção sul, transporte e descarga de sedimentos pelo escoamento superficial.
Ponto 7	518436.785 E 7710218.842 N	Presença de sulcos erosivos evoluindo para ravinamento (o ponto pode ser extrapolado para a área do loteamento, devido ao intenso processo erosivo).

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

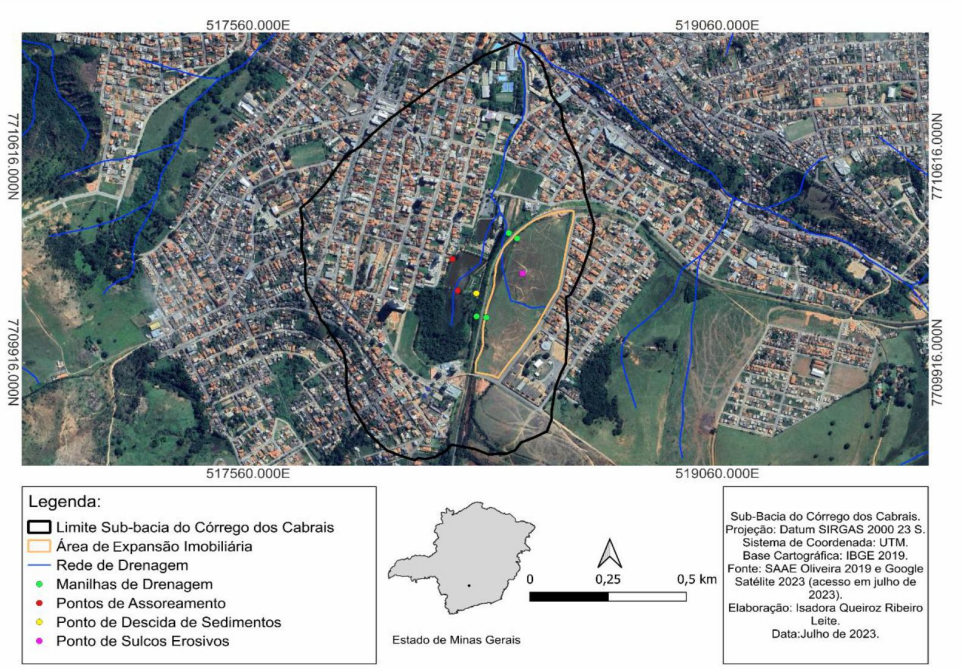


Figura 8: Mapa com imagem de satélite com destaque para os pontos de ações antrópicas com evidências da interferência na produção e transporte de sedimentos, rede de drenagem e localização do loteamento. Fonte: Adaptado do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Oliveira (SAAE), 2019; Google Satélite, 2023; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2019 e levantamento de campo realizado pelos autores, em 2023. Elaborado pela autora (2023).

A área atualmente ocupada pelo loteamento (ponto 7) apresenta diversas feições erosivas decorrentes da supressão da cobertura vegetal e das intervenções de terraplenagem, que expuseram o solo à ação direta das precipitações. Essas modificações favoreceram o surgimento de sulcos erosivos (figura 9B), os quais, em diferentes trechos, já se encontram em processo de evolução para ravinas. Conforme destaca Christofoletti (1994), as áreas submetidas a transformações antrópicas devem ser avaliadas quanto à sua vulnerabilidade e aos fenômenos potencialmente associados às alterações impostas aos ecossistemas e geossistemas, tanto de forma direta quanto indireta. Nesse sentido, as feições identificadas

evidenciam que a ocupação e as intervenções realizadas não foram acompanhadas de medidas preventivas capazes de minimizar os impactos decorrentes da dinâmica hidro-erosiva. Esse cenário reforça a importância da incorporação de critérios ambientais ao planejamento urbano, de modo a antecipar possíveis problemas e reduzir a ocorrência de processos degradacionais associados à expansão das cidades.

A partir da localização dos pontos de manilhas e das áreas de assoreamento (figura 9A), foi possível compreender a dinâmica do transporte de sedimentos na sub-bacia em decorrência do escoamento superficial. Na vertente oeste, a distância entre as cabeceiras e as áreas de assoreamento identificadas nos pontos 3 e 4 é de aproximadamente 490 metros. Nessa encosta, o elevado volume de escoamento superficial está relacionado à impermeabilização promovida pelo asfaltamento, que favorece a concentração do fluxo hídrico e o transporte de sedimentos, resíduos da construção civil e outros materiais sólidos. Já na vertente leste, os sedimentos provenientes das áreas degradadas percorrem aproximadamente 260 metros desde as cabeceiras até os dispositivos de drenagem localizados nos pontos 1, 2, 5 e 6. Com o objetivo de minimizar a chegada de elevadas cargas sedimentares ao parque municipal, foram implantadas estruturas de drenagem conectadas à rede preexistente. Entretanto, em decorrência do aumento da vazão associado à expansão urbana e à intensificação dos processos erosivos, o sistema existente apresenta capacidade insuficiente para suportar o volume de água escoado, resultando em sobrecarga da rede de drenagem (figura 10).



Figura 9: (A) ponto 3 que possuem evidência de assoreamento dos lagos artificiais localizados no Parque Municipal João Reis com sedimentos oriundos da vertente oeste da sub-bacia hidrográfica; (B) ponto 7, visualização de feições erosivas na vertente leste da sub-bacia hidrográfica em área de loteamento em curso. Fonte: Acervo da autora (2023).



Figura 10: Pontos 1, 2, 5 e 6 com a presença de manilhas de águas pluviais e impactos na vertente leste. Fonte: Acervo da autora (2023).

É importante ressaltar que o período chuvoso analisado neste estudo, compreendido entre outubro de 2022 e março de 2023, apresentou precipitação acumulada de 1.506 mm, conforme os dados do CHIRPS. Esse valor é considerado elevado (figura 11), uma vez que supera a média anual da série histórica de 2012 a 2022, correspondente à 1.456 mm. Assim, em apenas seis meses foi registrado um volume pluviométrico superior à média observada para anos completos. Entre os meses avaliados, janeiro de 2023 apresentou o maior acumulado de precipitação, totalizando 371 mm. Esse cenário evidencia a ocorrência de chuvas expressivas durante o período de análise, aspecto relevante para a compreensão da dinâmica hidrológica e geomorfológica da área de estudo. Pois os elevados índices pluviométricos registrados durante o período analisado atuaram como um importante fator de intensificação dos processos erosivos e do transporte de sedimentos observados na sub-bacia. Embora tais fenômenos se manifestem de forma mais expressiva durante a estação chuvosa, seus efeitos tendem a se prolongar ao longo do tempo, repercutindo sobre a dinâmica ambiental da bacia hidrográfica.

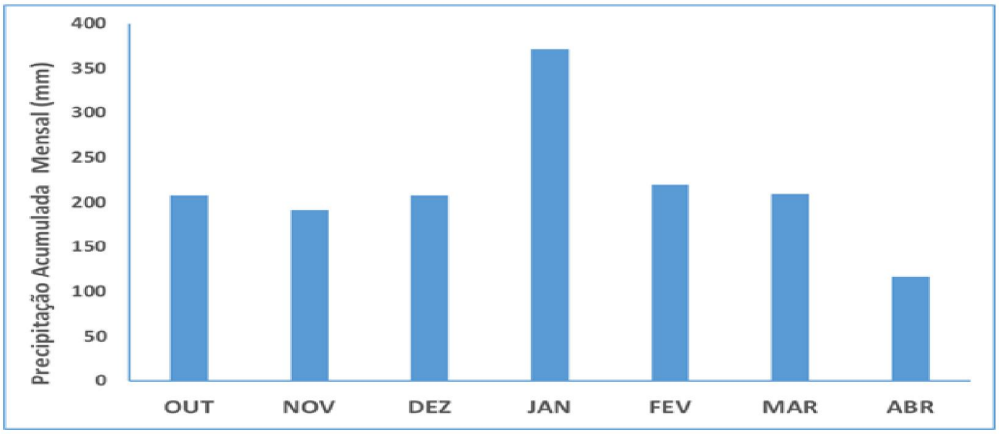


Figura 11: Dados de precipitação estimados para a sub-bacia do Córrego dos Cabrais, extraídos da plataforma CHIRPS, para o período entre outubro de 2022 e abril de 2023.Os dados representam a precipitação média da área delimitada da bacia, considerando a resolução espacial do produto (0,05°). Fonte: *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* (CHIRPS), 2023. Elaborado em colaboração com Luiz Wagner Novais Honório (2023).

A combinação entre eventos de chuva intensa, solo exposto e ausência de medidas adequadas de controle do escoamento superficial favorece a amplificação dos processos erosivos. Esse cenário está em consonância com Leal e Tonello (2017), que destacam que alterações no uso do solo, especialmente a remoção da cobertura vegetal, aumentam significativamente a suscetibilidade à erosão, mesmo em áreas com relevo menos acentuado. Ao associar esses resultados à análise morfométrica, verifica-se que, embora a bacia não apresente características naturais extremas, as intervenções antrópicas modificam seu comportamento hidrológico, promovendo maior concentração do escoamento superficial e ampliando a capacidade de transporte de sedimentos.

7.3) Integração entre os processos observados na bacia do córrego Maracanã e na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais.

A análise integrada da bacia do córrego Maracanã e da sub-bacia do alto córrego dos Cabrais, inserida em sua porção de cabeceira, evidencia que os impactos ambientais observados correspondem a diferentes manifestações de um mesmo sistema hidrográfico. Dessa forma, os processos identificados não devem ser interpretados de maneira isolada, uma vez que as transformações ocorridas a montante tendem à repercutir à jusante.

Os levantamentos de campo demonstraram que a bacia do córrego Maracanã apresenta impactos associados a um processo de urbanização consolidado, caracterizado pela presença

de resíduos sólidos, alterações na drenagem natural, ocupação das margens dos cursos d'água e degradação da qualidade ambiental. Em contrapartida, na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais, os principais impactos estão relacionados à expansão imobiliária recente, destacando-se a supressão da cobertura vegetal, a movimentação de terra e a intensificação dos processos hidro-erosivos (Guerra; Cunha, 2009). Essas diferenças evidenciam que distintas fases de ocupação urbana produzem respostas ambientais específicas. Enquanto os impactos observados na bacia principal refletem intervenções acumuladas ao longo do tempo, na sub-bacia predominam processos relacionados à produção e ao transporte de sedimentos, característicos de áreas em processo de ocupação (Tucci, 2005/2012).

A conectividade hidrológica estrutural entre a sub-bacia do alto córrego dos Cabrais e os demais setores da bacia do córrego Maracanã é favorecida pela própria configuração do sistema de drenagem, uma vez que a sub-bacia se localiza nas áreas de cabeceira da bacia principal. Essa condição permite que a água e os sedimentos produzidos em montante sejam transferidos continuamente para à jusante por meio da rede hidrográfica. Além dessa conexão natural, as intervenções antrópicas observadas na área, como a impermeabilização do solo, a concentração do escoamento superficial e a implantação de estruturas de drenagem interligadas às redes preexistentes, intensificam a circulação de fluxos e ampliam a capacidade de transporte de sedimentos ao longo do sistema. Dessa forma, os impactos gerados na sub-bacia tendem a extrapolar seus limites espaciais, repercutindo sobre toda a bacia do córrego Maracanã (Brierley; Fryirs, 2005).

Nesse contexto, os sedimentos produzidos na sub-bacia do alto córrego dos Cabrais tendem a ser transportados pela rede de drenagem em direção aos canais da bacia do córrego Maracanã, contribuindo para processos de assoreamento e para alterações na dinâmica ambiental dos setores situados à jusante. Tal condição corrobora a concepção de Botelho (2011), segundo a qual a bacia hidrográfica deve ser compreendida como uma unidade integrada, em que alterações em determinado compartimento repercutem sobre todo o sistema. De forma complementar, Coelho Netto (1994), destaca que os processos erosivos intensificados pelas ações antrópicas constituem importantes mecanismos de produção e transferência de sedimentos, influenciando diretamente a dinâmica fluvial. Assim, os resultados obtidos demonstram que as transformações em áreas de cabeceira tendem a potencializar os impactos já observados nos setores mais urbanizados da bacia.

Dessa forma, a compreensão da dinâmica ambiental do córrego Maracanã depende da análise conjunta dos processos que ocorrem em seus diferentes compartimentos. Essa condição reforça a necessidade de planejamento ambiental integrado e evidencia a

importância da sub-bacia do alto córrego dos Cabrais como área estratégica para o monitoramento da expansão urbana e para a conservação dos recursos hídricos (Brasil, 1997).

8) CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Os resultados sugerem que a urbanização atua como principal fator de alteração da dinâmica hidrológica e geomorfológica das bacias analisadas. Na bacia do córrego Maracanã, caracterizada por ocupação urbana consolidada, observou-se predominância de impactos relacionados à poluição hídrica, canalização dos cursos d'água e sobrecarga dos sistemas de drenagem. Esse padrão está associado à elevada impermeabilização do solo, que reduz a infiltração e intensifica o escoamento superficial, aumentando a vulnerabilidade a eventos de inundação.

Por outro lado, a sub-bacia do alto córrego dos Cabrais, localizada nas áreas de cabeceira da bacia do córrego Maracanã e atualmente em processo recente de ocupação, apresentou predominância de processos hidro-erosivos, como formação de sulcos, ravinas e assoreamento, resultantes da remoção da cobertura vegetal e da exposição do solo. Esses processos evidenciam que, mesmo em áreas com características morfométricas menos propensas à erosão, a intervenção antrópica pode atuar como fator determinante na intensificação da degradação ambiental.

A análise integrada dos diferentes compartimentos da bacia do córrego Maracanã permitiu identificar um padrão evolutivo da degradação ambiental associado aos distintos estágios de ocupação urbana. Observou-se que áreas de ocupação mais recente, representadas pela sub-bacia do alto córrego dos Cabrais, apresentam processos hidro-erosivos ativos, enquanto os setores com urbanização consolidada concentram impactos associados à degradação da drenagem, poluição hídrica e qualidade ambiental. Esse resultado reforça a importância de considerar o estágio de ocupação das bacias na análise dos impactos ambientais.

Além disso, os resultados demonstraram que a morfometria atua como condicionante dos processos hidrológicos, influenciando a velocidade de resposta das bacias aos eventos de precipitação. No entanto, verificou-se que o uso e ocupação do solo exerce papel predominante na definição dos processos observados, evidenciando a forte influência das ações antrópicas sobre o funcionamento dos sistemas naturais.

Do ponto de vista aplicado, o estudo destaca a necessidade de planejamento urbano integrado, que considere a bacia hidrográfica como unidade de gestão, incorporando medidas

de controle do escoamento superficial, preservação da cobertura vegetal e adequação das infraestruturas de drenagem. A adoção dessas estratégias é fundamental para a mitigação dos impactos identificados e para a promoção de maior equilíbrio ambiental.

Por fim, a pesquisa contribui para a compreensão da dinâmica hidro-erosiva em contextos de urbanização, evidenciando a importância da abordagem sistêmica na análise de bacias hidrográficas. Os resultados obtidos nesta pesquisa podem subsidiar ações de gestão territorial e planejamento ambiental, especialmente em municípios de médio porte que enfrentam processos semelhantes de expansão urbana.

9) AGRADECIMENTOS:

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de Iniciação Científica (006/2021/PROPE), que financiou e viabilizou a execução da pesquisa que deu origem a este trabalho.O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e à Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

10) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AB' SABER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003. 158 p.

BARCELLOS, C. Informações sobre água e saúde no Brasil: Fonte de dados e possibilidades de inter-relacionamento. **O estado das águas no Brasil**, Agência Nacional das Águas, Brasília, 2003. p. 247-255.

BDIA; **Banco de Dados de Informações Ambientais**; Disponível em:< https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>. Acesso em: 7 de julho de 2023.

BERTRAND, G. Écologie d'un espace géographique: les géosystèmes du valle de Prioro (Espagne du N.O.). **L'Espace Géographique**, Paris, n. 2, v. 1, 1972. p. 113-128.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (Org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p .71- 116.

BRASIL. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, n.º 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e n.º 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, e n.º 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de

agosto de 2001, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília–DF, 28 maio 2012.

BRASIL. **Lei n.º 9.433, de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília–DF, 8 janeiro 1997.

BRASIL**. Projeto RADAMBRASIL.** Geologia. Folhas SF-23/24. Rio de Janeiro/Vitória. 1983. p. 27-304. Acesso em: 07 de julho de 2023.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management**: **Applications of the River Styles Framework**. Oxford: Blackwell Publications, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 1.ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 415-437.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgar Blucher, 1981. 313 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher, 1980. 188 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blucher, 1999. 256 p.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. **Geological surveyprofessional paper**. Washington: United States Government Printing Office, 1962.

CLIMATE HAZARDS CENTER. **Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data**. Disponível em: https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps. Acesso em: 08 de julho de 2023.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 93-148.

COELHO NETTO, A. L. Diagnósticos de erosão para o planejamento regional: subsídios metodológicos sob enfoque geo-hidroecológico. In: **Anais do VI Simpósio Nacional de Controle da Erosão**, São Paulo: Presidente Prudente, 1998.

CPRM. Programa Geológico do Brasil. **Levantamentos Geológicos Básico**. Geologia da folha Campo Belo SF.23-V-B-VI. 2007, p.148. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/11164. Acesso em: 15 de maio de 2023.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L. B. **Water Environmental Planning**. Nova York: W. H. Freeman and Company, 1978. 818 p.

FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Nota técnica N° 1**

La microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales. 1999. Disponível em: file:///C:/Users/raulc/Desktop/BH/Microcuenca%20FAO.pdf. Acesso em: 28 de março de 2025.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90 p.

FERREIRA, A. B. R.; FONSECA, B. M.; PEREIRA, G. Compartimentação do relevo baseada em parâmetros morfométricos: uma análise da região do extremo oeste da Bahia. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 60, p. 236-251, 2020.

FREITAS, M. S.; NEGREIROS, A. B. Poluição dos recursos hídricos: uma análise sobre a percepção ambiental dos moradores às margens de um córrego urbano. *In:* **Anais do XVII Congresso de Produção científica e acadêmica da UFSJ**. São João del-Rei, 2019.

FUNK, C., PETERSON, P., LANDSFELD, M. et al. The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, v. 2, n. 1, p. 1-22, 2015. Disponível em: https://www.nature.com/articles/sdata201566. Acesso em: 08 de julho de 2023.

GASPARI, F. J.; VAGARIA, A. M. R.; SENISTERRA, G. E.; DELGADO, M. I.; BESTEIRO, S. I. **Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas**. La Plata: Universidad Nacional de la Plata, 2013, 188p.

GORSKI, M. C. B. **Rios e Cidades: ruptura e reconciliação**. 1.ª ed. Editora Senac. São Paulo, 2010.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 149-199.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 337-351.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, p. 275-370, 1945.

HUGGETT, R. J. Introducing landforms and landscapes. In: HUGGETT, R. J.; SHUTTLEWORTH, E. **Fundamentals of geomorphology**. 3 ed. London: Routledge 2011. 516 p.1-84.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE cidades 2023**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/ Acesso em: 03 de julho de 2023.

ISMAIL, M. SINGH, H · ISHFAQ, F. · NAHIDA, Y. Quantitative morphometric analysis of Veshav and Rembi Ara watersheds, India, using quantum GIS. **Appl Geomat**. v. 14, n. 2, p. 119–134, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12518-022-00417-3. Acesso em: 14 de julho de 2023.

KOPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Orgs.) Handbuch der Klimatologie. Berlin: **Gebrüder Bornträger**, 1936. p. 1-44. Disponível em: https://cir.nii.ac.jp/crid/1571980075115373056. Acesso em: 14 de julho de 2023.

LASHFORD, C.; LAVERS, T.; REANEY, S.; CHARLESWORTH, S.; BURGESS-GAMBLE, L.; DALE, J. Sustainable Catchment-Wide Flood Management: A Review of the Terminologia and Application of Sustainable Catchment Flood Management Techniques in the UK. **Water.** v. 14, n.º 8, 2022.

LEAL, M. S.; TONELLO, K. C. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da microbacia do Córrego Ipaneminha de baixo, Sorocaba/SP. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 439-446, 2017. Disponível em: https://www.nature.com/articles/sdata201566. Acesso em: 25 de fevereiro de 2023.

LEITE, I. Q. R. SOUZA, C. J. O. Conhecimento e percepção das condições socioambientais da bacia do córrego Maracanã entre estudantes do 9.º ano de escolas públicas da cidade de Oliveira-MG. In: **Anais Encontro Sul-Mineiro de Geografia & 7.ª Jornada Científica da Geografia UNIFAL-MG**. Alfenas-Minas Gerais-Brasil, 2023.

LEMOS, M. R; BECEGATO, V. A; BECEGATO, V. R.; ROSINI, D. N. Estudo do desenvolvimento urbano da bacia hidrográfica do Rio Ponte Grande, em Lages/SC. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12 n. 1, 2021. p. 347-361.

LEOPOLD, L. B. **A view of the river**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1994. 298 p.

MAGALHÃES, C. S.; RODRIGUES, S. C. A aplicação de parâmetros morfométricos no estudo do relevo das bacias do Rio Santo Antônio e Ribeirão Grande, Serra da Canastra, Sudoeste de Minas Gerais. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. especial 1, 2020. p.136-153.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – Série Anual de Desmatamento Acumulado do Brasil. Coleção 10. São Paulo: **MapBiomas, 2025**. Disponível em: https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/deforestation/deforestation_annual_accumulated. Acesso em: 23 junho 2026.

MARTINS, F. B. G.; dos Santos, D. F.; Reboita, M. S. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de**

Climatologia, Dourados-MS, 2018 .p. 129-156. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14064. Acesso em: 06 de julho de 2023.

MENDES, H. C.; MENDIONDO, E. M. Histórico da expansão urbana e incidência de inundações: o caso da Bacia do Gregório, São Carlos-SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 1, 2007. p. 17-27. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/21/8929ab216c275c4e6f0c83e08e1e2fbb_239069120256863bc9bc6df8ae5bcd86.pdf. Acesso em: 26 de abril de 2023.

NEGREIROS, A B. **Recuperação de Floresta Atlântica e Resultante hidro-erosiva em clareiras de deslizamentos nas encostas íngremes do maciço da Tijuca, RJ**. Tese (Doutorado)-Programa de pós-graduação em geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

OLIVEIRA, E. D.; OLIVEIRA, E. D.; CRESTANI, A. Caracterização fisiográfica da Bacia de drenagem do Córrego Jandaia, Jandaia do Sul/PR. **ACTA Geográfica**, v.5, n. 10, 2011. p.169-183.

PEIXOTO, R. A. O. PEREIRA, E. SALLA, M. R. ALAMY FILHO, J. E. NISHIMURA, A. Determinação da relação entre vazões líquidas e sólidas e análise dos fatores que influenciam a dinâmica do transporte de sedimentos na Bacia do Rio Jordão (UPGRH-PN 1). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, 2020.p. 921-931. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180137. Acesso em: 13 de maio de 2023.

PELECH, A. S.; PEIXOTO, M. N. O. O. Rios urbanos: contribuições da antropologia geomorfologia e dos estudos sobre os terrenos tectogênicos. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro. v.65 n.1. 2020. p. 2-22.

ROSS, J L S. **Geomorfologia , ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto. 1990.

SILVA, A. J., GENÚ, J. M., REIS, J. V. Breve estudo de Impacto Ambiental urbano utilizando a matriz de checklist em um bairro da cidade do Recife (Brasil). **Meio Ambiente (Brasil)**, v.2, n.2, 2020. p. 02-07.

STRAHLER, A. N. Hypsometric analysis of erosional topography. Geological Society of **America Bulletin**, n. 63, 1952. p.111-1141.

TOPODATA. **Banco de Dados Geomorfometricos do Brasil**. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php. Acesso em: 15 de abril de 2023.

TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana. **Ciência e cultura**, v. 55, n. 4, 2003. p. 36-37.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções . **Estudos Avançados**, São Paulo, Brasil, v. 22, n. 63, 2008. p. 7–16. Disponível em: https://revistas.usp.br/eav/article/view/10290. Acesso em: 07 de junho de 2026.

TUKURA, N. G. AKALU, MM, HUSSEIN, M. et al. Morphometric analysis and sub-watershed prioritization of Welmal watershed, Ganale-Dawa River Basin, Ethiopia: implications for sediment erosion. Journal of **Sedimentary Environments**, v. 6, 2021.p.121-130. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s43217-020-00039-y. Acesso em: 13 de julho de 2023.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Bacias Hidrográficas. In: VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (Orgs.) **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. p 6-28. Disponível em: https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/villela-s-m-matos-a-hidrologia-aplicada-caps-1-2-e-3.pdf. Acesso em: 02 de fevereiro de 2023.

WISLER, C.O.; BRATER, E. F. **Hydrology**. New York: John Wiley & Sons, 1949.