

MAPEAMENTO E LEVANTAMENTO DOS IMPACTOS RELACIONADOS À EROÇÃO E ASSOREAMENTO EM UMA SUB- BACIA DE DRENAGEM, OLIVEIRA - MG.

*MAPPING AND SURVEY OF IMPACTS RELATED TO EROSION AND SILTATION
IN A CATCHMENT, OLIVEIRA - MG.*
*MAPEO Y LEVANTAMIENTO DE IMPACTOS RELACIONADOS CON LA EROSIÓN Y
LA SEDIMENTACIÓN EN UNA SUBCUENCA DE DRENAJE, OLIVEIRA - MG.*

*CARTOGRAPHIE ET ÉTUDE D'IMPACTS LIÉS À L'ÉROSION ET À
L'ENVASEMENT DANS UN SOUS-BASSIN VERSANT À OLIVEIRA - MG.*

ISADORA QUEIROZ RIBEIRO LEITE ^{1*}
RAFAEL DA SILVA TEIXEIRA ²
ANDRÉ BATISTA DE NEGREIROS ³

¹ Graduanda em Geografia modalidade licenciatura da Universidade Federal de São João del-Rei Campus Tancredo de Almeida Neves, CTAN-UFSJ. E-mail: isadoraleite2001@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0524-7198>

² Pós-graduando em Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei Campus Tancredo de Almeida Neves, CTAN-UFSJ. E-mail: rafaelteixeirageo@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4855-3672>

³ Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei Campus Tancredo de Almeida Neves, CTAN-UFSJ. E-mail: andrebnegreiros@ufsj.edu.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5278-5546>

RESUMO

As bacias hidrográficas urbanas vêm sofrendo cada vez mais com processos erosivos, devido ao aumento do escoamento superficial propiciado pela retirada da vegetação e demais pressões antrópicas. Assim, foi escolhida uma sub-bacia denominada alto córrego dos Cabrais em Oliveira (MG), para o entendimento dos impactos ambientais relacionados à erosão e assoreamento. Foram levantados sete pontos de impactos. Ainda, foram feitos comparativos históricos, mapeamento e cálculos morfométricos, na qual, observa-se área de 0,93 km² e densidade de drenagem de 1,59 km/km², dentre outros parâmetros calculados. O que indicam uma tendência a não acarretar problemas expressivos de drenagem, porém, observa-se um aumento da erosão e produção de sedimentos. Esses impactos decorrem da expansão imobiliária que afeta a bacia, e que poderiam ser evitados com um efetivo planejamento urbano e ambiental.

Palavras-chave: Produção de sedimentos. Assoreamento. Bacias hidrográficas.

ABSTRACT

Urban watersheds have been suffering more and more from erosion processes, due to the increase in surface runoff caused by the removal of vegetation and other anthropic pressures. Thus, a sub-basin called the upper creek of Cabrais in Oliveira (MG) was chosen to understand the environmental impacts related to erosion and siltation. Seven impact points were surveyed. Also, historical comparisons, mapping and morphometric calculations were made, in which an area of 0.93 km² and a drainage density of 1.59 km/km², among other calculated parameters, were observed. This indicates a tendency not to cause significant drainage problems, however, an increase in erosion and sediment production is observed. These impacts stem from the real estate expansion that affects the basin, and which could be avoided with effective urban and environmental planning.

Keywords: Sediment production. Silting. Catchments.

RESUMEN

Las cuencas urbanas han venido sufriendo cada vez más los procesos de erosión, debido al aumento de escurrimiento superficial provocado por la remoción de vegetación y otras presiones antrópicas. Por lo tanto, se eligió una subcuena llamada arroyo superior de Cabrais en Oliveira (MG) para comprender los impactos ambientales relacionados con la erosión y la sedimentación. Se inspeccionaron siete puntos de impacto. Asimismo, se realizaron comparaciones históricas, cartografía y cálculos morfométricos, en los que se observó un área de 0,93 km² y una densidad de drenaje de 1,59 km/km², entre otros parámetros calculados. Esto indica una tendencia a no causar problemas significativos de drenaje, sin embargo, se observa un incremento en la erosión y producción de sedimentos. Estos impactos se derivan de la expansión inmobiliaria que afecta a la cuenca, y que podrían ser evitados con una efectiva planificación urbana y ambiental.

Palabras clave: Producción de sedimentos. Sedimentación. Cuencas hidrográficas.

RÉSUMÉ

Les bassins versants urbains souffrent de plus en plus des processus d'érosion, en raison de l'augmentation du ruissellement de surface causé par l'enlèvement de la végétation et d'autres pressions anthropiques. Ainsi, un sous-bassin appelé le ruisseau supérieur de Cabrais à Oliveira (MG) a été choisi pour comprendre les impacts environnementaux liés à l'érosion et à l'envasement. Sept points d'impact ont été sondés. De plus, des comparaisons historiques, des cartographies et des calculs morphométriques ont été effectués, dans lesquels une superficie de 0,93 km² et une densité de drainage de 1,59 km/km², entre autres paramètres calculés, ont été observées. Cela indique une tendance à ne pas causer de problèmes de drainage importants, cependant, une augmentation de l'érosion et de la production de sédiments est observée. Ces impacts découlent de l'expansion immobilière qui affecte le bassin, et qui pourraient être évitées grâce à une planification urbaine et environnementale efficace.

Mots-clés: Production de sédiments. Envasement. Bassins versants.

INTRODUÇÃO

As cidades brasileiras sofrem cada vez mais com problemas ambientais relacionados à dinâmica hidrológica, que passam pelo contexto da ocupação e urbanização das bacias hidrográficas. As bacias de drenagem ou hidrográficas podem ser definidas, segundo Dunne e Leopold (1978), como uma área da superfície da terra que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum no canal fluvial, delimitada por sua topografia.

Dentre as bacias hidrográficas, as bacias urbanas merecem atenção, em virtude do aumento de problemas decorrentes do desequilíbrio dos sistemas ambientais, quando comparadas à áreas recobertas por vegetação, onde encontra-se um sistema complexo de redistribuição dos fluxos (BOTELHO, 2011). De acordo com Coelho Netto (1994) a cobertura vegetal e a serrapilheira têm como uma de suas funções, interceptar parte da precipitação pelo armazenamento de água e promover a infiltração da água no solo. Contudo, com a retirada da cobertura vegetal, que afetam as áreas urbanas e de expansão, a água apresenta dificuldade no processo de infiltração, causando o aumento do escoamento superficial, que pode promover a erosão e o aumento no transporte de sedimentos.

Os processos erosivos superficiais dos solos através da água nas encostas ocorrem pelo escoamento superficial que varia no tempo e espaço. Tal evento ocorre durante as chuvas quando a capacidade de depósito de água no solo se esgota, isto é, a saturação do solo. Dessa forma o fluxo excedente escoar carregando consigo grãos do solo. Esses eventos se intensificam em zonas nas quais a cobertura vegetal foi retirada ou diminuída resultando no aumento de sua energia. Tal problemática se relaciona com o contraste altimétrico e a dimensão espacial, que gera contrastes no tipo e quantidade de material, como em uma bacia hidrográfica (GUERRA e CUNHA, 1994). Essas partículas transportadas são denominadas sedimentos, que por sua vez são produtos insolúveis do intemperismo das rochas, quando movidos pela água. Esses sedimentos podem ser de diferentes tamanhos, variando desde argilas a cascalhos (LEOPOLD, 1994), que são transportados pela água tendem a chegar aos canais fluviais, onde toda a bacia hidrográfica é responsável pelo fornecimento detrítico aos cursos de água (CHRISTOFOLETTI, 1981). Devido a esse processo de realocação de sedimentos, um dos impactos ambientais comuns em bacias hidrográficas, sobretudo em áreas urbanas, é o assoreamento e erosão dos corpos hídricos.

Segundo Peixoto, et al. (2020) entender o escoamento de sedimentos é de grande importância para gestão de recursos hídricos, contudo, a falta de planejamento no uso e ocupação do solo influenciam diretamente tal dinâmica, pois geram aumento da degradação ambiental e da erosão, aumentando a carga de sedimentos e levando possivelmente a assoreamento de canais principalmente em épocas de chuvas.

Os processos erosivos ocorrem com ou sem a intervenção humana, porém são intensificados pela sociedade devido às pressões antrópicas, principalmente com o manejo inadequado do solo, corte das encostas e impermeabilização do solo. Sendo, as intervenções antrópicas, as principais causas da aceleração dos processos de degradação ambiental (GUERRA e CUNHA, 2009). Em áreas urbanas, as obras de engenharia buscam ampliar as condições de ocupação do solo, tendo muitas vezes como dificuldade a morfologia.

Principalmente em encostas próximas a corpos de água nos quais muitas vezes sofrem canalização com o intuito de melhoria na drenagem e erosão. Embora tais obras quando bem planejadas e executadas tenham como objetivo criar melhores condições, também geram impactos ambientais. (CHRISTOFOLETTI, 1994).

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi definida como área de estudo a sub-bacia do Córrego dos Cabrais, localizada em área urbana sob processo de expansão de ocupação, nas cabeceiras da bacia do ribeirão Maracanã em Oliveira (MG), na qual a sub-bacia se insere. Essa bacia foi estudada anteriormente por Leite e Negreiros (2022), os autores observaram a necessidade de compreender melhor os processos hidrológicos e a dinâmica do transporte de sedimentos que ocorrem nas cabeceiras, em virtude dos problemas observados na calha do canal coletor da bacia.

Assim, o presente artigo busca entender, através de levantamentos de campo e de parâmetros morfométricos, a dinâmica hidrológica e processos relacionados à erosão na sub-bacia estudada. Sobretudo, quanto ao elevado transporte da carga de sedimentos provenientes da urbanização e de áreas de expansão. Pretende-se, a partir do entendimento dos processos, gerar conhecimentos sobre essas bacias, inclusive a partir da extrapolação para outras escalas de análise e sub-bacias hidrográficas, em especial, para bacias que atravessam áreas urbanas de médias e pequenas cidades. O que pode, inclusive, subsidiar decisões do planejamento urbano e ambiental, através do conhecimento adquirido dos processos hidrológicos e sedimentológicos em sub-bacias de condições similares, e pelo levantamento dos indicadores ambientais abordados na pesquisa.

METODOLOGIA

Conforme exposto anteriormente, o plano amostral escolhido para esse estudo é uma sub-bacia de drenagem localizada próximo às cabeceiras de drenagem (sub-bacia do alto córrego dos Cabrais). Onde, foram feitos comparativos históricos através de imagens de satélite extraídas do *Google Earth Pro* em dois diferentes ângulos, com o intuito de entender o modo que a urbanização agiu sobre a área no intervalo de 10 anos (2013-2023). Este intervalo de tempo foi escolhido a partir da disponibilidade das imagens de satélite na base de dados.

Com o propósito de mapear a área, foram feitos trabalhos de campo em março de 2023, onde foram identificados e marcados os pontos de impacto ambiental relacionados à erosão ou assoreamento. O levantamento foi feito no sentido de jusante para montante na sub-bacia. O georreferenciamento foi realizado com o uso do aplicativo *UTM Geo Map*, através do Sistema de Posicionamento Global (GPS), posteriormente, os dados foram transformados para o formato *Kml*. A partir disso, os dados levantados em campo foram trabalhados no *software Qgis* (versão 3.30.0) e plotados utilizando imagens de satélite e dados topográficos extraídos da *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, resultando em mapas topográficos. Ainda, foram utilizados dados secundários de hidrografia e delimitação da área urbana, pré-existentes do acervo do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE).

Os dados utilizados de precipitação foram os da série entre 2012 e 2022, extraídos da plataforma *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS)* que agrupa os dados estimados via satélite e os dados de estações convencionais de precipitação com resolução espacial de 0,25° e 0,05° (com valor espacial aproximado de 5 km²) possuindo uma cobertura global entre 50°S e 50°N (FUNK et al. 2015). Em um primeiro momento se buscou os dados das estações pluviométricas localizadas no município e disponível no portal *Hidroweb*, contudo, os dados apresentavam ausência de mensurações em diversos intervalos da série amostral. Os dados foram tratados através de software estatístico. Foram utilizados ainda, dados do período chuvoso que foi desenvolvido o estudo, que foi de setembro de 2022 a março de 2023.

Paralelamente a geração dos mapas, foram calculados pelo *software* de geoprocessamento, os dados de: área da bacia hidrográfica, perímetro, comprimento e desnivelamento da bacia que foram base para a geração dos parâmetros morfométricos. Tais parâmetros seguiram os métodos descritos por Christofolletti (1980), na qual 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 de Horton (1945) sendo expresso pela (altitude máxima ÷ comprimento do canal principal).

Segundo Christofolletti (1999), a morfometria é um conjunto de procedimentos que descrevem os sistemas ambientais, a partir de indicadores relacionados à forma, estrutura e a interação entre as vertentes e os canais de uma bacia hidrográfica. Esses procedimentos, mesmo tendo surgido em meados do século XX, continuam atuais, tal como demonstram diversos estudos recentes que utilizam estes métodos através de uso de *softwares* de geoprocessamento, resultando em uma associação da morfometria de bacias com a Geomática (ISMAIL, et al. 2022; TUKURA, et al. 2021; VIECELI, et al. 2015).

ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia do alto Córrego dos Cabrais (figura 1) localiza-se no município de Oliveira, região do Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais. O município possui uma área de 897,294 km², com população de 39.262 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023). O município tem sua área na porção meridional sul do Cráton de São Francisco, possuindo estabilidade e resistência mecânica, detendo predomínio de gnaisses, granitóides, quartzitos e quartzos (Machado Filho et al. 1983). Possui em seu território partes do gnaiss Claudio, gnaisses Candeias e Itapecerica que são constituído por densidade moderada e granulação fina a grossa (CPRM, 2007).

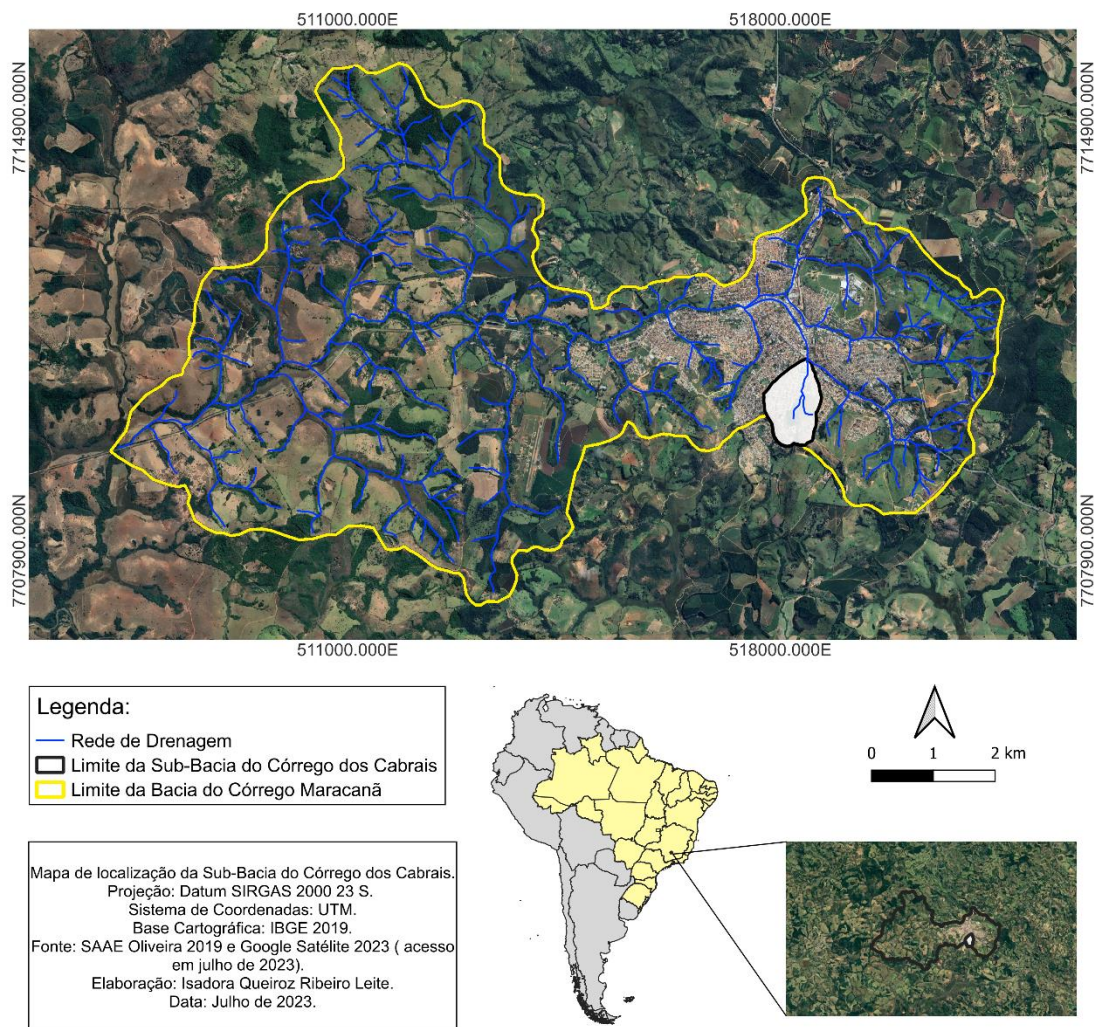
Seus solos predominantes segundo dados do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA-IBGE, 2023), são os Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, Argissolo vermelho-amarelo, Latossolo vermelho, Cambissolo Háplico. Ademais, o município apresenta relevo acidentado sendo constituído por mares de morros com média altimétrica de 987 m. Sendo caracterizado por predomínio vegetal de fragmentos de Mata Atlântica, também sendo encontrado pequenas áreas de Cerrado, onde, sua aparência varia conforme as estações do ano.

Quanto à classificação climática de Koppen (1936) a área se inclui no clima subtropical de inverno seco e com verão quente e úmido (MARTINS et al. 2018). Os valores médios de precipitação acumulada anual (figura 2) estimados pelo CHIRPS são de 1.456 mm para o período entre 2012 a 2022. Os anos se apresentaram em sua grande maioria dentro do esperado (entre a média e mais e menos o desvio padrão). Dois anos foram considerados atípicos para mais chuvas e dois anos para menos. Quando analisados os valores médios mensais para a série amostral, visualiza-se o início do período chuvoso em outubro e finalizando em março, a média do mês mais chuvoso foi março com 278 mm, seguido de dezembro com 251 mm. O período seco é bastante pronunciado indo de maio a agosto. Já os meses de abril e setembro se apresentaram como meses de transição entre os períodos chuvosos e secos.

A sub-bacia estudada se insere na bacia hidrográfica do Ribeirão Maracanã estudada anteriormente por Leite e Negreiros (2022), e possui a hierarquia de canais de 4^a ordem, segundo Strahler (1952). Detém área de 60,3 Km², possuindo boa drenagem em razão do seu formato alongado, contudo devido ao concentrar-se próximo de área urbana em seu alto curso, sofre com alterações da dinâmica hidrológica pelo seu uso urbano, tendendo a sofrer enchentes. Tal adversidade se dá pelo crescimento desordenado e os diversos impactos ambientais que se estendem pela área da bacia, dentre eles a canalização, descarte irregular de lixo e esgoto.

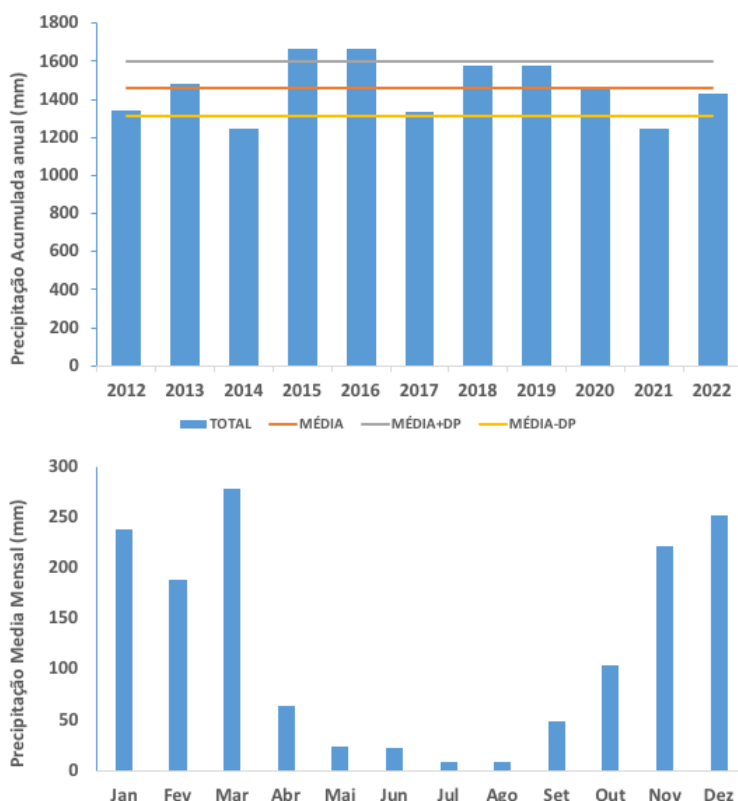
A sub-bacia hidrográfica do alto Córrego dos Cabrais se localiza em uma área urbanizada e sob expansão imobiliária da cidade de Oliveira, possui canais que drenam para o interior do Parque Municipal João Rei, que foi inaugurado em agosto 2012, e tem o intuito de ser um refúgio natural para a população, em meio à área urbana da cidade.

Figura 1 - Mapa de localização e hidrografia da sub-bacia de drenagem do Córrego dos Cabrais e sua inserção na bacia do ribeirão 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 pelos autores (2023).

Figura 2 - Dados de precipitação estimados para a sub-bacia do Córrego dos Cabrais, 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.



Fonte: *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS)*, 2023. Elaborado pelos autores (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sub-bacia do Alto Córrego dos Cabrais trata-se de uma pequena bacia hidrográfica próxima aos divisores de drenagem e sob ação de ocupação ou expansão urbana. A sub-bacia possui vertentes pouco íngremes e com baixa amplitude do relevo (79 m). As cotas altimétricas variam entre 954 a 1.033 m (figura 3), e se inserem em um contexto regional do domínio de Mares de Morros, conforme categorização proposta por AB`Saber (2003).

A sub-bacia possui três canais fluviais. Um dos canais passa pelo Parque Municipal João Reis com ocorrência de fluxo perene. No Parque municipal ocorre o represamento do fluxo desse canal, a partir da construção de um lago artificial em seu interior para recreação. À montante do lago, 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 Ribeirão Maracanã.

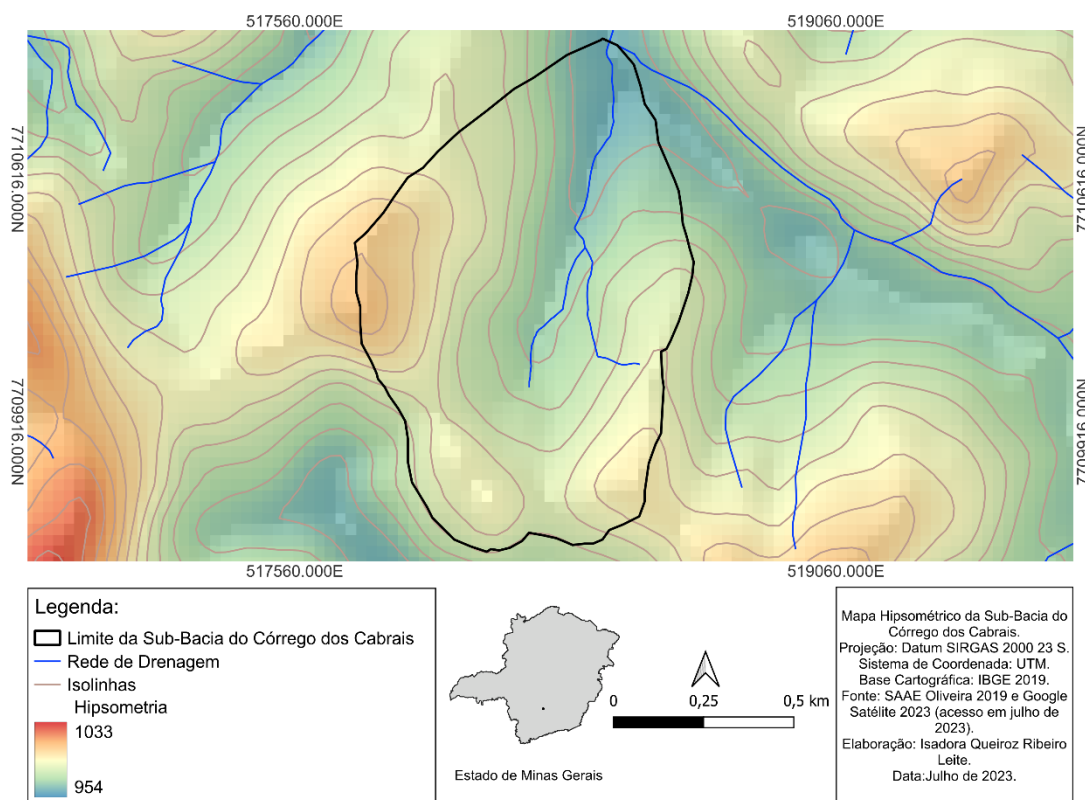
Ao serem analisadas as imagens da sub-bacia (figura 4) em um comparativo histórico entre os anos de 2013 a 2023, é perceptível um aumento de edificações, porém estável enquanto a área ocupada. É possível notar que em 2013 havia menos casas e prédios em relação ao ano de 2023, o que conseqüentemente, gera um aumento de moradores. Na imagem de 2023 é possível visualizar o surgimento do loteamento anteriormente falado, em área antes era recoberta por vegetação. O fato de a cabeceira da sub-bacia ser considerada uma região “nobre”, e passível de especulação imobiliária pela vista que tem da cidade, fez com que os empresários do ramo de empreendimentos imobiliários se interessassem em construir prédios e empreenderem loteamentos. Essa urbanização acelerada gerou a alta concentração de

moradores na área e presença de áreas de expansão, o que evidencia os impactos ambientais na área analisada.

Os parâmetros morfométricos e os dados das dimensões espaciais indicaram uma área de 0,93 Km², comprimento de 1,48 km e perímetro de 3,79 km para a sub-bacia estudada. O que a configura com uma pequena bacia de drenagem, sendo considerada 2ª ordem, segundo hierarquização proposta por Strahler (1952), e seus canais fluviais somam 1,5 km de comprimento.

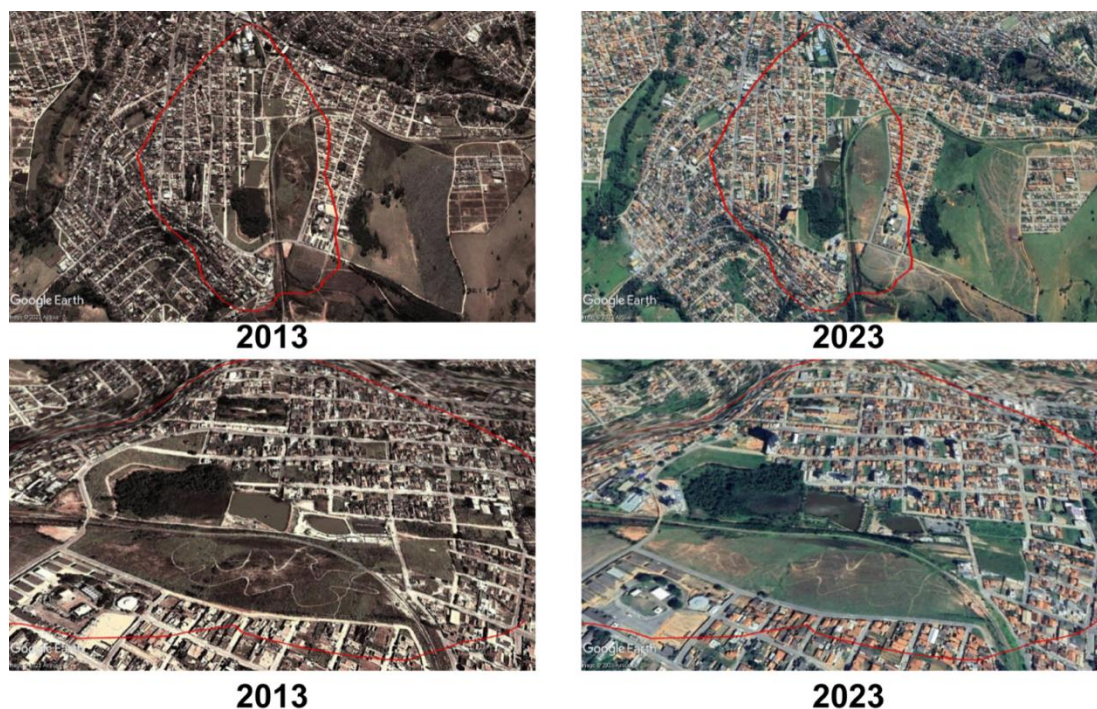
Os índices morfométricos apontam para uma densidade de drenagem (Dd) de 1,59 km/km², o que pode ser considerado como uma drenagem regular, tal como indicam Villela e Mattos (1975), e a densidade de canais é de 3,19 canais/km², que de acordo com Christofolletti (1980), é considerada uma drenagem espaçada. A sub-bacia possui um gradiente de 0,68% detendo encostas pouco íngremes. Essas características possibilitam e favorecem a urbanização. Tais parâmetros (quadro 1) indicam que a área possui características de eficiente drenagem. Contudo, com a retirada da cobertura vegetal para a instalação de loteamento, os processos erosivos e o assoreamento dos canais fluviais passaram a ocorrer de forma acelerada, resultando em um desequilíbrio do sistema ambiental da sub-bacia estudada.

Figura 3 - 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 pelos autores (2023).

Figura 4 - 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).

Ao compararmos esta 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.

Foram levantados 7 pontos de áreas de impacto ambiental relacionadas à dinâmica hidro-erosiva (quadro 2 e figura 5) após o período chuvoso de 2022-2023. Dentre os pontos levantados, 2 pontos correspondem ao assoreamento de corpos hídricos. Esses pontos se localizam no lago artificial construído no interior do Parque Municipal. A presença de manilhas com problemas de drenagem e elevada descarga de sedimentos foi encontrada em 4 pontos na sub-bacia. E por fim, 1 ponto levantado evidencia a formação de sulcos erosivos e já com sinais de evolução para um processo de ravinamento, na área que corresponde ao loteamento. Ressalta-se que esse processo, mesmo sendo levado em consideração em um ponto localizado no mapeamento, expande-se e abrange a maior parte do loteamento, que será destinado à expansão imobiliária.

Importante ressaltar que o período chuvoso abordado no presente estudo (outubro de 2022 a março de 2023) atingiu um valor de 1.506 mm segundo os dados do CHIRPS. O que pode ser considerado bastante elevado (figura 6), visto que a média de precipitação acumulada anual da série temporal 2012-2022 é de 1.456 mm, sendo esse total apenas para os seis meses correspondentes ao período chuvoso da região. O mês de janeiro de 2023 foi o mês mais chuvoso, chegando a 371 mm. Esse fato, potencializa os processos erosivos nos períodos chuvosos, mas as consequências tendem a se estenderem para todo o ano e ao longo do tempo.

Quadro 1 - Parâmetros e índices morfométricos da sub-bacia Alto Córrego dos Cabrais.

Parâmetros e Índices Morfométricos Sub-Bacia do Córrego dos Cabrais	
Área da sub-bacia (A)	0,93 km ²
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/km ²
Densidade de drenagem (Dd)	1,59 km/km ²
Desnívelamento da bacia (Δb)	79 m
Gradiente do canal principal (Gc)	0,68 %

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

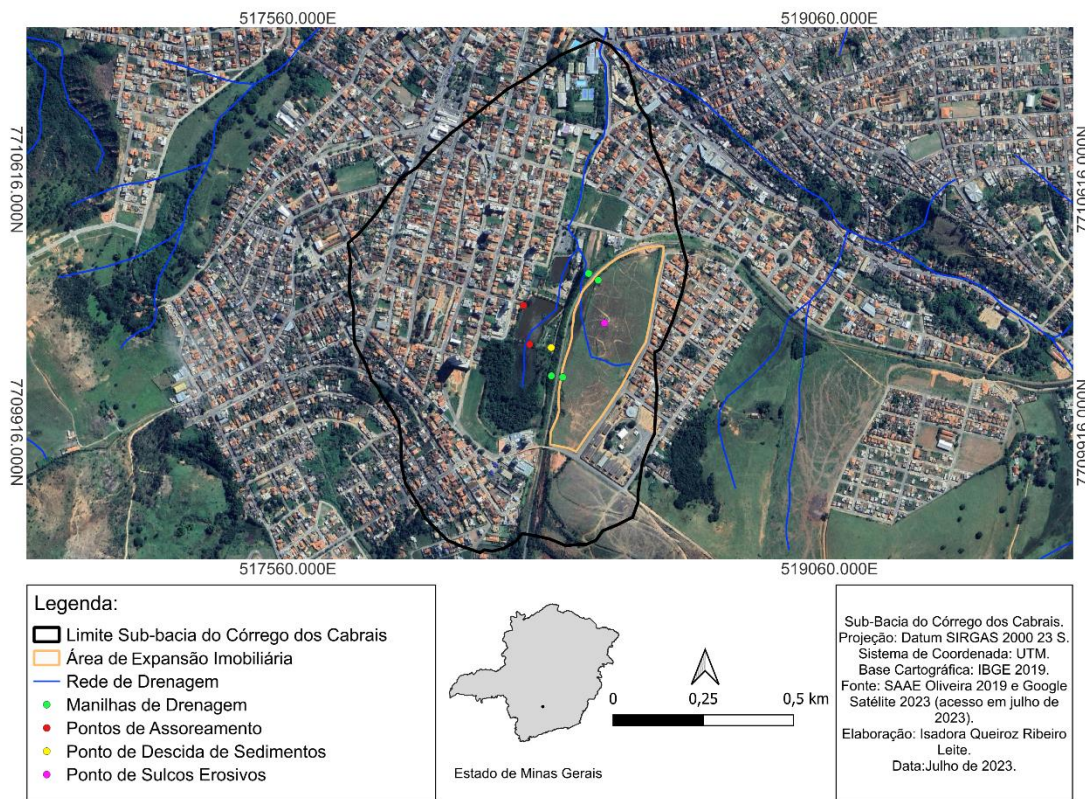
Quadro 2 - Pontos levantados de degradação ambiental na sub-bacia do alto Córrego dos Cabrais, suas coordenadas UTM e descrição dos processos.

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 pelos autores (2023).

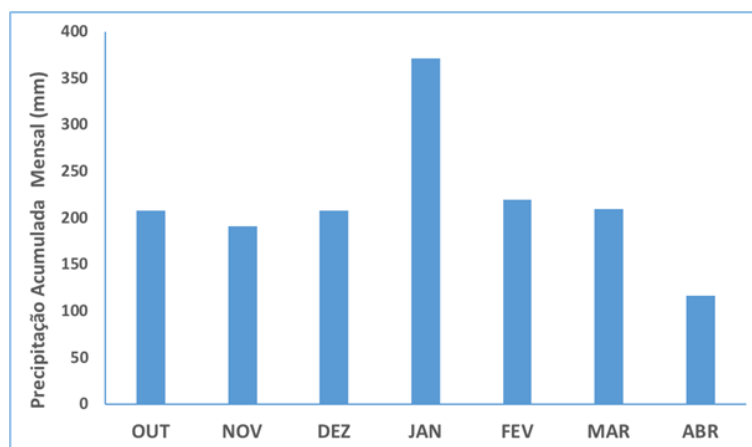
Os pontos de assoreamento presentes no lago do parque municipal (pontos 3 e 4), que dado o seu represamento forma um ambiente lântico, fazendo com que os sedimentos decantem e se depositem no fundo do lago, causando assoreamento (figura 7A). A grande quantidade de sedimentos no fundo do lago foi verificada com o auxílio de uma haste de madeira, o que traz indícios que esse processo vem ocorrendo ao longo do tempo. Foi possível observarentulho de obras, possivelmente carreados em dias de chuvas intensas.

Figura 5- Carta 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, 2023. Elaborado pelos autores (2023).

Figura 6- 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.



Fonte: Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS), 2023. Elaborado pelos autores (2023).

A área onde hoje se estabelece o loteamento (ponto 7), apresenta uma série de feições erosivas decorrente da retirada da cobertura vegetal e ações de aterragem, que expuseram o solo ao impacto direto das chuvas. Essas ações detonaram a criação de sulcos erosivos (figura 7B), que no momento se encontram em muitos pontos, evoluindo para ravinamentos. Nessa



perspectiva, as áreas a serem modificadas no contexto urbano, precisam de uma maneira geral, serem analisadas quanto a sua vulnerabilidade e os fenômenos ali passíveis de ocorrência, sendo necessário um diagnóstico levando em consideração as transformações realizadas nos ecossistemas e geossistemas, de maneira direta e indireta (CHRISTOFOLETTI, 1994). O presente fato, demonstra uma ausência de uma perspectiva de possíveis problemas futuros para a cidade, relacionados à dinâmica hidro-erosiva. O que traz à tona a necessidade de um planejamento urbano e ambiental eficaz para as cidades.

A partir da localização dos pontos com presença de manilhas, é possível compreender a dinâmica do transporte de sedimentos a partir do escoamento superficial na sub-bacia, que em períodos chuvosos, percorrem em média 260 m de distância na vertente leste, desde as cabeceiras até as manilhas de escoamento (pontos 1, 2, 5 e 6). Essas manilhas transportam os sedimentos da área do loteamento afetado por erosões. Na vertente oeste da sub-bacia, a distância desde sua cabeceira até as áreas de assoreamento (pontos 3 e 4) é de 490 m. Nessa encosta, ocorre transporte de grandes volumes de água devido ao asfaltamento, visto que o asfalto é um tipo de pavimento que promove o escoamento superficial, bem como, o transporte de sedimentos, resíduos de materiais de construção e lixo. As manilhas foram instaladas visando mitigar o problema da chegada de uma elevada carga de sedimentos na área do parque municipal, contudo, tais manilhas foram conectadas em rede pré-existente, que não suportam a vazão em virtude do aumento da drenagem (figura 8). As áreas de degradação ambiental da sub-bacia, por se conectarem a redes de drenagem subsequentes, vão propagando os problemas de montante para jusante resultando em mais transtornos para as bacias hidrográficas e áreas urbanas.

Figura 7 - (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: Os autores (2023).

Figura 8 - Pontos 1, 2, 5 e 6 com a presença de manilhas de águas pluviais e impactos na vertente leste.



Fonte: Os autores (2023).

CONCLUSÃO

A sub-bacia do alto Córrego dos Cabrais se mostrou uma área amostral representativa para as análises de sub-bacias hidrográficas em área urbana. A mesma, demonstrou um processo de ocupação urbana nos últimos dez anos. Que tem acentuado o número de edificações e consequentemente de moradores. Ainda, se apresenta uma recente expansão da área urbana, a partir de um recente loteamento. Esses fatos, tendem a acentuarem os impactos ambientais na sub-bacia.

As análises das características da sub-bacia, indicam que a bacia possui boa drenagem e índices morfométricos favoráveis. Porém, a ação antrópica e as características do uso da terra se tornam elementos fundamentais ao se analisar bacias urbanas. Pois a sub-bacia mesmo com as características de forma favoráveis ao escoamento, o seu uso urbano e ausência de infraestrutura urbana apropriada, acabam resultando em diversos problemas de natureza hidro-erosiva e que se propagam ao longo das bacias hidrográficas que coletam os fluxos das sub-bacias.

Considerando o tamanho da sub-bacia, a mesma apresentou elevada quantidade de pontos de degradação ambiental relacionados à dinâmica hidrológica após o período chuvoso estudado, sendo possível identificar três problemas principais na área estudada: assoreamento dos corpos hídricos, erosão e drenagem urbana através de manilhas ineficaz. Todos os pontos também relacionados ao uso urbano e processo de expansão urbana em curso.

Os resultados encontrados no presente estudo, reforçam a necessidade de um planejamento urbano e ambiental eficiente nas cidades, e que levem em consideração a

dinâmica hidrológica e o transporte de sedimentos em bacias hidrográficas urbanas, considerando os efeitos da urbanização no aumento do escoamento superficial e no caminho das águas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, e à Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

REFERÊNCIAS

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

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

BDIA; **Banco de Dados de Informações Ambientais**; Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>>. Acesso em: 07 de julho 2023.

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**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 415-437.

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

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

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

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

CPRM. Programa Geológico do Brasil. **Levantamentos Geológicos Básico**. Geologia da folha Campo Belo SF.23-V-B-VI. 2007. 148 p. 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.

FUNK, C. 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.

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.

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.

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.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama Censo 2023**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 03 de julho de 2023.

ISMAIL, M. et al. 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.

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.; NEGREIROS, A. B. Caracterização e avaliação ambiental da bacia de drenagem do Córrego Maracanã, localizado no município de Oliveira, Minas Gerais. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, XIX**, 2022, Rio de Janeiro. Anais Eletrônicos. Rio de Janeiro: UERJ, 2022. p. 3-8. Disponível em: <https://www.xixsbgfa.com.br/wp-content/uploads/2023/05/Eixo-7-COMPLETO.pdf>. Acesso em: 04 de maio de 2023.

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

MACHADO FILHO, L. et al. **Projeto RADAMBRASIL**. Geologia. Folhas SF-23/24. Rio de Janeiro/Vitória. 1983, p. 27-304.

MARTINS, F. B. et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, p. 129-156, 2018. 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, p. 17-27, 2007. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east->

1.amazonaws.com/Sumarios/21/8929ab216c275c4e6f0c83e08e1e2fbb_239069120256863bc9bc6df8ae5bcd86.pdf. Acesso em: 26 de abril de 2023.

PEIXOTO, R. A. O. et al. 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, p. 921-931, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180137>. Acesso em: 13 de maio de 2023.

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

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

TUKURA, N. G. 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, p.121-130, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s43217-020-00039-y>. Acesso em: 13 de julho de 2023.

VIECELI, N. et al. Morphometric evaluation of watersheds in Caxias do Sul City, Brazil, using SRTM (DEM) data and GIS. **Environ Earth Sci**, v. 73, p. 5677-5685, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3823-3>. 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.