

**PKS**

PUBLIC  
KNOWLEDGE  
PROJECT

REVISTA DE  
**GEOGRAFIA**  
Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

**OJS**

OPEN  
JOURNAL  
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

## INTERFERÊNCIA DO AVANÇO DA URBANIZAÇÃO NO SISTEMA HIDROGEOMORFOLÓGICO NA BACIA DO CÓRREGO CERCADINHO, BELO HORIZONTE, MG

Ana Carolina Barbosa Pereira Dinotte<sup>1</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0604-148X>

Nayara Jamine Silva<sup>2</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5287-8603>

Cecília Félix Andrade Silva<sup>3</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3828-3726>

Jairo Rodrigues Silva<sup>4</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6531-8592>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Ouro Preto, Brasil\*

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Ouro Preto, Brasil\*\*

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Ouro Preto, Brasil\*\*\*

<sup>4</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Ouro Preto, Brasil \*\*\*

*Artigo recebido em 01/12/2022 e aceito em 30/07/2023*

*Publicado: Out/2023*

### RESUMO

As modificações de uso e ocupação do solo, intensificadas a partir dos processos de expansão urbana, associadas à impermeabilização do solo, supressão da vegetação, alterações no ciclo de drenagem e ocupação de áreas de proteção ambiental, são alguns dos aspectos com potencial para impactos ambientais negativos. Neste contexto, esta pesquisa propôs analisar as interferências do avanço da urbanização na alteração das formas, materiais superficiais e implicações nos sistemas hidro geomorfológicos da bacia do Córrego Cercadinho, Belo Horizonte – MG, através da elaboração de mapas temáticos, análise morfométrica e análise dos parâmetros de alteração hidrogeomorfológicos. De acordo com os dados obtidos, a bacia não possui potencial para inundações, necessitando de análises aprofundadas para identificar a origem das inundações pontuais. As interferências antrópicas provenientes do processo de expansão urbana, são um indicativo para este fenômeno.

**Palavras-chave:** uso e ocupação do solo; expansão urbana; impermeabilização do solo; interferências antrópicas.

\* Mestrado profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental. Instituto Federal Minas Gerais, IFMG, Brasil. E-mail: 0029577@academico.ifmg.edu.br

\*\* Graduada em Geografia pelo IFMG Campus Ouro Preto. E-mail: nayarajamine@gmail.com

\*\*\* Graduada em Geografia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB (2003). Mestre em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (2008). Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Vinculada atualmente ao cargo de professora titular no IFMG - Campus Ouro Preto, Coordenadoria de Geografia (CODAGEO). E-mail: cecilia.andrade@ifmg.edu.br

\*\*\* Professor titular do curso de Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - campus Ouro Preto (IFMG-OP), Coordenadoria de Geografia (CODAGEO), do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental (IFMG-Bambuí). E-mail: jairo.rodrigues@ifmg.edu.br

## **INTERFERENCE OF THE PROGRESS OF URBANIZATION IN THE HYDROGEOMORPHOLOGICAL SYSTEM IN CÓRREGO CERCADINHO BASIN, BELO HORIZONTE, MG**

### **ABSTRACT**

The modifications of land use and occupation, intensified from the processes of urban expansion, associated with soil sealing, vegetation suppression, changes in the drainage cycle and occupation of environmental protection areas, are some of the aspects with potential for negative environmental impacts. In this context, this research proposed to analyze the interferences of the advance of urbanization in the alteration of forms, surface materials and implications in the hydro geomorphological systems of the Córrego Cercadinho basin, Belo Horizonte – MG, through the elaboration of thematic maps, morphometric analysis and analysis of hydrogeomorphological alteration parameters. According to the data obtained, the basin does not have the potential for flooding, requiring in-depth analyzes to identify the source of the occasional floods. The anthropic interferences coming from the process of urban expansion are an indication for this phenomenon.

**Keywords:** land use and occupation; urban expansion; soil sealing ; anthropic interference.

## **INTERFÉRENCE DE L'AVANCEMENT DE L'URBANISATION DANS LE SYSTÈME HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE DANS LE BASSIN DE CÓRREGO CERCADINHO, BELO HORIZONTE, MG**

### **RESUMEN**

Los cambios de uso y ocupación del suelo, intensificados por procesos de expansión urbana, asociados al sellado de suelos, supresión de vegetación, cambios en el ciclo de drenaje y ocupación de áreas de protección ambiental, son algunos de los aspectos con potencial de impactos ambientales negativos. En este contexto, esta investigación se propuso analizar las interferencias del avance de la urbanización en la alteración de formas, materiales superficiales e implicaciones en los sistemas hidrogeomorfológicos de la cuenca del Córrego Cercadinho, Belo Horizonte – MG, a través de la elaboración de mapas temáticos. análisis morfométrico y análisis de parámetros de cambios hidrogeomorfológicos. Según los datos obtenidos, la cuenca no tiene potencial de inundación, lo que requiere análisis en profundidad para identificar el origen de inundaciones específicas. La interferencia antropogénica derivada del proceso de expansión urbana es un indicio de este fenómeno.

**Palabras clave:** uso y ocupación del suelo; expansión urbana; impermeabilización del suelo; interferencia antropogénica.

## **INTRODUÇÃO**

A urbanização contribui para o desenvolvimento econômico, porém seus processos desordenados geram uma série de modificações e efeitos negativos na transformação das paisagens urbanas. Juntamente com a impermeabilização do solo, canalização ou obstrução do escoamento são fatores responsáveis por aumentar o escoamento da vazão pluviométrica. Além disso, as mudanças decorrentes do processo de urbanização também são responsáveis pelas alterações nos sistemas hidrogeomorfológicos que representam uma maior magnitude de alteração no ambiente em comparação com áreas em condições naturais e ou não urbanizadas. A retirada da vegetação, modificação e ocupação das áreas de preservação ambiental, redução das áreas de matas ciliares, disposição inadequada de resíduos sólidos, alterações na morfodinâmica do relevo e das redes de drenagem são também fatores que contribuem e afetam a manutenção do equilíbrio ambiental (TUCCI, 2002).

As inundações são fenômenos naturais, onde a ocorrência de chuvas com volume pluviométrico significativo em um curto espaço de tempo (TUCCI, 2003; OJIMA, 2007; TOMINAGA, 2012). Estes fatores são potencializados pelo processo de urbanização, responsável por realizar a impermeabilização do solo, canalização ou obstrução do escoamento.

As alterações em ambientes urbanizados são responsáveis e afetam diretamente os processos naturais diversos, modificando sua paisagem (NIR, 1983; GOUDIE, 1993) e gerando consequências negativas para a sociedade que habita em áreas urbanas (RODRIGUES, 2010). Por sua vez, as mudanças decorrentes do processo de urbanização também são responsáveis pelas alterações nos sistemas hidrogeomorfológicos que representam uma magnitude de alteração no ambiente maior em comparação com áreas em condições naturais e ou não urbanizadas.

Diante disso, a bacia do Córrego Cercadinho, localizada na região Oeste de Belo Horizonte/MG, é o centro de investigação desse trabalho devido ao fato de ser uma área que passou por considerável aumento populacional nos últimos 30 anos, sendo a região com a terceira maior densidade populacional no município (IBGE, 2010). Além disso, segundo a lei estadual nº 15.979, de 13/01/2006, a área da Estação Ecológica do Cercadinho é classificada como Área de Proteção Ambiental devido a existência de um manancial para abastecimento público, bem como remanescentes de vegetação, importantes para manutenção dos aquíferos identificados da região Oeste. Segundo Ferreira (2004), durante muitos anos foi considerado o principal manancial do município de Belo Horizonte, sendo ainda operado com extração de vazão bem reduzida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

Para tal investigação, Cunha et al., (2018) e Tarolli (2014), ressaltam a importância o uso de técnicas cartográficas que podem contribuir no reconhecimento da morfologia original e a morfologia

antropogênica, sendo uma ferramenta metodológica importante na identificação e compreensão das modificações hidrogeomorfológicas atuais em ambientes urbanos. Segundo Tarolli (2014) as tecnologias oferecem novas oportunidades para uma melhor compreensão dos processos da superfície da Terra, tais como: deslizamentos de terra, encostas e processos de canalização, morfologia fluvial, tectônica ativa, formas vulcânicas e assinaturas antropogênicas na topografia.

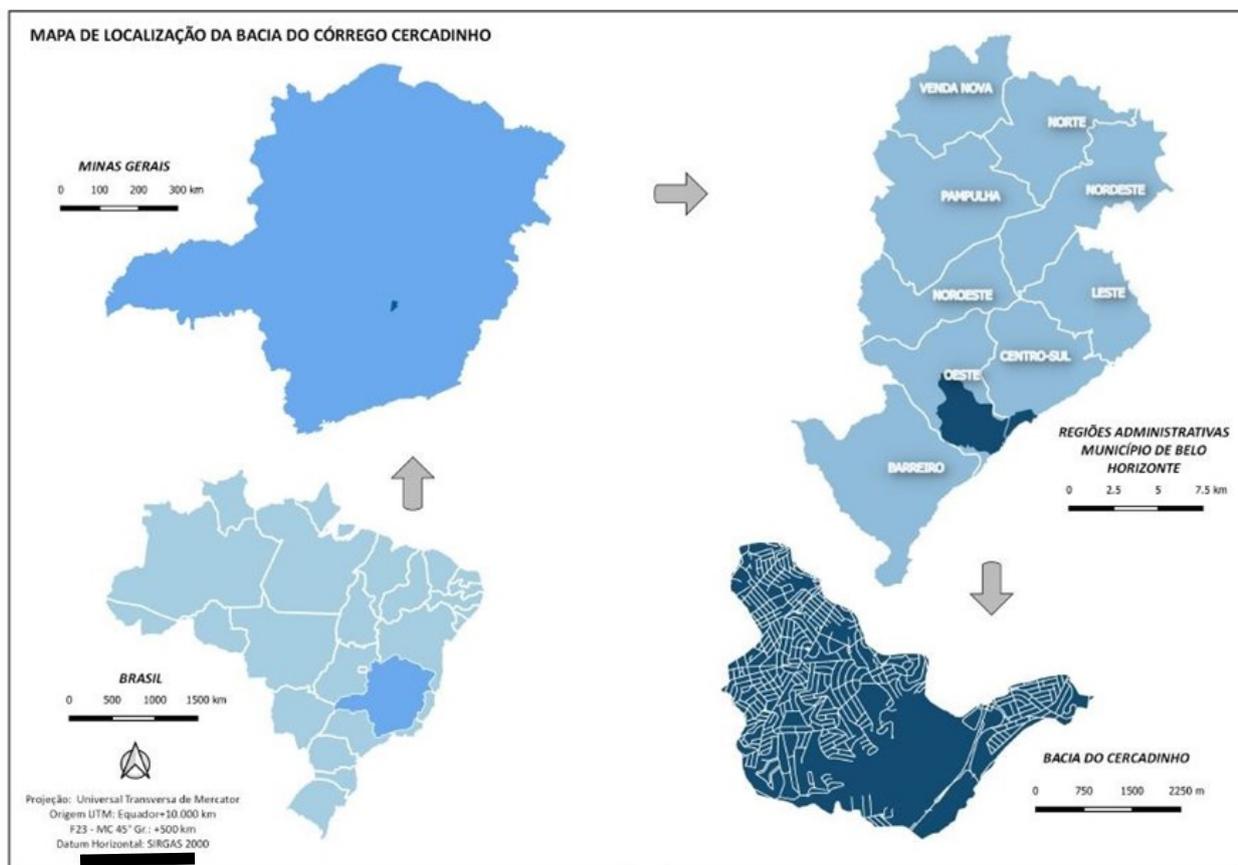
Assim, o objetivo da pesquisa foi realizar uma análise temporal nos anos 1989, 2007 e 2015 quanto a interferência do avanço da urbanização na morfodinâmica da bacia do córrego Cercadinho, Belo Horizonte, MG. Ao realizar a interpretação das imagens de satélites dos respectivos anos e os períodos de tempo, juntamente com a análise dos dados de população do IBGE foi possível notar mudanças significativas na paisagem. Os dados de população do IBGE permitiram afirmar que a realização dessa pesquisa se justifica devido ao fato de ser uma área que passou por considerável aumento populacional nos últimos 30 anos, sendo a região com a terceira maior densidade populacional no município (IBGE, 2010), portanto, se faz necessário conhecer para poder melhor planejar e gerir. A escolha dos respectivos anos para análise espacial se deu porque se chegou à conclusão que essas datas e seus respectivos períodos representam bem as transformações espaciais.

## **METODOLOGIA**

### ***Localização e Caracterização da bacia do Córrego Cercadinho***

A bacia hidrográfica do Córrego Cercadinho, afluente do Córrego Arrudas e do Rio das Velhas/ Bacia do São Francisco está localizada na região Oeste do município de Belo Horizonte, apresentado na Figura 1, local que a partir de 1980, registrou aumento populacional significativo em comparação com outras regiões de Belo Horizonte (REZENDE; ÁLVARES, 2017).

Figura 1 – Mapa de localização da bacia do Córrego Cercadinho



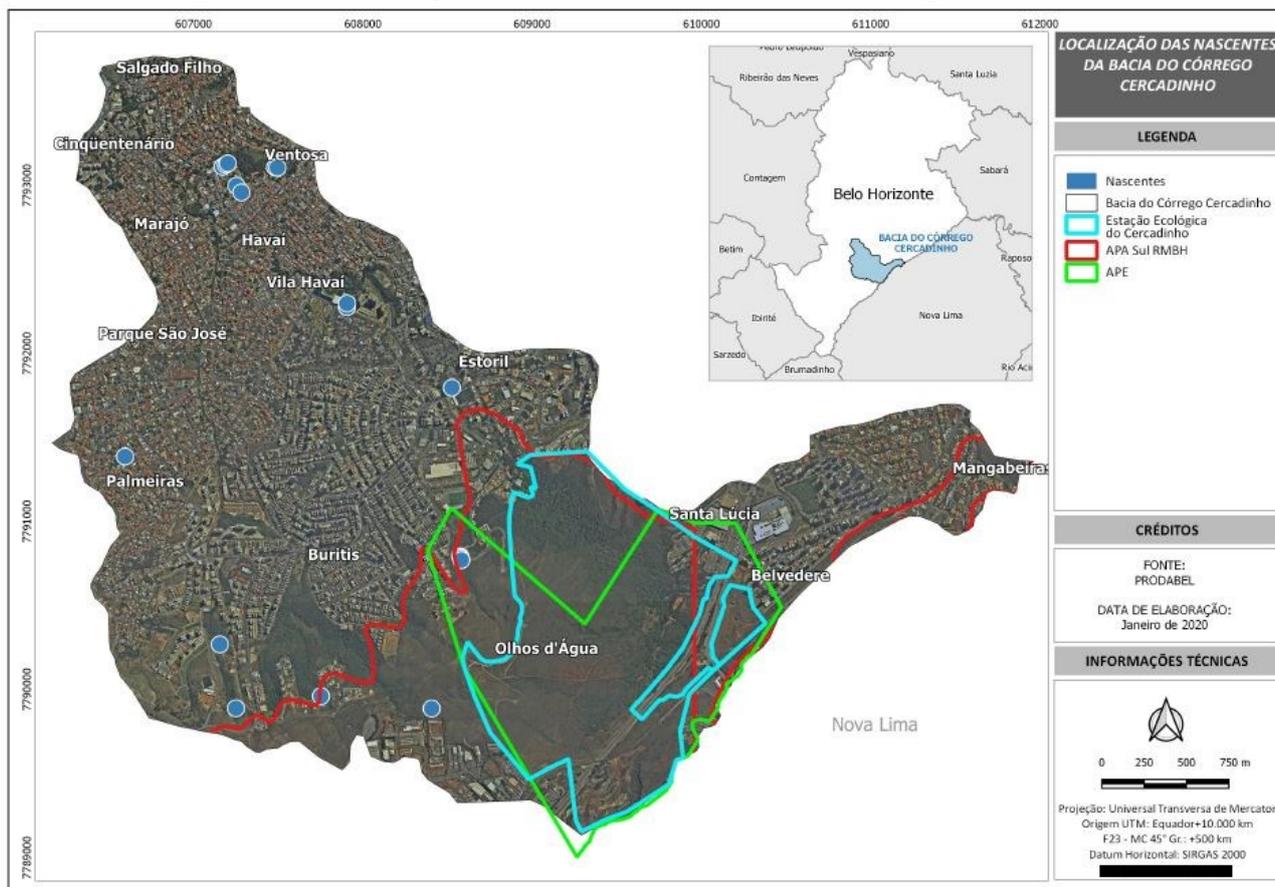
Fonte: PRODABEL, 2020. Elaboração: Autores

A bacia do Córrego Cercadinho possui uma área de drenagem de 12,6 km<sup>2</sup> e parte de suas nascentes estão localizadas na Serra do Curral. Integram-se a região de estudo os bairros Cinquentenário, Marajó, Parque São José, Estrela Dalva, Havaí, Nova Barroca, Vila Havaí, Palmeiras, Estoril, Buritis, Olhos d'água e Belvedere, localizados na região Oeste de Belo Horizonte/MG. Por sua vez, os bairros Salgado Filho, Ventosa, Santa Lúcia e Mangabeiras são limítrofes a região de estudo, onde se observa uma pequena porção dentro da bacia do Córrego Cercadinho (FERREIRA, 2004). Esses bairros ocupam uma área de aproximadamente 1211,70 hectares com uma população de aproximadamente 70.389 habitantes (BAIRROS DE BELO HORIZONTE, s.d.).

Por sua vez, segundo o último censo demográfico elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) foi indicado que a região Oeste tinha uma população de 268.118 habitantes, distribuídos em uma área total de aproximadamente 32,331km<sup>2</sup> e com densidade populacional de 8.849,6 hab/km<sup>2</sup>. Com base nos dados censitários do IBGE (2010), a região Oeste ocupa o terceiro lugar no

ranking de número de pessoas residentes, perdendo apenas para as regiões Noroeste com 331.625 habitantes e Nordeste com 291.110 habitantes. Quanto à densidade populacional a região Oeste também ocupa a terceira posição, neste caso perdendo apenas para as regiões de Venda Nova com 9.261,4 hab/km<sup>2</sup> e noroeste com 8.967,4 hab/km<sup>2</sup> (GONCALVES, 2012).

**Figura 2 – Localização das nascentes da bacia do Córrego Cercadinho**



Fonte: PRODABEL, 2020. Elaboração: Autores

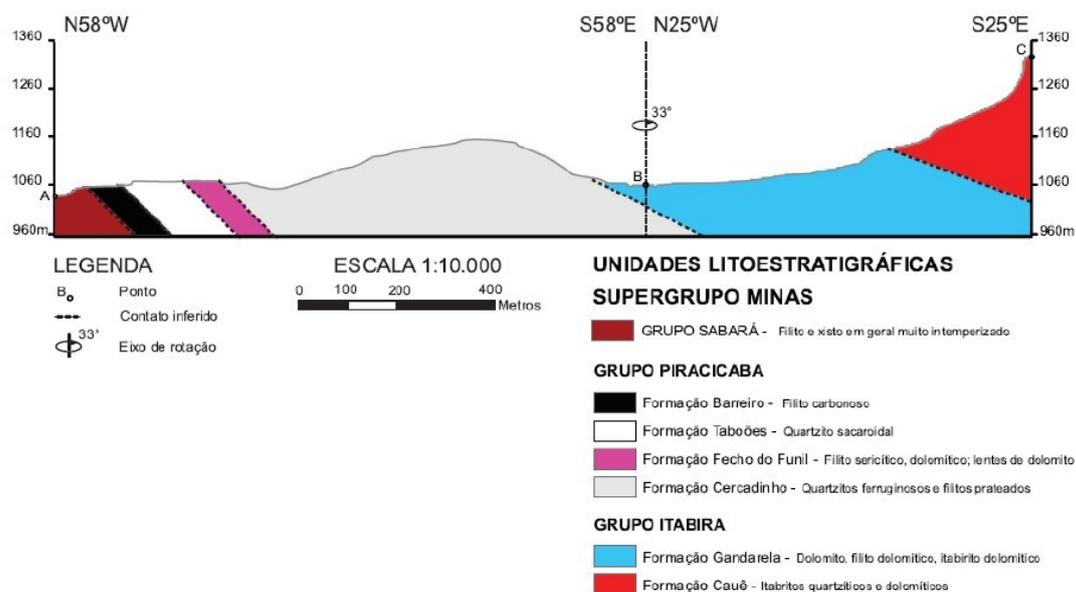
### **Geologia e Geomorfologia da bacia do Córrego Cercadinho**

A estrutura geomorfológica de Belo Horizonte é formada por um conjunto de relevos montanhosos orientados pelos substratos litoestrutural do Quadrilátero Ferrífero, sendo que 34,37 km<sup>2</sup>, equivalente a 2,11% da sua área total de aproximadamente 335,00 km<sup>2</sup> compõem a Área de Preservação Ambiental - APA Sul Região Metropolitana de Belo Horizonte. Essa caracterização se faz importante para compreender a diversidade dos atributos dos meios físicos, bióticos, econômicos, culturais e belezas cênicas identificadas na região (CPRM, 2005 p.2).

A bacia do Córrego Cercadinho está inserida na unidade morfoestrutural da Crista Monoclinal da Serra do Curral (CSC). A mesma, está localizada no grupo Piracicaba (Figura 3). O grupo Piracicaba é

composto pelos grupos de formação Barreiro (PPmpb), com presença de filito e xisto, a formação Taboões (PPmpt) com presença de quartzito, a formação do Fecho do Funil (PPmpf) composto por Filito, Xisto e lentes de Dolomito. Por sua vez, a Formação Cercadinho (PPmpc) é composta por Quartzito médio, intercalado em camadas de filito hematítico com presença de uma matriz quartzo-hematítico. Observa-se também camadas de quartzito branco e camadas de filito dolomítico (SILVA et al., 1995).

**Figura 3 – Unidades litoestratigráficas**



Fonte: FERNANDES, (2018).

A Formação Cercadinho (PPmpc) é composta por formações de metassedimentos na qual observa-se depósitos em discordância erosiva sobre a Formação Gandarela. A direção das camadas é em NE-SW e mergulho para SE, composta por sua vez por “estratos de espessura centimétrica a métrica de quartzito cinza, hematítico, intercalando com camadas de filito cinza prateado, também hematítico” (REIS, 2011)

A Formação Cercadinho tem características de um solo ausente e pouco espesso, por sua vez, os afloramentos de filitos apresentam coloração “cinza amarelado a avermelhado; por sua vez, o quartzito, nestas condições, mostra-se com as camadas superficiais bastante friáveis” (REIS, 2011).

A região do Córrego Cercadinho possui 21% da sua área total com declividade superior a 47%, 16% da área está em torno de 30-47% e 63% da área total da bacia é expresso por declividade inferior a 30%, conforme apresentado na Figura 6 (PBH, 2013).

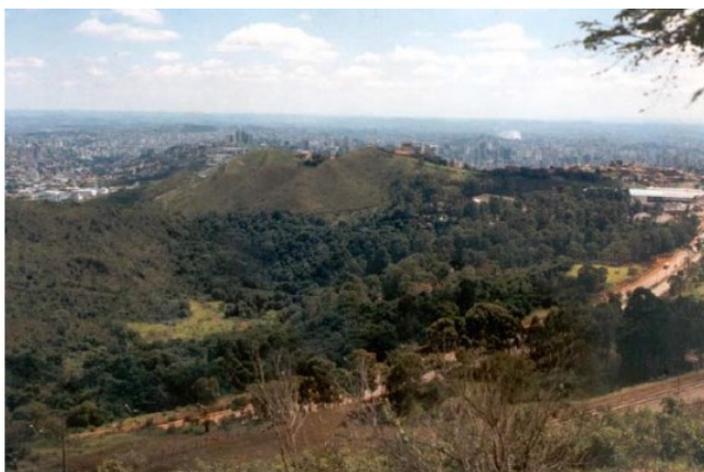
As características altimétricas da bacia do Córrego Cercadinho possuem suas maiores cotas próximo a Serra do Curral. Os bairros Buritis, Estoril, Olhos D’água, Belvedere, Santa Lúcia e Mangabeiras, sendo os dois últimos com menor extensão territorial, possuem altitude superior 1.020 m, tendo os pontos mais

altos atingindo 1.300 m localizado na região dos Olhos D'água. A jusante da Serra do Curral observa-se altitudes mais baixas, em torno de 865 m, onde estão localizados os bairros Cinquentenário, Marajó, Havaí e Salgado Filho, o último com extensão territorial menor.

### ***Recursos hídricos***

A bacia do Córrego Cercadinho possui três principais aquíferos de abastecimento na região, sendo eles o complexo Belo Horizonte, Grupo Sabará, Piracicaba e Itabira. A área de recarga destes aquíferos está localizada a montante da bacia próximo a Serra do Curral, localizada as margens da BR 356 com altitude de 1.190 m (Figura 4). A vazão da região na jusante da Serra do Curral, próximos aos bairros Cinquentenário e Salgado Filho, inserida na bacia hidrográfica do Ribeirão Arrudas é em torno de 0,08 a 0,12 l/s/m e 0,12 a 0,16 l/s.m (PBH, 2013).

**Figura 4. Área de recarga de aquíferos da bacia do Córrego Cercadinho**



Localização: longitude 609.696,82 m E e latitude 7.790.764,80 m S.

Fonte: CPRM, (2005).

O potencial hídrico da bacia do Córrego Cercadinho teve sua importância desde a fundação e transferência da capital de Minas Gerais para Belo Horizonte, por sua vez, o Cercadinho teve destaque na análise técnica dos responsáveis pelas avaliações de viabilidade da região que apontaram que o córrego dispunha da capacidade de captações aproveitáveis para o abastecimento, sendo assim considerado como “o mais importante para o abastecimento da cidade” (FJP, 1997).

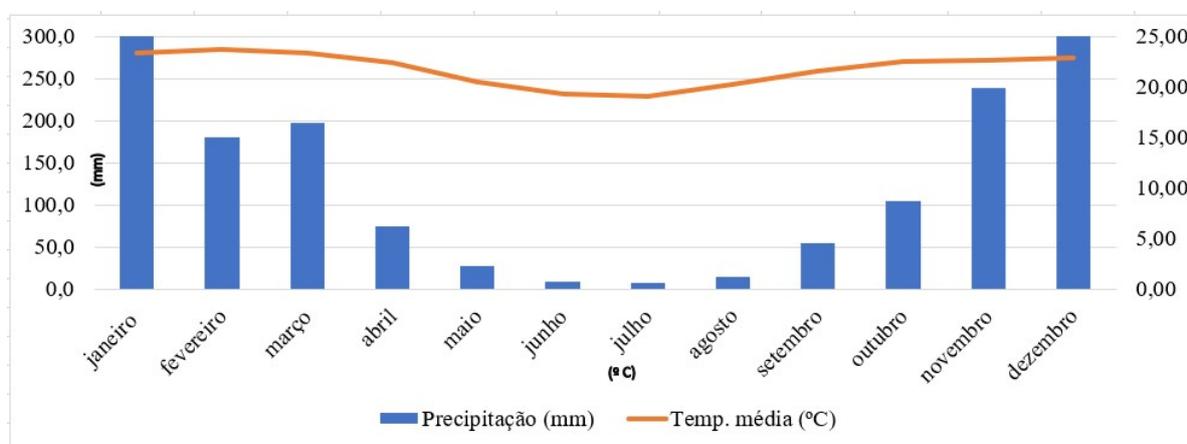
Com o passar dos anos e o aumento populacional, outras bacias hidrográficas foram incorporadas como fontes principais no abastecimento. Segundo a Agência Nacional das Águas (2010), as principais fontes de captação de água para abastecimento da RMBH provem dos sistemas integrados Paraopeba e Rio das Velhas, porém existem outras captações como por exemplo, sistema Catarina, Ibitité, Morro Redondo no

qual está a bacia do Córrego Cercadinho, Fechos e Mutuca responsáveis por contribuir no abastecimento de regiões do município de Belo Horizonte e Nova Lima.

### Condições climáticas

A precipitação média anual da bacia do Córrego Cercadinho entre os anos de 2012 a 2018 foi de 1214,5mm. Esses dados foram expressos por meio da elaboração do climograma da bacia do Córrego Cercadinho representado na Figura 4, utilizando as médias da temperatura do município de Belo Horizonte disponibilizados pelo website do INMET. Já os dados de precipitação são do período de 2012 a 2018 e foram cedidos pela Diretoria de Gestão de Águas Urbanas (DGAU).

**Figura 4– Climograma da bacia do Córrego Cercadinho (2012 – 2018)**



Fonte: INMET e DGAU. Elaboração: Autores

Segundo Assis (2010), a bacia do Córrego Cercadinho está inserida na segunda unidade climática identificada “topoclima C2”, onde observa-se uma temperatura média anual entre 18,0°C e 18,8°C, as médias anuais das temperaturas máximas estão em torno de 24,0°C e 24,8°C e as médias das temperaturas mínimas entre 12,9°C a 13,7°C, já a unidade relativa do ar está em torno de 72,0% a 72,5%. Segundo o autor, as alterações antrópicas em ambientes urbanos, acrescidas ao fluxo natural de energia são responsáveis por alterações no balanço de radiação, responsáveis por gerar “porções de áreas urbanas onde a temperatura é mais elevada do que as áreas circunvizinhas, chamadas “ilhas de calor ou bolsões de calor”, onde se observa diferentes microclimas originados a partir dos processos de urbanização.

### Expansão urbana da bacia do Córrego Cercadinho

Segundo Ribeiro (2011), a região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) foi se destacando devido ser o destino dos imigrantes interestaduais, distribuídos em nove regionais, sendo elas, Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova. Nos anos de 50 e 60 (séc. XX), os maiores incrementos populacionais foram observados nas regiões Oeste, Norte e Central respectivamente.

Segundo Paixão (2008, p.253), a região Oeste, onde está localizada a bacia do Córrego Cercadinho foi responsável por receber parte da atividade imobiliária que abandonou a região Sul, e segundo o autor, a ocupação foi de “forma abrupta em um pequeno espaço de tempo”.

Segundo Ribeiro (2011), a ocupação completa da região Oeste foi tardia, porém a partir da década de 1980, foi fomentada com a abertura de duas grandes avenidas, sendo a Barão Homem de Melo e a Raja Gabaglia. A partir da década de 1980, os bairros das Mansões do Buritis e Estoril observam um elevado interesse por parte das construtoras, atraídos pela localização e a proximidade privilegiada da Serra do Curral. Estes bairros tornaram-se alvos da força de grandes empreendimentos que ali iniciam o processo de construção de vários complexos imobiliários, reafirmando assim os levantamentos que demonstram que a região com maior taxa de crescimento populacional entre os anos de 70 e 80 (séc. XX), é a região Oeste.

### ***Procedimentos***

Com a elaboração dos mapas multitemporais foram realizadas análises utilizando parâmetros de reconhecimento das feições antropogênicas da área de estudo, partindo da adaptação dos indicadores propostos por Rodrigues (2010).

Os mapas temáticos foram elaborados por meio da adoção do software QGIS 3.4. Após a obtenção das fotografias aéreas do ano de 1989, cedido pela empresa PRODABEL, as mesmas foram georreferenciadas e os mapas temáticos foram elaborados.

Os polígonos das curvas de nível, cursos d’água, arruamentos, rodovias e edificações foram disponibilizados pela Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL). Os polígonos dos cursos d’água com canal revestido aberto, fechado, natural e não cadastrado, foram disponibilizados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SUDECAP). De posse da base cartográfica e dos polígonos já georreferenciados, a próxima etapa foi realizar o recorte do limite da bacia para cada ano em estudo e a inclusão dos vetores e criação dos mapas temáticos.

O primeiro mapa temático consistiu na representação da morfologia original, antes da intensificação do processo de urbanização. Foram considerando os cursos d’água, limite dos bairros, arruamentos, APE, APA Sul RMBH, Estação Ecológica do Cercadinho e curvas de nível (5 em 5 metros) do ano 1989 (PRODABEL).

Para reconhecer as feições de derivação antropogênica responsáveis por modificar os processos hidrogeomorfológicos, foi utilizado o procedimento de emissão de um mapa temático, que consistiu na combinação entre as morfologias originais e morfologia antropogênicas dando origem ao mapa

modificações hidrogeomorfológicas. Considerou-se como morfologia original a proveniente dos dados mais antigos, dados de 1989 (apesar de já haver modificações na área, esses dados é o que tínhamos acesso e que apresentava menores intervenções antrópicas), já a morfologia antropogênica foi representada a partir dos dados dos anos de 2007 e 2015, considerando que para estes anos as respectivas áreas seriam bem impermeabilizadas. Além destes foram identificados a hidrografia com canal revestido aberto, fechado e não cadastrado.

A partir dos produtos cartográficos produzidos, foram realizadas análises utilizando-se dos seguintes critérios: 1. Análises morfométricas. 2. Parâmetros de alterações hidrogeomorfológicos.

As análises morfométricas auxiliam na caracterização da drenagem da bacia do Córrego Cercadinho, possibilitando extrair os parâmetros geométricos da morfometria da bacia, e classificar as redes de drenagem. A análise dos parâmetros de modificações hidrogeomorfológicas, partiram da adaptação do quadro proposto por Rodrigues (2010), e apresentado no Quadro 1. Nesta pesquisa os critérios para escolha destes parâmetros foram definidos a partir das representações propostas na etapa de elaboração dos mapas temáticos de morfologia original, antropogênica e modificações hidrogeomorfológicas.

O Quadro 1 é subdividido em três classificações, sendo elas, os parâmetros morfológicos, parâmetros dos materiais superficiais e parâmetros de processos hidrogeomorfológicos. São expressas as seguintes classificações para auxílio na etapa de análise e interpretação das feições antropogênicas identificadas:

**Quadro 1: Parâmetros de modificações hidrogeomorfológicas**

Sistema Indicador	Parâmetro	Unidade	Natureza Antropogênica (A) Original (O)		Escala Espacial Detalhe (D) Média (M)		Instrumentos Básicos
			(A)	(O)			
Parâmetros Morfológicos	Bacias hidrográficas · Área · Forma · Localização	m <sup>2</sup> ou km <sup>2</sup> · década / · ano · mês	X	X	X	X	Cartografia (documentos antigos e recentes)
	Planícies · Área · Altitude · Forma · Localização	· m <sup>2</sup> ou km <sup>2</sup> · década · ano · mês	X	X	X		· Cartografia - documentos antigos, recentes, aerofotos · Perfis topográficos antigos e recentes
	Canais fluviais Comprimento	· m · km · década · ano / · mês	X	X	X	X	Cartografia Geomorfológica Retrospectiva

		Padrão	. m ou km . ano . mês . Padrão	X	X	X	X	
Parâmetros de materiais superficiais: formações superficiais e solos, uso físico da terra e cobertura vegetal	Cobertura vegetal	. Área . Sistema . Tempo	m <sup>2</sup> . km <sup>2</sup> . ano . década	X	X	X	X	Cartografia (documentos antigos e recentes) . Imagens de satélite . Mosaicos
	Áreas desmatadas			X		X	X	
	Solos impermeabilizados	. Área . Tempo				X		
	Superfícies urbanizadas (contínuas)	. Área . Padrão . Morfologia urbana . Tempo		X		X	X	
Parâmetros de processos hidrogeomorfológicos	Taxas de desmatamento	. Área . Tempo	. km <sup>2</sup> . ano . década		X	X	X	. Cartografia (documentos antigos e recentes) . Aerofotos . Imagens de satélite e Mosaicos

Fonte: Adaptado de RODRIGUES, (2010)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Análises morfométricas*

O levantamento das características morfométricas da bacia do Córrego Cercadinho, visa estabelecer as relações entre os parâmetros mensuráveis de uma bacia hidrográfica e as condicionantes para a ocorrência ou não de eventos de alagamentos e inundações (Quadro 2).

**Quadro 2 - Resultados análises morfométricas**

Geometria	Resultado	Rede de Drenagem	Resultado
Área (A)	12.120 km <sup>2</sup> 12.120,000 m <sup>2</sup>	Comprimento do curso principal (L)	7.553 m
Perímetro (P)	19.572 m	Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	24530 m
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,57	Índice de Sinuosidade (Is)	1,5
Fator de Forma (Kf)	0,21	Densidade de Drenagem (Dd)	0,002023927 m/m <sup>2</sup>
Índice de Circularidade (Ic)	0,3977	Coefficiente de Manutenção (Cm)	494,0
Padrão de Drenagem (Pd)	Dendrítico	Ordem da Bacia (Ob)	3 <sup>o</sup> ordem

Fonte: autores

A forma da bacia hidrográfica é importante para a análise pois indica a probabilidade para ocorrência de alagamentos e inundações. Segundo Villela e Matos (1975), o coeficiente de compacidade (Kc) é “a relação existente entre o perímetro da bacia e a comparação com um círculo de área igual à bacia.” Portanto, de acordo com estes mesmos autores, a forma superficial de uma bacia hidrográfica é fundamental para a compressão do “tempo de concentração, definido como o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua na seção de estudo (...)”. Ou seja, é o tempo gasto para que toda a água da bacia chegue a seu exutório, aumentando, portanto, a probabilidade de alagamentos e inundações. O valor obtido do coeficiente de compacidade da bacia do Córrego Cercadinho (Kc = 1,57), indica risco baixo de alagamentos e inundações em condições normais de precipitação. Porém, outros fatores devem estar atrelados às características morfométricas da bacia ao realizar uma análise de risco de alagamentos e inundações. Por exemplo, a avaliação do nível de ocupação urbana do local, bem como o índice de permeabilidade e sistema de drenagem pluviais.

Segundo Villela e Matos (1975), o fator de forma é a intercessão entre a largura média e o comprimento axial da bacia. A avaliação do fator de forma aponta que a área de estudo possui este indicador em um valor considerado baixo (Kf = 0,21). Quando se observa um fator de forma baixo é um indicador de que a bacia hidrográfica é pouco sujeita a alagamentos e inundações, em comparação com outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior.

Outro índice a ser observado é o de circularidade. Segundo Andrade (2008), o índice de circularidade é a relação entre o perímetro e a área da bacia. Após a avaliação do índice de circularidade da bacia do córrego do Cercadinho ( $I_c = 0.3977$ ), aponta-se que a área de estudo não apresenta características de uma bacia circular. Sendo assim, as constatações relacionadas ao fator de forma ( $K_f$ ) e índice de circularidade ( $I_c$ ) demonstram que a região possui baixo risco de alagamentos e inundações, sob condições normais de precipitação.

Em relação ao padrão de drenagem, a bacia é dendrítica, similar a uma árvore e possui características por e se desenvolver em rochas de resistência uniforme. Segundo Costa e Lança (2001), o padrão de drenagem é influenciado por meio dos fatores geológicos e geomorfológicos.

Uma das formas de avaliar o sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica é por meio da adoção do índice de drenagem, Segundo Villela e Matos (1975), que é expresso pela relação entre o comprimento total de todos os cursos d'água da área de estudo, sem distinção de efêmeros, intermitentes e ou perenes. A utilização deste indicador auxilia na classificação da eficiência da drenagem da bacia, sendo classificada da seguinte forma: “o índice varia de 0,5 km/km<sup>2</sup>, para bacias hidrográficas com drenagem pobre, a 3,5 ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas”.

A bacia do Córrego Cercadinho, possui comprimento total dos cursos d'água de  $L=24.530\text{m}$  com densidade de drenagem de  $0,002023927\text{ m/m}^2$  ou  $2,02\text{km/km}^2$ , dados descritos no Quadro 5. Com base na classificação de Villela e Matos (1975), a densidade de drenagem da bacia é classificada como pobre por estar abaixo de  $3,5\text{ km/km}^2$ . O valor do índice de sinuosidade do curso d'água, que é um controlador da velocidade do escoamento, é igual a 1,5, demonstrando baixa sinuosidade na área de estudo.

O índice de coeficiente de manutenção, segundo Schumm (1956), é um dos mais importantes na caracterização da rede de drenagem, por fornecer a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento. A avaliação da bacia em estudo apontou que para manter o curso d'água perene é necessária a manutenção de aproximadamente  $494,0\text{ m}^2$  de água por metro de canal. Por fim, A hierarquia da drenagem apresenta ramificações de terceira ordem, o que significa que a bacia não possui extensão significativas de ramificações (STRAHLER, 1957).

Diante dos resultados das caracterizações morfométricas da bacia do Córrego Cercadinho, é possível constatar que a região possui baixa probabilidade de ocorrência de eventos de alagamentos e inundações. Eventos de inundações pontuais registrados da bacia podem estar associados a alta taxa de impermeabilização provenientes do processo de urbanização. Cajazeiro (2012) em seu trabalho

nas áreas compreendidas entre as bacias e áreas de contribuição do ribeirão arrudas e Córrego da Onça na Depressão de Belo Horizonte, afirma que a análise de dados morfométricos permite a contribuição de fatores físicos morfológicos na explicação da formação de inundações na capital mineira, como também atrelados ao processo de urbanização desordenada. Furlan e Tretin (2021) afirmam que a urbanização sem planejamento adequado expõe a população ao perigo de inundação devido às interferências realizadas na bacia hidrográfica.

### ***Análise da evolução da urbanização na bacia do Córrego Cercadinho/BH***

O processo de urbanização da bacia do Córrego Cercadinho alterou o sistema de drenagem e gerou modificações significativas nas taxas de impermeabilidade da bacia, com base nos anos de 1989, 2007 e 2015.

Em relação a retirada de cobertura vegetal, a região da bacia do Córrego Cercadinho teve a redução de 145.177,84 m<sup>2</sup> entre os anos de 2007 a 2015. Até ano de 2007 a região continha 4.143.939,20 m<sup>2</sup> de cobertura vegetal, já em 2015 a extensão da área caiu para 3.998.761,36 m<sup>2</sup>. Importante ressaltar que não foram obtidos dados da cobertura vegetal antes do ano de 2007, porque neste período a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) ainda não havia executado o georreferenciamento. Este fato influencia negativamente a análise, pois as maiores alterações de uso e ocupação do solo da bacia ocorreram no período de 1989 e 2007.

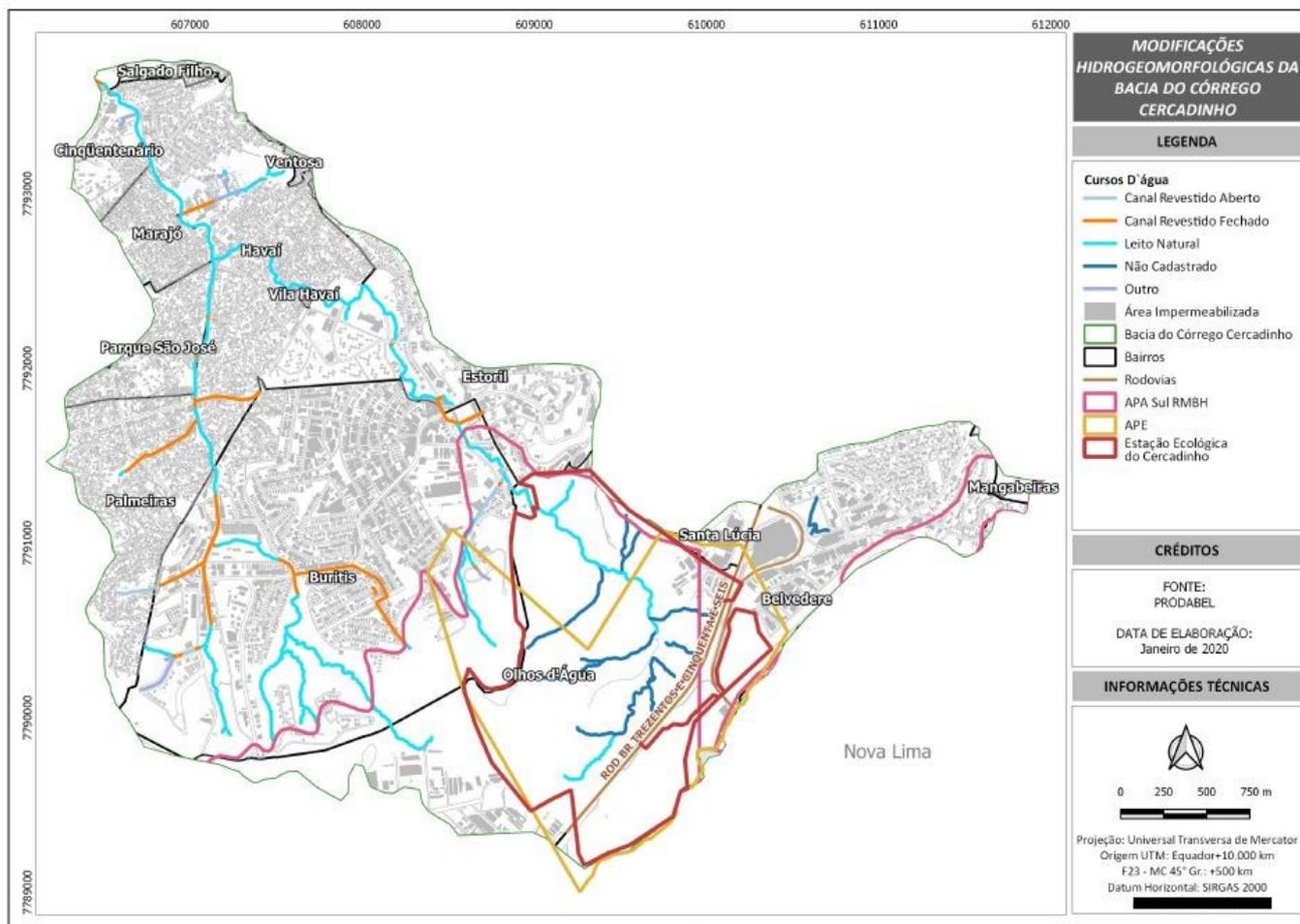
Em uma de suas análises Fujimoto (2005, p. 78), pondera que a “eliminação da cobertura vegetal e as modificações por meio de cortes e/ou aterros elaborados para a execução dos arruamentos e moradias acabam por alterar a geometria das vertentes”. Estas alterações são responsáveis por aumentar o índice de declividade, expondo o solo anteriormente protegido pela cobertura vegetal aos agentes climáticos. Este mesmo autor ainda aborda que as modificações na cobertura vegetal, cortes e/ou aterros no solo podem ser responsáveis pelo surgimento de formas de relevo tecnogênicos, ou seja, modificações induzidas por ações humanas. Na classificação de relevo de Ross (1992, p. 21), os relevos tecnogênicos correspondem ao sexto táxon ao se referir a formas de relevos menores, gerados mediante os processos erosivos recentes ou por depósitos atuais, originados “principalmente por indução antrópica”.

Em ambientes onde se observa alterações antrópicas, estas feições podem ser identificadas por meio do reconhecimento de cortes, aterros (segundo a classificação de Nolasco 2002 a respeito dos depósitos tecnogênicos ou antropogênicos), desmontes de morros, sulcos, ravinas, voçorocas cicatrizes de deslizamentos entre outras modificações nas feições do relevo. Segundo Mayor (2021)

pela primeira vez na ciência, pesquisadores concluíram que uma voçoroca é capaz de afetar outras ao seu redor, gerando efeitos em cadeia e atividade humana é uma das responsáveis pelo surgimento das crateras. Algumas destas feições, como por exemplo, cortes e aterros, podem ser reconhecidos por meio da interpretação do mapa hipsométrico e declividade disponíveis no website da bacia do Córrego do Cercadinho, seção Mapas Temáticos.

Além da retirada da cobertura vegetal, impermeabilização do solo e alterações das feições do relevo, identifica-se também alterações no sistema de drenagem diante o processo de urbanização. Compõem a rede de drenagem, dois córregos, sendo o primeiro que dá nome a bacia e o Córrego Ponte Queimada. O comprimento total dos cursos d'água da bacia é de 24.530,00 m. As alterações na morfologia antropogênica modificaram o padrão e os respectivos comprimentos destes cursos d'água, que antes corriam em sua maior parte em leito natural. Atualmente, o comprimento real dos leitos naturais é de 12.921,31 m, o canal revestido aberto é de 786,26 m, canal revestido fechado 4.515,45 m e demais canais não cadastrados representam 6.303,98 m. No ano de 2015, foi observada redução de 11.608,69 m, do curso natural da rede de drenagem, este valor equivale a redução de 47%. Diante destas informações, observa-se que os trechos com canais revestidos estão em regiões mais densas de urbanização, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Modificações hidrogeomorfológicas da bacia do Córrego Cercadinho



Fonte: PRODABEL ANO 2020. Elaboração: Autores

Alterações na morfodinâmica das redes de drenagem são também fatores que contribuem e afetam na manutenção do equilíbrio ambiental. Segundo Fontes e Barbassa (2003), uma das causas que contribuem para o aumento do risco de alagamentos e inundações é a canalização dos cursos d'água, mudanças na morfoestrutura do relevo, aumento na geração de resíduos sólidos, retirada da vegetação e ocupação de matas ciliares são alguns destes exemplos.

Sobre a modificação dos cursos d'água, Moroz-Caccia e Rodrigues (2017), apontam que em morfologias originais os canais fluviais com traçado de curvas e meandros sem alterações antrópicas são responsáveis pelo equilíbrio entre a vazão média e seção do canal. Por sua vez, os ambientes com morfologias antropogênicas, onde se observa o tamponamento e retificação de cursos d'água são responsáveis pelo aumento nas vazões de pico, erosão de margens, inundações em setores à jusante.

Observa-se que a bacia do Córrego Cercadinho em 2015 teve 5.301,71 m de alteração no padrão da rede de drenagem, passando de curso natural para revestido aberto e ou fechado. Nota-se também que 6.303,98 m, de toda a extensão dos cursos d'água são formadas por cursos d'água não cadastrados.

Sobre a modificação dos cursos d'água Moroz-Caccia e Rodrigues (2017), apontam que em morfologias originais os canais fluviais com traçado de curvas e meandros sem alterações antrópicas são responsáveis pelo equilíbrio entre a vazão média e seção do canal. Por sua vez, os ambientes com morfologias antropogênicas, onde se observa o tamponamento e retificação de cursos d'água são responsáveis pelo aumento nas vazões de pico, erosão de margens, inundações em setores à jusante.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As alterações antropogênicas reconhecidas nos ambientes urbanizados da bacia do Córrego Cercadinho podem ser consideradas como variáveis importantes nas alterações das feições do relevo, impermeabilização do solo e alteração dos sistemas de drenagem. É de suma importância conhecer a realidade local para poder planejar e gerir o crescimento urbano na área estudada. As mudanças antropogênicas, as quais sabe-se que são inevitáveis, precisam ser pensadas, planejadas e geridas visando que as mesmas venham a ocorrer causando o menor impacto ambiental negativo possível. Consta-se que a pesquisa em questão cumpriu os objetivos propostos, ao comprovar, por meio dos resultados das caracterizações morfométricas, que a bacia possui baixa probabilidade de ocorrência de eventos de alagamentos e inundações. Através das ocorrências de eventos pluviométricos extremos identificados em Belo Horizonte no mês de janeiro de 2020, entende-se que a cidade está sofrendo as consequências da falha no planejamento urbano e na infraestrutura, apontando a urgência na adoção de ações para mitigar tais problemas. Esses eventos, identificados em locais pontuais, podem estar associados à alta taxa de impermeabilização, gestão de resíduos urbanos, bem como possíveis falhas nos projetos infraestrutura da drenagem das vias de circulação.

Cita-se como fragilidade identificada no desenvolvimento da pesquisa, a baixa produção acadêmica relacionada ao tema das Áreas de Proteção Especial (APE). Supõe que o novo Plano Diretor de Belo Horizonte/2019 irá fomentar várias discussões e trabalhos acadêmicos, por considerar que a revisão do planejamento urbano de um município é uma pauta importante e necessária para melhoria das cidades, de modo a torná-las mais sustentáveis.

Conclui-se também que as interferências do avanço da urbanização foram responsáveis pelas alterações nas formas, materiais superficiais e implicações nos sistemas hidrogeomorfológicos, da bacia do Córrego Cercadinho, Belo Horizonte – MG.

As interferências urbanas por meio de ações antrópicas são inevitáveis, estas vão ocorrer, as cidades crescem, mudam, surgem novas demandas, o mercado e especulação imobiliárias atuam fortemente no processo de transformação espacial, cabe ao poder público planejar, gerir, fiscalizar. A continuação da presente pesquisa pode vir a contribuir com esse processo de planejamento e atuação dos órgãos públicos, uma vez que o aprofundamento das discussões aqui realizadas tende resultar em recomendações assertivas voltadas a melhores formas de se realizar as interferências antrópicas.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de águas. **Atlas Brasil Abastecimento Urbano de água**. 2010. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/atlas/forms/analise/RegiaoMetropolitana.aspx?rme=5>. Acesso em: 13 mar. 2019

ANDRADE, Nara Luiza Reis de; XAVIER, Fernanda Vieira; ALVES, Édina Cristina Rodrigues de Freitas; SILVEIRA, Alexandre; OLIVEIRA, Carlos Ueslei Rodrigues de. **Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso MT**. *Geociências*, v.27,p.237-248., 2008.

BAIRROS DE BELO HORIZONTE. Disponível em: <https://bairrosdebelohorizonte.webnode.com.br/> Acesso em: 05 abril 2023.

CAJAZEIRO, J.M.D. **Análise da susceptibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do Ribeirão Arrudas e Córrego da Onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização**. Dissertação de Mestrado, UFMG, Belo Horizonte. 2012, 101p.

COSTA, T. LANÇA, R. **Hidrologia de Superfície**. 2001. Disponível em: [http://w3.ualg.pt/~rlanca/sebentahidaplicada/sebenta\\_de\\_hidraulica\\_aplicada\\_2011\\_03\\_01.pdf](http://w3.ualg.pt/~rlanca/sebentahidaplicada/sebenta_de_hidraulica_aplicada_2011_03_01.pdf). Acesso em: 13 mar. 2019.

CUNHA, N.S.; MAGALHÃES, M.R.; DOMINGOS, T.; ABREU, M.M. WITHING. The land morphology concept and mapping method and its application to mainland Portugal. **Geoderma** Volume 325, 1 September 2018, Pages 72-89.

CPRM - **Projeto APA Sul RMBH: Estudos do Meio Físico (Geomorfologia)**, Belo Horizonte, v.6. (2005). Disponível em: [http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/10218/rel\\_apa\\_sulrmbhv6.pdf?sequence=27](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/10218/rel_apa_sulrmbhv6.pdf?sequence=27).

FERREIRA, Tânia Maria de Araújo. **A cidade e as bacias hidrográficas: uma discussão a partir de um estudo de caso**. Encontro Anual da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Cultura. Anais do II Encontro anual do ANPPAS. Campinas, SP, 2004.

FJP - Fundação João Pinheiro. **Saneamento básico em Belo Horizonte: trajetória em 100 anos – os serviços de água e esgoto.** Belo Horizonte: FJP - Centro de Estudos Históricos e Culturais/COPASA (Coleção Centenário), 1997

FONTES, Martins., BARBASSA, Ademir Paceli. **Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbanas.** RBRH -Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8n.2, p. 137–147, 2003.

FUJIMOTO, N. **Considerações sobre o ambiente urbano: Um estudo com ênfase na geomorfologia urbana.** Revista do Departamento de Geografia, p. 76-80, 2005.

GONÇALVES, K.T. **Análise espacial dos acidentes de trabalho assentados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) em uma capital brasileira.** Belo Horizonte, 2012. 187f.

GOUDIE, Andrew. Human influence in geomorphology. **Geomorphology**, v. 7, p. 37-59, 1993. Disponível em:  
[https://is.muni.cz/el/sci/jaro2017/Z8309/um/39347594/Goudie\\_geomorphology.pdf](https://is.muni.cz/el/sci/jaro2017/Z8309/um/39347594/Goudie_geomorphology.pdf). Acesso em: 13 mar. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2010.** Rio de Janeiro: IBGE. (2012). Instituto Estadual de Florestas (IEF). Notícias, 2019. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/2687-ief-encaminha-a-age-informacoessobre-invasao-na-estacao-ecologica-estadual-do-cercadinho-na-grande-bh>. Acesso em: 05 abril 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Normais Climatológicas do Brasil. Disponível em:  
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 13 mar. 2019.

MAYOR, E.S. EESC, IGc e Embrapa comprovam que erosões “vizinhas” interagem entre si. Disponível em: [https://eesc.usp.br/noticias/posts\\_s.php?guid=19854&termid=not\\_gerais](https://eesc.usp.br/noticias/posts_s.php?guid=19854&termid=not_gerais). Acesso em: 11 abril. 2023.

MINAS GERAIS. Decreto Estadual nº 15.979, de 13/01/2006. **Cria a Estação Ecológica do Cercadinho e dá outras providências**, Belo Horizonte, 14 jan. 2006. Disponível em:  
<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5299>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, Isabel Cristina.; RODRIGUES, Cleide. (2017). **Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí– Região Metropolitana de São Paulo.** Geosp - Espaço e Tempo (Online), v.21, n.1, p. 257-283, 2017. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/105342>. Acesso em: 13 mar. 2019.

NIR, D. **Man, a geomorphological agente: na introduction to anthopic Geomorphology Ketem.** House, 184 p., 1983.

NOLASCO M.C. 2002. **Registros geológicos gerados pelo garimpo.** Lavras Diamantinas - Bahia. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 316p.

TOMINAGA, Lídia Keiko. Desastres Naturais: Por que ocorrem? In. **Desastres Naturais Conhecer para prevenir**. Instituto Geológico. São Paulo, 2012. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/publicacoes/2016/12/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.

TUCCI, C., BERTONI, J. **Apostila de Inundações Urbanas da América Latina**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 129 p. Porto Alegre, 2003.

PAIXÃO, Luiz Andrés. ABRAMO, Pedro. (2008). **Os vetores de expansão da atividade imobiliária em Belo Horizonte – 1994-2003**. Nova Economia, v. 18, p. 229–263, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/neco/v18n2/v18n2a03.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE (PBH). **Enquadramento Temático da Bacia do Cercadinho. Núcleo pela revitalização da Bacia do Córrego Cercadinho**. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: [http://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-degoverno-politica-urbana/2018/planejamentourbano/piublicacoes\\_mapas\\_cercadinho\\_smapu\\_2013\\_04\\_08.pdf](http://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-degoverno-politica-urbana/2018/planejamentourbano/piublicacoes_mapas_cercadinho_smapu_2013_04_08.pdf). Acesso em: 13 mar. 2019

REZENDE, Marcos., ÁLVARES, Ricardo. **Da memória para a história. Escola Americana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, MG, 2017. Disponível em: [http://eabh.com.br/damemoriaparahistoria/\\_](http://eabh.com.br/damemoriaparahistoria/_). Acesso: 13 mar 2019.

REIS, Patrícia. **O escoamento superficial como condicionante de inundações em Belo Horizonte, MG: Estudo de caso da sub-bacia Córrego do Leitão, Bacia do ribeirão Arrudas**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geologia-UFMG. 2011, 132f. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MPBB8JAJ8X/1/disserta\\_\\_o\\_completa\\_\\_impress\\_o.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MPBB8JAJ8X/1/disserta__o_completa__impress_o.pdf)

RIBEIRO, R. R. **Histórias de bairros [de] Belo Horizonte: Regional Oeste**. APCBH; PBH. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://bairrosdebelohorizonte.webnode.com.br/região%20oeste/>. Acesso em: 13 mar. 2019.

RODRIGUES, Cleide. **Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidrogeomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo**. Revista do Departamento de Geografia, n. 20, p. 111-125., 2010. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47245>. Acesso em: 13 mar. 2019

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **O registro cartográfico dos fatores geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo**. Revista do Departamento de Geografia nº.6. FFLCH-USP: São Paulo, 1992, p.17-29. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108/50829>. Acesso em: 13 mar. 2019

SILVA, A. B., CARVALHO, E. T., FANTINEL, L. M., ROMANO, A. W., VIANA, C.S. **Estudos geológicos, hidrológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte. (Projeto estudos técnicos para o levantamento da carta geológica de Belo Horizonte) Relatório Final**. Belo Horizonte: CONVÊNIO PBH/FUNDEP (IGC), 375p., 1995.

SCHUMM, Stanley. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy.** Geological Society of America Bulletin, p. 597-646, 1956.

STRAHLER, Arthur. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transaction of American Geophysical Union, p. 913-920, 1957. Disponível em: <file:///C:/Users/anaca/Documents/PROJETO%20MESTRADO/MATERIAL%20DE%20CONSULTA%20POR%20TEMA/Auxilio%20na%20Definição%20da%20Metodologia/HIDROLOGIA/STRAHLER%201957.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.

TAROLLI, P. High-resolution topography for understanding Earth surface processes: Opportunities and challenges. **Geomorphology**, 295-312. 2014.

TUCCI, Carlos. E. **Princípios de hidrologia ambiental.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 5-27, 2002.

TUCCI, C., BERTONI, J. **Apostila de Inundações Urbanas da América Latina.** Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 129 p. Porto Alegre, 2003.

VILLELA, S., MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo. McGraw-Hill do Brasil, 245p., 1975. Disponível em: <file:///C:/Users/anaca/Documents/PROJETO%20MESTRADO/MATERIAL%20DE%20CONSULTA%20POR%20TEMA/Auxilio%20na%20Definição%20da%20Metodologia/HIDROLOGIA/VILLELA%20E%20MATOS.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.