



DEFINIÇÃO DE POPULAÇÃO DE NASCENTES FORA DE ÁREAS PROTEGIDAS PARA APROFUNDAMENTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS EM BELO HORIZONTE/MG

Catharina de Oliveira Maia ¹
Antônio Pereira Magalhães Jr. ²

RESUMO

Belo Horizonte, uma cidade planejada, enfrenta desafios socioambientais devido à urbanização acelerada, especulação imobiliária e segregação social. O planejamento inicial não considerou as características físicas do território, resultando em problemas como inundações e degradação ambiental. A canalização de rios e a poluição dos cursos d'água agravam ainda mais esses problemas. Não obstante, existem nascentes que resistem às perturbações urbanas e continuam essenciais para a manutenção dos sistemas hídricos. Estudos ambientais sobre nascentes localizadas em áreas de proteção, como Unidades de Conservação e Parques Urbanos, são de suma importância para o reconhecimento e valorização desses sistemas. Entretanto, são raros os trabalhos que tenham como objeto de estudo as nascentes localizadas fora de áreas protegidas. Essas nascentes também possuem relevante importância socioambiental e responsabilidade na manutenção da rede hidrográfica. Este trabalho visou definir uma população estratégica de nascentes situadas fora de Unidades de Conservação e Parques Urbanos em Belo Horizonte (MG) para contribuir e auxiliar no aprofundamento de estudos socioambientais. A definição da população estratégica de nascentes partiu de quatro etapas, a saber: 1- Levantamento bibliográfico, 2- Aquisição de dados geoespaciais, 3- Análise espacial a partir do Diagrama de Voronoi e 4- Definição da população de nascentes com características ambientais comuns. Os critérios para caracterizar os grupos de nascentes fora de áreas protegidas foram baseados em estudos relacionados a sistemas hídricos, com foco na realidade de Belo Horizonte. Seis critérios foram estabelecidos: Pedologia, Geologia, Geomorfologia, Bacia Hidrográfica, Uso e Cobertura do Solo e Renda por Setor Censitário. A definição do grupo de nascentes objeto deste estudo deu-se a partir da álgebra de dados geoespaciais de diferentes compartimentos geográficos combinada à análise das áreas de influência resultantes do método do Diagrama de Voronoi para definir o espaço amostral de nascentes localizadas fora de áreas protegidas na capital mineira. Esse processo foi realizado utilizando ferramentas disponíveis em softwares de Sistema de Informação Geográfica (SIG), neste caso, *ArcMap*. Como resultado desse processamento, foram obtidos o total de 64 grupos de nascentes fora de áreas protegidas com características comuns em relação aos seis critérios pautados. A definição estratégica de nascentes sob maior área de influência de cada grupo, de acordo com o Diagrama de Voronoi, não garante que as campanhas de campo sejam definitivas e precisas. Nesse sentido, é essencial que o reconhecimento dos sistemas ambientais a serem trabalhados seja validado em campo. Os resultados indicam a distribuição estratégica das nascentes no município, a qual se apresenta como guia para a realização de campanhas de campo estratégicas que envolvam a investigação de nascentes. É válido ressaltar que os resultados obtidos não anulam a importância de reconhecer e realizar estudos aprofundados sobre todas as nascentes que compõem o município como um todo. Ademais, é importante ressaltar que os estudos ambientais voltados para nascentes desprotegidas reforçam e auxiliam a

¹ Mestra em Geografia pela UFMG, catharinaolm@gmail.com;

² Professor Titular do Departamento de Geografia da UFMG, antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com



elaboração de aparatos legais que sejam específicos e compatíveis com a realidade hídrica da cidade.

Palavras-chave: Recursos Hídricos, Planejamento urbano, Diagrama de Voronoi.

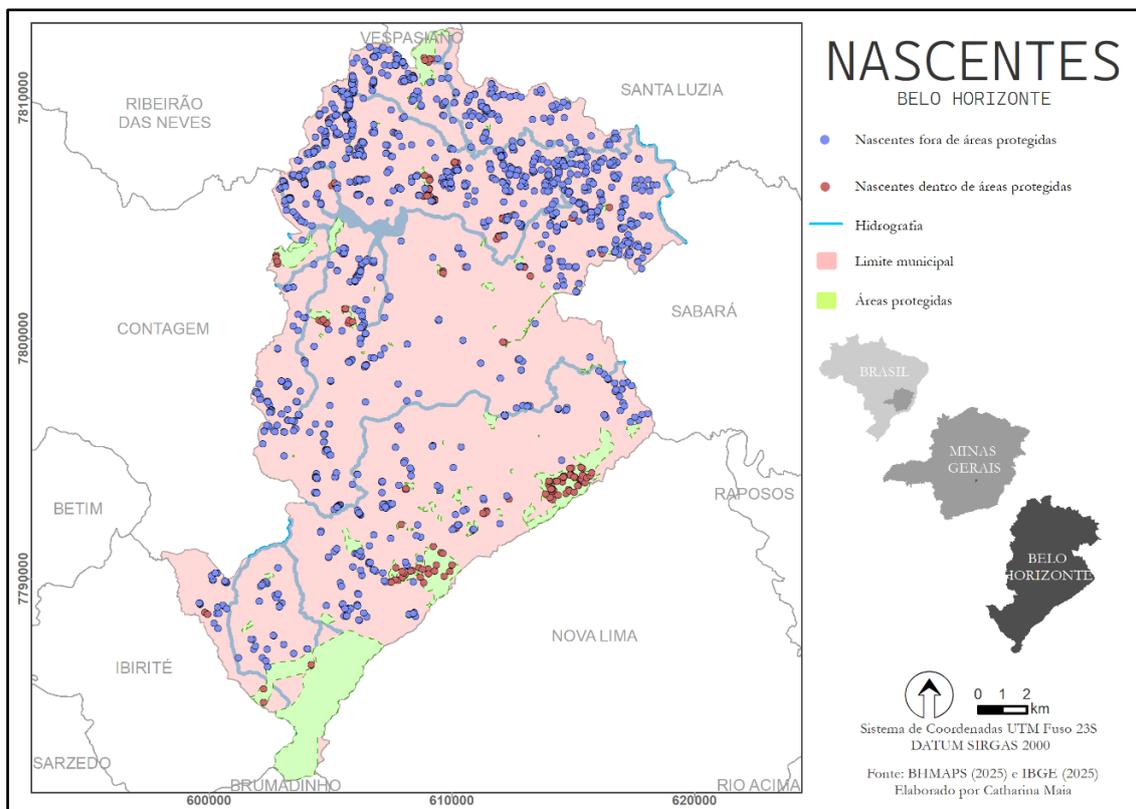
INTRODUÇÃO

O município de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, é exemplo de cidade planejada que, desde sua origem, priorizou aspectos estéticos em detrimento das dinâmicas e características do meio físico (IBGE, 2023). Essa lógica de ocupação resultou em uma intensa artificialização do ambiente urbano, alterando ou suprimindo aspectos do quadro físico, em especial, em relação à geomorfologia e hidrografia.

O avanço do processo de urbanização levou à coexistência de dois cenários distintos em relação aos sistemas hídricos da cidade: de um lado, sistemas fortemente impactados ou completamente suprimidos; de outro, um conjunto de sistemas, menos frequentes, que se manteve menos impactado, por vezes em condições próximas das originais. Este último cenário, geralmente, está relacionado as áreas mais protegidas, as quais compreendem, no caso de Belo Horizonte, as Unidades de Conservação e Parques Urbanos. Entretanto, existem sistemas que também se apresentam menos impactados, como é o caso de nascentes, áreas úmidas (como brejos) e cursos d'água que ainda resistem em meio ao tecido urbano.

Nos últimos anos, diversos estudos têm se dedicado à caracterização de nascentes situadas em parques urbanos de Belo Horizonte (Felippe, 2009; Macedo *et al.*, 2011; Sampaio *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2018). Embora a cidade apresente um contexto altamente artificializado, essas pesquisas revelam que muitas nascentes permanecem ativas ou apresentam baixo grau de alteração. No entanto, ainda existem lacunas significativas no conhecimento sobre os sistemas localizados fora dessas áreas protegidas (CBH-VELHAS, 2018). Felippe (2009) destaca que investigar as nascentes no contexto urbano de Belo Horizonte é um desafio instigante, dado que sua dinâmica está fortemente condicionada às ações antrópicas. A seguir, a Figura 1 apresenta a população de nascentes já mapeadas no município.

Figura 1 - População de nascentes mapeadas em Belo Horizonte.



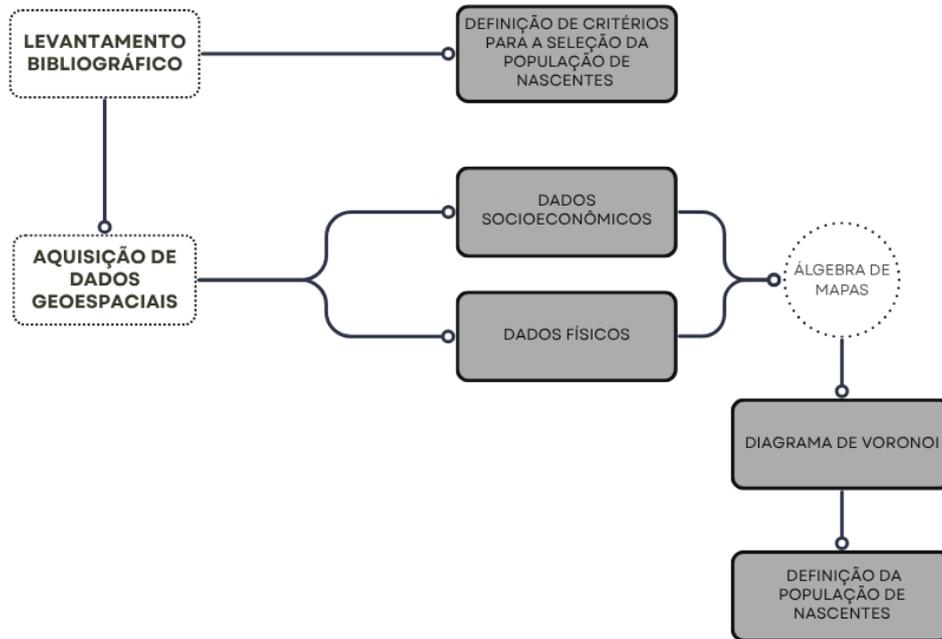
Fonte: Autores (2025).

Tendo em vista o contexto abordado, este artigo tem como objetivo de definir uma população estratégica de nascentes situadas fora de áreas protegidas em Belo Horizonte (MG) a fim de contribuir e auxiliar no aprofundamento de estudos socioambientais. É válido ressaltar que este trabalho apresenta-se como guia para a realização de campanhas de campo estratégicas que envolvam a investigação de nascentes. Assim, é válido compreender que os resultados obtidos não anulam a importância de reconhecer e realizar estudos aprofundados sobre todas as nascentes que compõem o município como um todo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa envolveram uma sequência articulada de ações que incluíram o levantamento bibliográfico, a obtenção de dados geoespaciais, a aplicação de técnicas de análise espacial com o uso do Diagrama de Voronoi e, por fim, a definição de uma população estratégica de nascentes. A Figura 2 apresenta o fluxograma geral das etapas desenvolvidas no estudo.

Figura 2 - Fluxograma da Metodologia da Pesquisa.



Fonte: Autores (2025).

A etapa inicial desta pesquisa partiu de um levantamento bibliográfico com foco em publicações nacionais e internacionais sobre nascentes urbanas localizadas fora de áreas protegidas, com ênfase no contexto de Belo Horizonte. Essa etapa foi fundamental para identificar os principais critérios utilizados na literatura científica para seleção e categorização de nascentes em áreas urbanas, além de subsidiar os parâmetros adotados nas fases seguintes da pesquisa.

Os critérios físicos considerados englobaram variáveis geológicas, geomorfológicas, pedológicas e hidrográficas, enquanto os critérios socioeconômicos consideraram padrões de adensamento populacional e renda média mensal por setor censitário, conforme dados do IBGE (2023). As bases cartográficas utilizadas foram obtidas em portais oficiais de órgãos públicos e instituições de pesquisa. Devido às variações de métodos, formatos e escalas entre as diferentes bases de dados, foi necessário reorganizar as informações e realizar ajustes topológicos para garantir a compatibilidade entre os conjuntos de dados trabalhados. A seguir, a Tabela 1 apresenta as principais bases cartográficas utilizadas na análise.

Tabela 1 - Bases cartográficas de estudo para a definição da população estratégica de nascentes.

BASE GEOESPACIAL	FONTE	ANO	ESCALA
Pedologia	Departamento de Solos (UFV)	2010	1:650.000
Geologia	Serviço Geológico do Brasil	2004	1:1.000.000
Geomorfologia	IBGE	2019	1:250.000
Bacia Hidrográfica	BH Map	2024	-
Uso e Cobertura da Terra	MapBiomás	2022	1:100.000
Renda ³	IBGE	2010	-

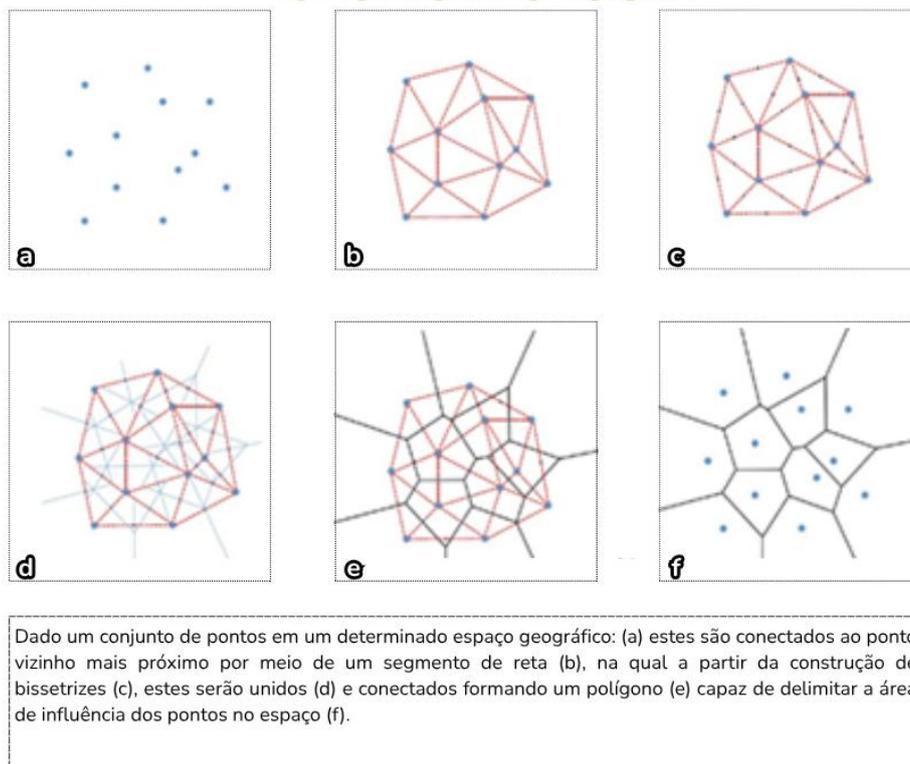
Fonte: Autores (2025).

Na sequência, realizou-se a aquisição de dados geoespaciais, com base em técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) com o objetivo de identificar para cada nascente mapeada os distintos compartimentos geográficos do município, e, abarcando então diferentes realidades físicas e socioeconômicas da cidade, conforme apontado por Sampaio *et al.* (2014). O processamento e a análise dos dados foram conduzidos no *software ArcMap 10.8* e suas versões (*ArcToolbox* e *ArcCatalog*).

Para o tratamento e interpretação dos dados, foi aplicado o método de análise espacial baseado no Diagrama de Voronoi, também conhecido como polígonos de *Thiessen*. Sua principal aplicação consiste na delimitação de áreas de influência com base em pontos de interesse, levando em consideração a menor distância relativa entre eles. Segundo Moura (2009), esse tipo de representação espacial permite identificar, em um dado plano, as regiões mais próximas a determinados pontos, o que resulta na formação de polígonos cuja delimitação respeita a equidistância entre os pontos adjacentes. A Figura 3 apresenta um modelo esquemático da construção desses polígonos.

Figura 3 - Modelo esquemático da construção do Diagrama de Voronoi.

³ A classificação da renda segue critério utilizado pelo Instituto de Pesquisas Econômicas e Administrativas (IPEAD, 2018), o qual classifica a renda é categorizada em quatro faixas: Popular (inferior a 5 SM), Médio (igual ou maior a 5 SM e menos que 8,5 SM), Alto (igual ou maior a 8,5 SM e menor que 14,5 SM) e Luxo (igual ou superior a 14,5 SM).

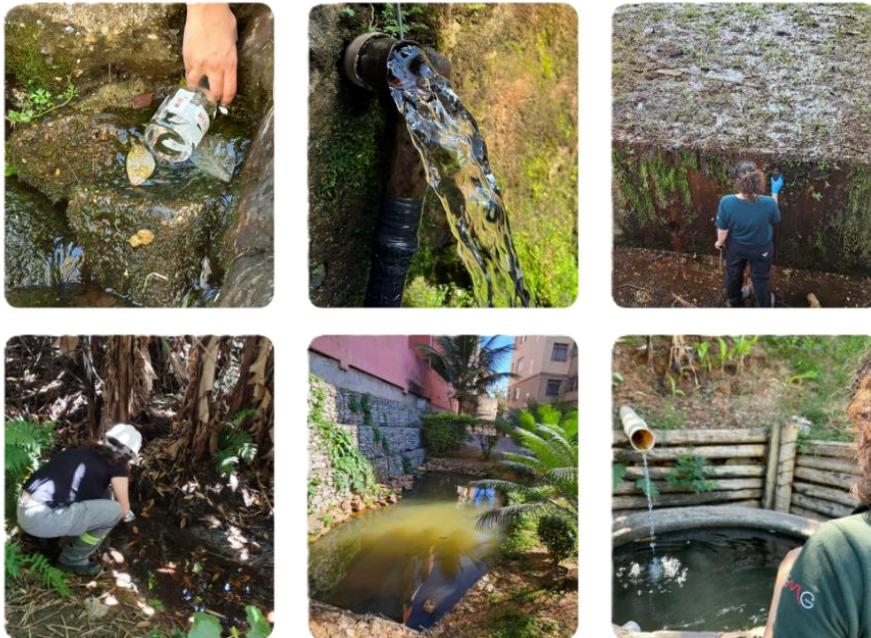


Fonte: Autores (2025).

Por fim, no presente estudo, a aplicação do Diagrama de Voronoi possibilitou identificar as nascentes com maior área de influência no contexto urbano, levando em conta os diferentes atributos ambientais e sociais do território de Belo Horizonte. Essa análise permitiu a definição de uma população estratégica de nascentes localizadas fora de Unidades de Conservação e Parques Urbanos, subsidiando futuros estudos e ações voltadas à proteção desses sistemas hídricos urbanos.

Além dos procedimentos adotados para a definição da população estratégica de nascentes fora de áreas protegidas percorridas neste trabalho, foram realizadas etapas de campo para confirmar a presença dessas nascentes e avaliar a viabilidade de se trabalhar com elas. Ressalta-se que este artigo integra uma das etapas de uma pesquisa continuada acerca de nascentes fora de áreas protegidas no município de Belo Horizonte. A Figura 4 apresenta um mosaico com exemplo das nascentes trabalhadas.

Figura 4 – Exemplos de nascentes fora de áreas protegidas em Belo Horizonte.



Fonte: Autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

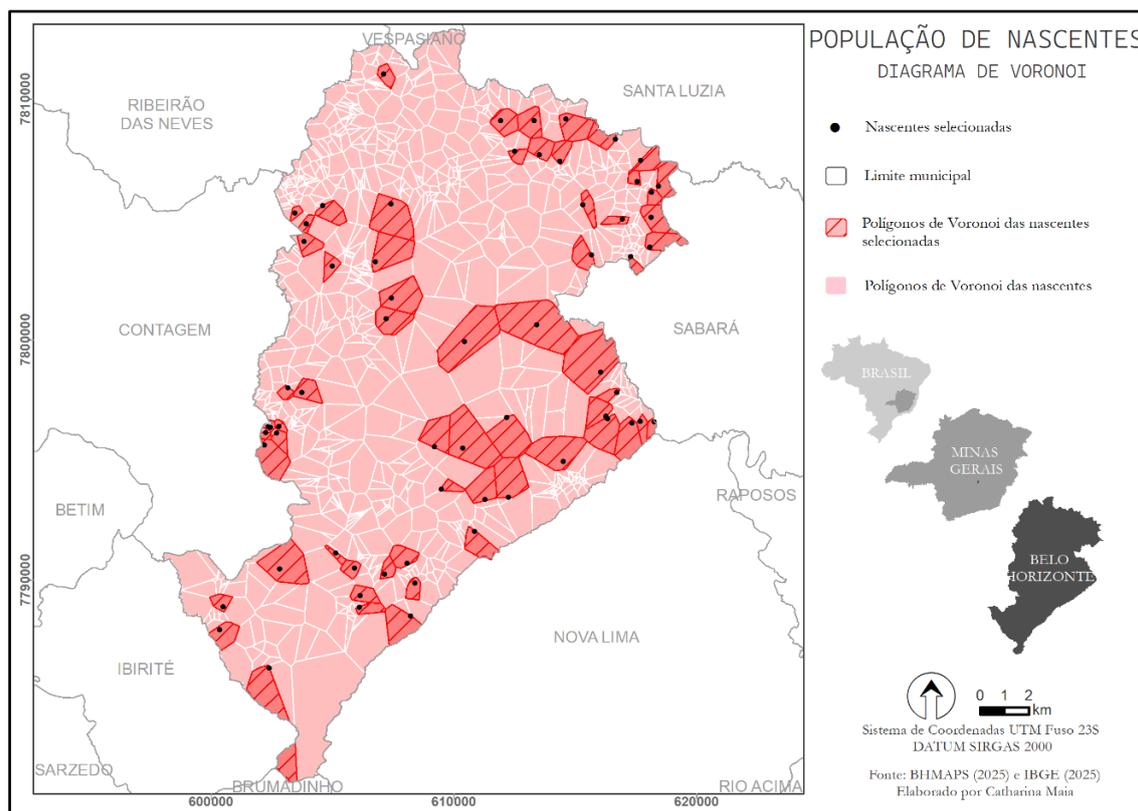
Com o objetivo de definir a população de nascentes localizadas fora de áreas protegidas em Belo Horizonte, foram estabelecidos critérios que permitissem o agrupamento de nascentes com características comuns, considerando as diferentes classes de cada compartimento geográfico analisado. A definição desses critérios foi fundamentada em estudos sobre sistemas hídricos urbanos, especialmente aqueles com foco na capital mineira, como os trabalhos de Felipe (2009), Macedo *et al.* (2011), Sampaio *et al.* (2014) e Ferreira *et al.* (2018). A partir dessa base teórica e metodológica, foram definidos seis critérios principais para a caracterização dos agrupamentos: pedologia, geologia, geomorfologia, sub-bacias hidrográficas, uso e cobertura do solo, e renda por setor censitário.

Em seguida, foi aplicado um processo de classificação não supervisionada em ambiente SIG, por meio do qual se realizou uma álgebra espacial entre as classes dos seis critérios definidos. Esse cruzamento resultou na formação de agrupamentos de nascentes com características comuns, permitindo a análise mais aprofundada das condições ambientais e sociais em que estão inseridas. Como resultado desse processamento inicial, foram identificados 64 grupos distintos, totalizando 848 nascentes situadas fora de áreas protegidas no município. Esses grupos representam unidades espaciais com

características homogêneas, considerando a combinação dos seis critérios utilizados na análise. Os 64 grupos definidos neste estudo indicam que, para representar adequadamente a diversidade das nascentes situadas fora de Unidades de Conservação e Parques Urbanos em Belo Horizonte, seriam necessárias pelo menos 64 amostras em campanhas de campo. Com isso, a metodologia proposta permite captar a diversidade de compartimentos geográficos em que essas nascentes estão inseridas.

Com os agrupamentos definidos, foi utilizado o ambiente GIS para aplicação da ferramenta *Create Thiessen Polygons*, que gerou o Diagrama de Voronoi a partir da base cartográfica das nascentes mapeadas no município, incluindo as localizadas em áreas protegidas. Esse processo permitiu a delimitação das áreas de influência de cada nascente e, com base nessa análise, foi selecionada a nascente com maior área de influência por grupo, conforme apresenta a Figura 5.

Figura 5 - Seleção de nascentes sob maior área de influência a partir do Diagrama de Voronoi.



Fonte: Autores (2025).

A escolha estratégica dessas nascentes visa orientar as campanhas de campo, otimizando a amostragem sem pretensão de esgotar a realidade local. Cabe ressaltar que a base cartográfica utilizada inclui dados oficiais e contribuições colaborativas da



população, o que pode acarretar em inconsistências. Assim, na ausência de confirmação *in loco* ou impossibilidade de acesso à nascente de maior influência, recomenda-se optar pela nascente subsequente em área dentro do mesmo grupo.

Em relação à distribuição territorial, todas as regionais administrativas de Belo Horizonte foram contempladas. Observa-se que as regionais Oeste e Venda Nova apresentaram o menor número de nascentes. Para equilibrar a amostragem entre as regionais, propõe-se a inclusão de nascentes com maior área subsequente até atingir a média de sete nascentes por regional.

Ademais, é válido ressaltar que a distribuição das nascentes não é homogênea no município. Nota-se uma concentração significativa nas regionais Centro-Sul e na porção norte de Belo Horizonte, enquanto áreas como a da Avenida do Contorno apresentam escassez desses sistemas ambientais. Isso reflete o histórico de urbanização da cidade: planejada originalmente com limites restritos à Avenida do Contorno, Belo Horizonte foi rapidamente expandida, o que resultou na supressão e tamponamento de inúmeras nascentes e cursos d'água (IBGE, 2023; PBH, 2023).

Diante disso, é fundamental que os estudos ambientais considerem com equidade as nascentes situadas tanto em áreas protegidas quanto fora delas, a fim de subsidiar políticas públicas que estejam alinhadas à complexidade e realidade hídrica da capital mineira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A definição estratégica de nascentes apresentada neste estudo atua como um guia para orientar campanhas de campo em Belo Horizonte, especialmente em contextos de urgência ou com prazos reduzidos. Essa estratégia visa otimizar o planejamento das atividades, sem desconsiderar a importância do reconhecimento de todas as nascentes mapeadas no município. É importante destacar que nascentes localizadas fora de Unidades de Conservação e Parques Urbanos também exercem funções ambientais e sociais relevantes. Em áreas com maior grau de urbanização, onde a rede hidrográfica é frequentemente modificada ou suprimida, o envolvimento da população local pode ser decisivo para sua preservação.

O trabalho propõe a definição de uma população estratégica de nascentes situadas fora de áreas protegidas como ponto de partida para aprofundar estudos ambientais. Embora o município possua um número expressivo de nascentes cadastradas, observa-se



uma predominância de pesquisas voltadas às áreas protegidas. Assim, reforça-se a necessidade de ampliar estudos para as áreas consideradas desprotegidas pelo aparato legal, reconhecendo sua contribuição para a manutenção dos sistemas hídricos urbanos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa PQ do segundo autor; ao Grupo de Pesquisa RIVUS - Geomorfologia e Recursos Hídricos.

REFERÊNCIAS

CBH-VELHAS – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS. **Valorização de Nascentes Urbanas: Belo Horizonte**. 2018. Disponível em: <https://cbhvelhas.org.br/valorizacao-de-nascentes-urbanas-onca-3a-fase/>. Acesso em 30/03/2025.

FERREIRA, L. L. B.; JUNIOR, A. P. M. Inventário das áreas úmidas urbanas em parques municipais de Belo Horizonte/MG. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 54, p 702-730, 2018.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG: com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. 2009. 1v. (Dissertação – Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades: Belo Horizonte**. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>. Acesso em 20/03/2025.

MACEDO, D.; JUNIOR, A. P. M. Percepção social no programa de restauração de cursos d'água urbanos em Belo Horizonte. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 23, p.51-63, 2011.

MOURA, A. C. M. Discussões metodológicas para aplicação do modelo de Polígonos de Voronoi em estudos de áreas de influência fenômenos em ocupações urbanas – estudo de caso em Ouro Preto – MG. **Anais VII Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos - ENABER**, São Paulo, Brasil, 9-11 setembro 2009, FEA/USP.

PBH – PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **PBH Portal**: Belo Horizonte. 2023. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/>. Acesso em 10/03/2025.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Variáveis auxiliares para o mapeamento da rede de drenagem: correlação espacial entre nascentes, unidades de relevo e litotipos na bacia hidrográfica do rio Benevente-ES. **GeoUSP espaço e tempo**, São Paulo, v. 18, n. 3, p.624-634, 2014.