

MODELO DE PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA APLICAÇÃO DE POLÍTICAS DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM BELO HORIZONTE (MG)

Thaís Daniele Apóstolo Nogueira

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, Brasil
thaisaanogueira@gmail.com

Bráulio Magalhães Fonseca

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, Brasil
brauliomagalhaes@ufmg.br

RESUMO

A natureza, inclusive em meios urbanos, gera benefícios ao bem-estar humano, os chamados Serviços Ecossistêmicos (SE), e a promulgação da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) coloca em evidência a necessidade de desenvolvimento de estratégias para implementação de políticas de preservação ambiental por meio de incentivos. Na busca pelo desenvolvimento urbano sustentável, ou seja, por cidades mais resilientes, sustentáveis e menos desiguais é fundamental que as políticas de PSA não reforcem as desigualdades socioambientais, destinando recursos a pessoas e regiões bem servidas de SE, e deixando de direcioná-los a áreas de extrema carência. Utilizando Belo Horizonte como estudo de caso, mapeou-se, a partir de dados secundários e proxies ambientais, a oferta de SE no município e, com base em dados socioeconômicos georreferenciados, estimou-se a demanda por ações geradoras e potencializadoras desses benefícios. Oferta e demanda foram comparadas de forma a compor um modelo de priorização, utilizando-se de métodos de análise espacial e análise exploratória.

Palavras-chave: Desenvolvimento urbano sustentável. Serviços ecossistêmicos. Pagamento por Serviços Ambientais. Belo Horizonte. Análise espacial.

PRIORITY MODEL FOR SELECTING AREAS TO APPLY PAYMENT FOR ENVIRONMENTAL SERVICES POLICIES IN BELO HORIZONTE (MG)

ABSTRACT

The provision of ecosystem services (ES) by nature, including in urban areas, contributes to human well-being. The enactment of the National Policy on Payment for Environmental Services (PSA) highlights the need for developing strategies to implement environmental preservation policies through incentives. In pursuing sustainable urban development, which aims at building more resilient, sustainable, and less unequal cities, it is crucial that PSA policies not reinforce socio-environmental inequalities by directing resources to people and regions well-served by ES while neglecting areas of extreme need. Using Belo Horizonte as a case study, this research maps the supply of ES in the municipality based on secondary data and environmental proxies. The study also estimates the demand for actions that generate and enhance these benefits based on georeferenced socioeconomic data. The supply and demand are then compared to create a prioritization model using spatial and exploratory analysis methods.

Keywords: Sustainable urban development. Ecosystem services. Payment for Environmental Services. Belo Horizonte. Spatial analysis.

INTRODUÇÃO

A percepção institucional de que os ecossistemas – sejam os menos alterados, como florestas, ou os mais antropizados, como áreas urbanizadas – influenciam no bem-estar humano emerge com a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Neste contexto, consolidou-se o termo Serviços Ecossistêmicos (SE), ou ainda Serviços dos Ecossistemas, que são:

Benefícios que o homem obtém desses ecossistemas. Eles abrangem serviços de provisão, incluindo alimentos, água, madeira e fibras; serviços reguladores, que afetam climas, inundações, doenças, resíduos e a qualidade da água; serviços culturais, que fornecem benefícios recreacionais, estéticos e espirituais; e serviços de suporte, tais como formação do solo, fotossíntese e ciclo de nutrientes. A espécie humana, embora protegida de mudanças ambientais pela cultura e pela tecnologia, depende fundamentalmente do fluxo dos serviços dos ecossistemas. (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005, p. 10)

Ressalta-se que a ideia de Serviços Ecossistêmicos está intimamente ligada à apropriação humana dos benefícios gerados pela natureza e não somente à existência e interação entre os recursos naturais. O termo Serviços Ambientais, muitas vezes, é utilizado como sinônimo, ainda que muitos autores, sobretudo no Brasil e América Latina, apontem diferenças entre os conceitos (JOLY, SEIXAS et al., 2019; SOLERA, 2020). Tradicionalmente, denominam-se Serviços Ambientais as atividades humanas que favorecem a conservação ou a melhoria dos ecossistemas e, como consequência, contribuem com a manutenção dos Serviços Ecossistêmicos fornecidos (BRASIL, 2020).

Matínez-Harms e Balvanera (2012) relatam que do mesmo modo em que cresce o interesse acadêmico pelo estudo e identificação dos Serviços Ecossistêmicos, houve um rápido aumento no número de estudos focados na sua distribuição espacial, utilizando diferentes métodos para mapear SE para tomada de decisão. É mais econômico aumentar o esforço de pesquisa do que usar dados de baixa qualidade. Melhorar o conhecimento dos Serviços Ecossistêmicos e seu mapeamento provavelmente apresentará custos menores do que os custos da inação ou os de identificar erroneamente áreas prioritárias para manutenção e ações potencializadoras do SE ali ofertados. (EIGENBROD; ARMSWORTH et al., 2010).

Para adequada gestão da paisagem, visando aumento da sustentabilidade a longo prazo, instrumentos de financiamento adequados são essenciais (DE GROOT; ALKEMADE et al., 2010). Entre as formas de financiamento mais conhecidas está o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Em síntese, o PSA se constitui em uma transação voluntária, na qual um serviço ambiental bem definido ou um uso da terra que possa assegurar este serviço é comprado por, pelo menos, um comprador de, pelo menos, um provedor sob a condição de que este garanta a provisão do serviço. Assim, geralmente, estão presentes três partes interessadas: os provedores, que recebem a compensação financeira; os recebedores, que pagam pelos serviços; e os mediadores, que são órgãos governamentais ou não, atuantes na relação entre provedor-recebedor. (ALMEIDA; SILVA; SANTOS, 2019; WUNDER; BÖRNER et al., 2008).

Na bibliografia sobre PSA no Brasil há um predomínio dos estudos voltados para produtores rurais. (PARRON; FIDALGO et al., 2019). Sepe e Pereira (2015) ressaltam que o PSA em áreas urbanas apresenta um desafio inicial de romper o paradigma do esquema tradicional, que não foi elaborado para as cidades.

Ainda é comum a visão de cidade e natureza como elementos distintos e, com frequência, em oposição. Entretanto, a concentração crescente da população mundial e brasileira em cidades e os graves problemas relacionados à deterioração da qualidade do ambiente construído e da qualidade de vida de seus habitantes inseriram o contexto urbano nas discussões ambientalistas (PINHEIRO, 2019). Surge então a noção de desenvolvimento urbano sustentável que, segundo Costa (2000), traz o desafio de coordenar as políticas urbano-ambientais. Nessa perspectiva, as contribuições da natureza para o bem-estar humano e a infraestrutura verde nas cidades ganharam relevância na garantia da qualidade de vida, mas também do direito à cidade, entendido como acesso pleno aos benefícios da urbanização.

Essa compreensão de cidade e meio ambiente como conceitos coexistentes, em contraponto à visão de urbano e natureza como opostos, ou do ambiente urbanizado como antiecológico, vem ganhando força no direcionamento das políticas públicas de planejamento.

Entre as iniciativas globais, o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (ONU-HABITAT) estabeleceu entre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, o ODS 11: Cidades Sustentáveis. Portanto, o desenvolvimento de modelos e estratégias de melhoria da qualidade de vida e do meio ambiente em áreas urbanas vem ao encontro dos propósitos dessa agenda.

Na esfera local, o Projeto ANDUS (Apoio à Agenda Nacional de Desenvolvimento Urbano Sustentável no Brasil), executado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e Ministério do Meio Ambiente (MMA) em parceria com o Governo da Alemanha, a proposta da Trama Verde-Azul, integrante do Plano Diretor da Região Metropolitana de Belo Horizonte e a realização da 5.^a Conferência Municipal de Política Urbana de Belo Horizonte com foco na Nova Agenda Urbana demonstram o interesse dos gestores públicos e atores urbanos pela integração cidade-meio ambiente na busca pela melhoria da qualidade de vida de seus habitantes.

É nítido, porém, que os benefícios providos pela natureza, denominados Serviços Ecossistêmicos, não se distribuem de forma igualitária nas cidades. O Relatório do ONU-HABITAT de 2012 indica que é nos

grandes centros urbanizados da América Latina onde se encontram os maiores níveis de desigualdade social. Organizadas pela lógica do capital, as cidades tendem a reproduzir espacialmente a desigualdade entre seus habitantes, num cenário em que a paisagem se organiza em zonas de forte homogeneidade social interna. (CASTELLS, 1975).

Áreas com melhor infraestrutura e qualidade de vida são mais atrativas para empreendimentos imobiliários de alta renda. Fazendo o raciocínio inverso é fácil compreender como as áreas mais impróprias à ocupação, com pior infraestrutura e alta vulnerabilidade ambiental, e conseqüentemente baixa oferta de Serviços Ecosistêmicos, são justamente onde se instalam favelas e outros tipos de assentamentos precários. É nesses locais que se concentram os “incapazes de acesso à terra pela lógica de mercado, mediada predominantemente por trocas monetárias” (SILVA, 2003, p.72). Como forma de explicar esse fenômeno, emerge o conceito de desigualdade socioambiental. (ACSELRAD, 2015).

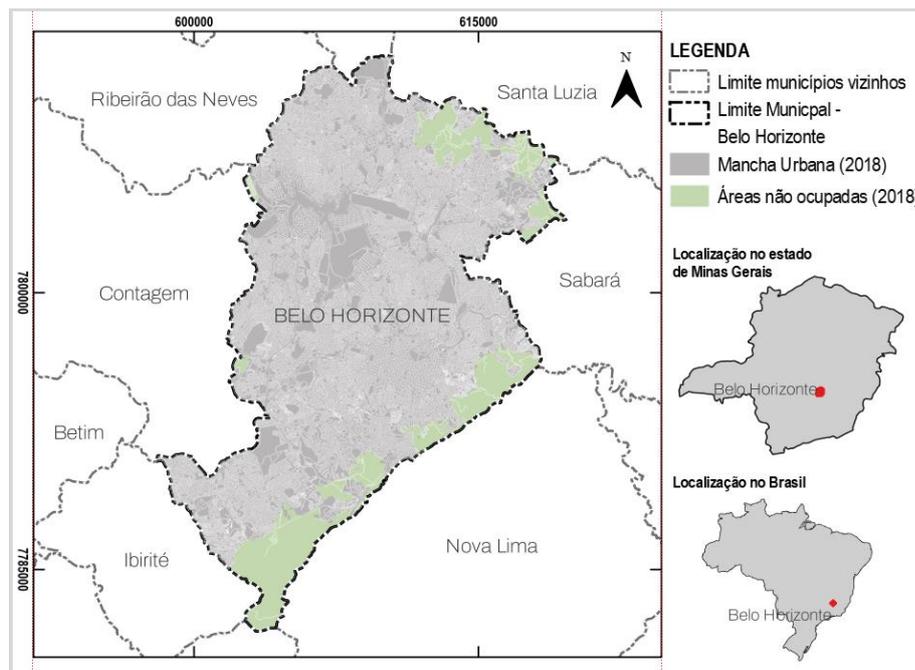
A paisagem urbana é suporte para o desenrolar dos processos ambientais e socioeconômicos, mas não é meramente passiva, pois também apresenta, de forma dialética, mecanismos de reforço e reprodução da desigualdade. A continuidade desse sistema vai contra os propósitos de desenvolvimento urbano sustentável. Por isso, se fazem necessárias políticas públicas direcionadas, que partam da identificação das regiões com maior vulnerabilidade socioambiental, da mobilização e engajamento das comunidades ali presentes para a priorização de investimentos nessas áreas.

Com o objetivo de promover a redução das desigualdades socioambientais, este artigo objetivou criar um modelo de priorização de áreas para aplicação de políticas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), com base em dados geoespaciais. Os objetivos secundários foram: avaliar e classificar a oferta de Serviços Ecosistêmicos e a demanda por Serviços Ambientais em Belo Horizonte, a partir de métodos de análise espacial e análise exploratória de dados; proporcionar subsídio para gestores públicos no desenvolvimento de programas de Pagamentos por Serviços Ambientais em áreas urbanas, e desenvolver uma ferramenta de suporte a decisões de planejamento urbano.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foi utilizado para estudo de caso o município de Belo Horizonte, cuja totalidade de seu território é inserida em perímetro urbano. O município possui cerca de 86% (aproximadamente 285 km²) de sua área ocupada por área urbanizada (Figura 1). A opção por um município altamente urbanizado para realização da pesquisa se justifica, pois, a intenção é justamente avaliar a provisão e a demanda de Serviços Ecosistêmicos em áreas urbanas consolidadas e a priorização de áreas para aplicação de políticas de PSA em cidades.

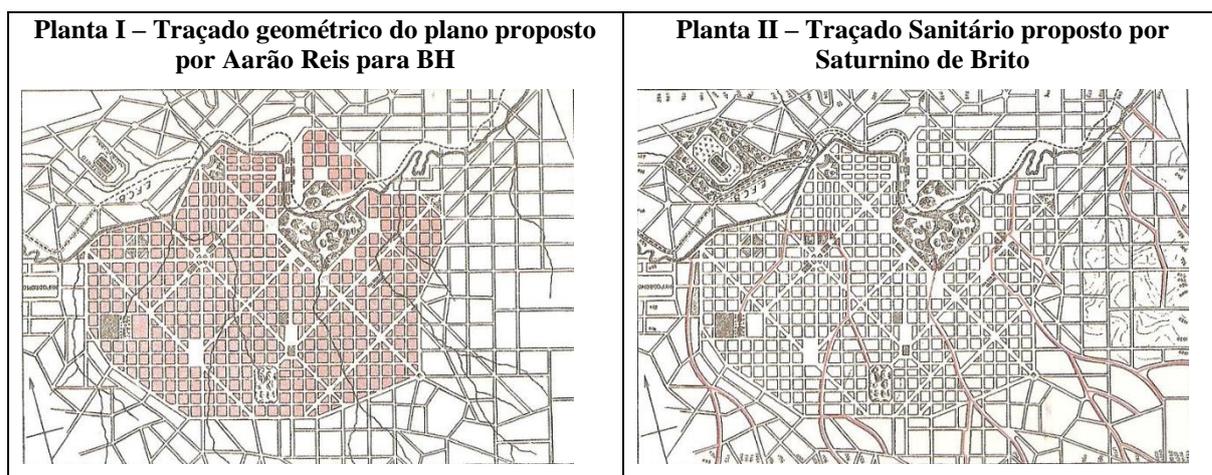
Figura 1 - Localização da área de estudo – Município de Belo Horizonte.



Fonte - IBGE (2010) e Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2021). Elaboração: Os autores, 2023.

Belo Horizonte faz parte de uma longa tradição de núcleos urbanos planejados no Brasil. Destacam-se, nesse conjunto, as cidades-capitais cujo papel de sede e representação do poder central encontrava expressão mais acabada no domínio do território pelo planejamento urbano (BOTELHO, 2002). A Comissão Construtora da Capital, responsável por projetar e executar as obras da nova cidade foi chefiada pelo Engenheiro Aarão Reis. A concepção modernista e simbólica, privilegiando um traçado com linhas geométricas bem definidas no desenho das ruas e quarteirões, desenvolveu-se à revelia da configuração natural da paisagem. Cabe ressaltar que já naquela época o engenheiro Saturnino de Brito chegou a conceber o chamado “Traçado Sanitário”, que adequava a geometria rígida adotada por Aarão Reis por meio de contornos que acompanhavam os fundos de vale (Figura 2). Contudo, prevaleceu a proposta original. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997).

Figura 2 - Comparação dos traçados propostos para a nova capital.



Fonte - FJP et al., 1997.

A construção da Nova Capital iniciou-se em 1894 e sua inauguração ocorreu em 1897. Rapidamente a cidade foi povoada e o crescimento populacional logo subverteu as intenções dos planejadores urbanos. Os trabalhadores das obras de implantação da capital se instalaram na zona urbana com a condição de que suas casas improvisadas fossem demolidas quando da inauguração oficial da nova sede do governo. Como isso não ocorreu, a prefeitura realizou remoções de barracões e até bairros inteiros, expulsando as pessoas dali e obrigando-as a viver na zona suburbana, mais distante. Consolidava-se, aos poucos, uma ocupação da cidade que determinava o direcionamento de certos grupos sociais para a periferia, enquanto se reservava a área central para segmentos específicos da sua população, sobretudo os mais favorecidos e ligados às funções institucionais da Capital (SILVA, 2013).

A expansão da área urbanizada ocorreu por sucessivos processos de expulsão das classes mais baixas para as periferias, seja pelas medidas autoritárias de remoção de vilas e favelas durante a ditadura militar, seja pelos programas habitacionais do Banco Nacional de Habitação (BNH) (PINHEIRO, 2019; SILVA, 2013). A partir de 1990 inicia-se na cidade um processo de periferização das classes mais abastadas, uma vez que a área urbana central - pelo crescimento do trânsito de veículos, poluição sonora e visual entre outras transformações advindas da metropolização - deixa de oferecer os atributos ambientais almejados pela classe alta.

Os anos 2000 ficam marcados pela verticalização e adensamento. Restando poucas áreas para expansão urbana formal, os raros espaços verdes no município passaram a ser objeto de conflito. Algumas áreas se tornaram alvo de ocupações irregulares – como é o caso das ocupações Dandara e Izidora – outras têm sido reivindicadas como espaços de lazer e preservação, em disputa com o mercado imobiliário, como o caso de terrenos nos bairros Jardim América e Luxemburgo.

Atualmente os dois principais conjuntos de grandes manchas, mais íntegras, de áreas verdes são:

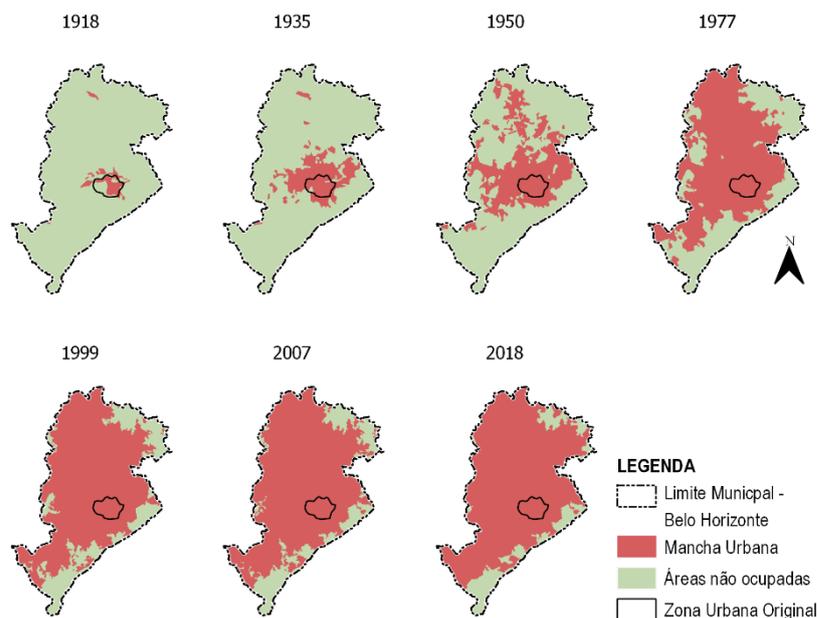
- Áreas no alinhamento montanhoso da Serra do Curral (limite sudeste do município), onde há também um conjunto de áreas legalmente protegidas, com os Parques Estaduais da Serra do

Rola Moça e da Baleia, a Estação Ecológica do Cercadinho e os Parques Municipais das Mangabeiras, da Serra do Curral e Fort Lauderdale;

- Áreas no norte e nordeste do município, no trecho conhecido como Granja Werneck. A região não possui dispositivos de preservação ambiental e tem sido alvo de conflitos fundiários. Suas bordas abrigam quatro ocupações urbanas irregulares (região da Izidora), alvos de projetos de regularização e urbanização pela Prefeitura Municipal em parceria com a ONU-Habitat.

A Figura 3 mostra a evolução da área urbanizada ao longo da ocupação de Belo Horizonte.

Figura 3 - Evolução da área urbanizada de Belo Horizonte.



Fonte - PRODABEL, 2018. Os autores, 2023.

METODOLOGIA

O mapeamento partiu de uma coleção de dados georreferenciados, que serviram como *proxies* ambientais. Esta base teve como fonte principal a Infraestrutura de Dados Espaciais de Belo Horizonte (IDEBHGeo), além de outros bancos de dados públicos, como o IBGE, imagens de satélite de alta resolução, entre outros. Priorizou-se a seleção de dados com escala a partir de 1:20.000, que permite a identificação de praças, canteiros centrais e outros elementos de menor dimensão que fornecem Serviços Ecológicos relevantes nas cidades. Em seguida foram realizadas duas etapas distintas: o mapeamento da oferta, primeiramente para cada serviço e depois combinada, e o da demanda por Serviços Ambientais. Os dois mapas foram comparados em uma matriz, cujos resultados indicaram o nível de priorização para políticas de PSA. Os subitens seguintes detalham os métodos em cada etapa.

Mapeamento da oferta de SE

Foram selecionados seis SE para mapeamento. A seleção buscou filtrar aqueles cujo consumo está diretamente relacionado com a qualidade de vida na cidade e cujos fluxos possam ser diretamente afetados por políticas urbanísticas, e que pudessem ser traduzidos em variáveis especializáveis e de fácil acesso.

Por se tratar de escala local, e considerando a qualidade e resolução dos dados obtidos, o método de mapeamento de SE considerado mais adequado é aquele através das variáveis *proxies* ambientais, ou

seja, indicadores indiretos da oferta de SE obtidos a partir da coleção de dados georreferenciados, combinado com a análise da cobertura do solo.

Com base em análises técnicas e consultas bibliográficas, definiram-se as variáveis relacionadas com cada um dos SE selecionados. SEs cujo comportamento espacial é idêntico ao de outros do mesmo grupo foram agregados. Os quadros 1, 2 e 3 apresentam os SE selecionados, as variáveis *proxies* utilizadas no mapeado e as referências de bibliografia para seleção de cada *proxy*.

Quadro 1 - Variáveis *proxies* associadas aos SE de Regulação selecionados.

Serviço Ecosistêmico	Proxies associadas	Referências
Qualidade do ar e regulação do clima	Vegetação	A vegetação auxilia na purificação do ar, na produção de oxigênio, na captura de carbono e no controle de poluentes em suspensão WEIDENSAUL, 1972; HOUER, 2020; AMARAL, 2015; BACHI, 2018
	Hipsometria	Em Belo Horizonte as características topográficas tendem a amenizar as temperaturas à medida que se elevam as cotas. (ASSIS, 2010)
Controle da erosão	Cobertura do solo	Corresponde ao fator CP (cobertura do solo) da consagrada Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) (Wischmeier e Smith, 1978)
	Predisposição à erosão	Mapeamento elaborado por Silva, Carvalho et.al (1995) com base nas características da situação fisiográfica (morfologia e declividade das vertentes) e geológica (litologia). Corresponde aos fatores K (Erodibilidade do solo) e LS (Comprimento e declividade das vertentes) da consagrada Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) (Wischmeier e Smith, 1978)
Controle de inundações	Coefficiente de escoamento superficial a partir da cobertura do solo (método racional)	Áreas mais permeáveis e mais rugosas contribuem para controle do escoamento superficial. (REIS, PARIZZI, et al., 2012; PRODABEL, 2023)

Fonte - Os autores, 2023.

Quadro 2 - Variáveis *proxies* associadas ao SE de Provisão selecionado.

Serviço Ecosistêmico	Proxies associadas	Referências
Provisão de água potável	Disponibilidade de água superficial	A oferta de água potável em área urbana depende da disponibilidade hídrica dos mananciais de abastecimento público e da concentração e condições da água subterrânea (nascentes). (CARBONE, COUTINHO ET. AL., 2020)
	Disponibilidade de água subterrânea	

Fonte - Os autores, 2023.

Quadro 3 - Variáveis *proxies* associadas ao SE Culturais selecionados.

Serviço Ecosistêmico	Proxies associadas	Referências
Recreação e turismo Valores espirituais	Cobertura do solo	Áreas verdes e fontes de água podem ser apropriadas para a vivência do lazer e são atrativos turísticos em Belo Horizonte (BACHI, 2018; SILVEIRA e SILVA, 2010; BELOTUR, 2023). Tais áreas tem valor para prática de rituais de diversas religiões. (IEPHA; PRÁXIS, 2020).
	Espaços Públicos de Lazer	Os parques, praças e espaços ao ar livre são espaços reconhecidos como relevantes atributos de lazer e atrativos turísticos em Belo Horizonte (SILVEIRA e SILVA, 2010; BELOTUR, 2023)
	Topografia	Locais mais altos atraem visitantes pela função de mirantes e pelo clima agradável (BACHI, 2018). São espaços importantes para cultos religiosos. (IEPHA; PRÁXIS, 2020)
Identidade cultural	Áreas reconhecidas pelo Conselho Municipal de Patrimônio Cultural	Patrimônio e identidade cultural são conceitos relacionados, assim espaços que são relevantes para identidade de uma comunidade são objeto de proteção cultural. (CARSALADE, 2015 apud IEPHA e PRAXIS, 2020)

Fonte - Os autores, 2023.

Embora seja possível conceber políticas distintas para cada serviço ecossistêmico, essa abordagem seria excessivamente onerosa do ponto de vista da gestão pública. Portanto, para facilitar a implementação inicial desse instrumento, optou-se por criar um único mapa de oferta, a partir da combinação da oferta de cada SE. Não é propósito deste trabalho avaliar a importância de um SE em relação a outro, tampouco o nível de influência de cada um para o bem-estar humano. Assim, os serviços analisados assumiram igual importância na combinação.

Mapeamento da Demanda por Serviços Ambientais

A demanda por Serviços Ambientais foi mapeada utilizando como *proxies* a prosperidade social, a vulnerabilidade ambiental e a quantidade de pessoas a serem beneficiadas. Trata-se de índices sintéticos, que consolidam estudos detalhados sobre os parâmetros que influenciam na necessidade de ações para melhoria da qualidade de vida e qualidade ambiental urbana. Ainda que autores (SCHUMANN; MOURA, 2015) apontem limitações no uso desses índices em função da complexidade de fatores que compõem a vulnerabilidade— seja social, ambiental ou climática – são ferramentas importantes de gestão de território e de avaliação de políticas públicas. Além disso, possibilitam o monitoramento e atualização periódica.

A princípio, foram construídos três mapas relacionados à demanda, um para cada uma das *proxies* mencionadas.

- **Mapa de Prosperidade Social:** Foi elaborado com base no Índice de Prosperidade Social, idealizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Constitui-se na combinação do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) com o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Os indicadores representam ativos básicos, que deveriam estar à disposição de todo cidadão, e cuja ausência ou deficiência compromete as condições de seu bem-estar.
- **Mapa de Vulnerabilidade Ambiental:** Foi utilizado o Índice de Vulnerabilidade Climática de Belo Horizonte, desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte com coordenação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. O índice é calculado como a média simples dos índices de vulnerabilidade setoriais estudados: inundação, deslizamento, dengue e ondas de calor.

- **Mapa de quantidade de pessoas beneficiadas:** Foi construído com base nos dados de população disponibilizados pelo IBGE por setor censitário.

Os três mapas foram combinados por análise multicritério, que, segundo Moura e Jankowski (2016), pode ser traduzida como uma álgebra de mapas, “o que favorece que o problema seja subdividido em seus principais componentes: as variáveis que interferem no seu comportamento, a maneira como eles são integrados e a combinação deles” (MOURA; JANKOWSKI, 2016, p. 667). A ideia de multicritério não é nova. Ela começou com a abordagem sistêmica, a partir dos anos 1950, com aplicações na biologia. Na década de 1960, Chorley e Hagget (1967, citados por FONSECA, 2015), desenvolveram estudos sobre sua aplicação à geografia, contribuindo para a compreensão dos modelos de análise espacial a partir da abordagem sistêmica.

Os pesos e notas da análise foram definidos com uso do Processo Analítico Hierárquico (ou em inglês Analytic Hierarchy Process - AHP), desenvolvido por Thomas L. Saaty (1990), na década de 1980, nos Estados Unidos. Trata-se de uma metodologia voltada para solução de problemas de escolha, aplicada para diversas situações complexas. O método AHP analisa matematicamente comparações pareadas entre fatores em conjunto aos julgamentos e pesos de especialistas para avaliar critérios qualitativos ou intangíveis (PIMENTA; BELTRÃO et al., 2019). Foi elaborado um questionário em meio digital utilizando a plataforma *Google Forms*, no qual os respondentes deveriam comparar as variáveis escolhidas para mapeamento da demanda por Serviços Ambientais par a par, informando, dentro de uma escala de avaliação, qual importância de cada critério em relação ao outro.

Obtiveram-se os seguintes pesos para cruzamento entre os mapas e cálculo da demanda global (Tabela 1).

Tabela 1 - Pesos extraídos do método AHP.

Descrição	Pesos
Vulnerabilidade Ambiental	0,38
Prosperidade social	0,29
Quantidade de pessoas	0,33

Fonte - Os autores, 2023.

Para verificar a consistência da análise utilizou-se o índice definido por Satty (1991) como Resultado da Consistência (RC), o qual deve ser menor que 0,1. Aplicando os cálculos indicados pelo criador do método obteve-se RC de 0,05, ou seja, os pesos se mostraram consistentes.

Definidos os pesos, cada um dos mapas de componentes da demanda foi convertido em *raster* e os seus valores foram normalizados a partir do método de máximos e mínimos. Lançando-se mão dos pesos calculados a partir da AHP, foi feita álgebra de mapas utilizando o software livre QGIS, aplicando-se a seguinte equação.

$$\text{Demanda} = (\text{VA} (n) * \text{peso} + (1 - \text{PS} (n)) * \text{peso} + \text{QP} (n) * \text{peso}) / 3 \quad (1)$$

Onde:

VA (n) = Mapa de Vulnerabilidade Ambiental com valores normalizados de 0 a 1

OS (n) = Mapa de Prosperidade Social com valores normalizados de 0 a 1

QP (n) = Mapa de Quantidade de Pessoas beneficiadas normalizado de 0 a 1

Destaca-se que a relação entre a demanda por Serviços Ambientais e a prosperidade social é negativa, ou seja, quanto maior a prosperidade, menor a demanda. Ao passo que para as outras variáveis ocorre o inverso. Para padronizar as componentes, na fórmula de cálculo da demanda foi considerado o “déficit de prosperidade” dado pelo número 1 subtraído do indicador de prosperidade normalizado em cada pixel.

Comparação da oferta e demanda e definição de áreas prioritárias

As diferentes combinações de oferta de SE e demanda por Serviços Ambientais demandam políticas públicas distintas para redução de desigualdades ambientais e potencialização das funções e Serviços

Ecosistêmicos. Este trabalho define como prioritárias para implantação de incentivos a Serviços Ambientais aquelas em que há coincidência de baixa oferta e alta demanda.

Para compreender as relações entre oferta e demanda ao longo do território municipal, os mapas resultantes das etapas anteriores foram classificados em cinco categorias conforme a intensidade da oferta ou da demanda, carregados em ambiente SIG e combinados. Como as camadas foram normalizadas, entendeu-se que a melhor forma de subdividir as classes nesse momento é com intervalos iguais. Seguindo o método descrito por Lucas e Fonseca (2021), cada uma das categorias de intensidade recebeu valores categóricos, de forma a identificá-las numericamente.

Os mapas já reclassificados com os valores foram combinados seguindo a seguinte equação, que foi aplicada espacialmente, pixel a pixel.

$$CP \text{ (Critério de priorização)} = (\text{Nível de oferta} + \text{Nível de Demanda})/2 \quad (2)$$

A comparação gerou uma matriz de priorização das áreas, uma adaptação da Matriz de Interesses Conflitantes descrita por Rocha, Casagrande e Moura (2018). O objetivo é que áreas com maior oferta e menor demanda de SE sejam prioritárias para programas de incentivo e pagamento por Serviços Ambientais. Além disso, para cada tipo de combinação identificada são indicados os tipos de políticas mais adequadas, apresentadas na Figura 4.

Figura 4 - Matriz de priorização.

		Oferta de SE					
		Muito alta	Alta	Média	Baixa	Muito baixa ou inexistente	
Valores Categóricos		0	2	4	6	8	
Demanda por SE	Muito alta	0	0	1	2	3	4
	Alta	10	5	6	7	8	9
	Média	20	10	11	12	13	14
	Baixa	30	15	16	17	18	19
	Muito baixa ou inexistente	40	20	21	22	23	24

Legenda	
	Regiões de carência socioambiental (Prioritárias para PSA). Áreas prioritárias para implantação de políticas de PSA visando incentivar ao incremento na oferta de SE e melhoria das condições de vida e redução da pobreza.
	Regiões de desequilíbrio socioambiental (Recomendadas para PSA). Áreas recomendadas para implantação de políticas de PSA voltadas a criar vínculos entre a população e os atributos ambientais, viabilizando que a população menos favorecida no local contribua e tenha acesso aos benefícios ali ofertados, quando possível. Devem estar associadas a programas de educação e conscientização ambiental, controle de uso do solo e manutenção dos SE ofertados.
	Regiões intermediárias. Áreas não prioritárias, mas aptas a receber para melhoria da qualidade socioambiental.
	Regiões de alta qualidade socioambiental. Áreas não prioritárias para implementação de políticas de incremento de SE nem de redução da pobreza. Apresentam, porém, potencial para proteção ambiental, sem necessidade de políticas voltadas à distribuição de recursos financeiros ou compensações.
	Baixo interesse socioambiental. Áreas com baixa ou sem relevância socioambiental. Não possuem atributos que justifiquem a implementações de políticas públicas voltadas para melhoria da qualidade socioambiental.

Fonte - Os autores, 2023.

Para identificação das regiões prioritárias adotou-se como unidade mínima as sub-bacias delimitadas no Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte. A adoção dessa unidade levou em conta o nível de detalhamento necessário para compreensão dos contrastes intraurbanos, mas sem dispensar o princípio fundamental da parcimônia quando da elaboração do modelo. Tais limites fazem parte da rotina de planejamento do município, e são perceptíveis na paisagem urbana, mais próximos dos naturais, e não somente imaginários, como seriam limites de bairros ou regionais.

Como os valores atribuídos pela Matriz são categóricos, isto é, não possuem valor comparativo de intensidade, foi necessário analisar as classes de interesse separadamente. Cada uma das camadas foi sobreposta ao mapa de sub-bacias hidrográficas de Belo Horizonte, e foram calculadas as estatísticas por unidade de análise, de forma a estabelecer o percentual da categoria por unidade territorial de gestão. Esse percentual indica o que foi denominado Índice de Priorização de Política para o Desenvolvimento Urbano Sustentável (IPPDUS).

Os resultados estão apresentados a seguir.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Oferta de SE

Conforme explicado na seção Metodologia, a oferta de SE foi avaliada para seis serviços selecionados a partir de proxies ambientais definidas com base em bibliografia. A seguir estão descritos os resultados para cada SE.

Em se tratando de Qualidade do Ar e de Regulação do Clima, a região do alinhamento montanhoso da Serra do Curral é a que possui a maior oferta, pois possui extensa área vegetada e coincide com a região mais alta do município. Também se destacam algumas áreas não ocupadas ao longo do espigão que abriga o Anel Rodoviário (divisor de águas entre as bacias do Cercadinho e Bonsucesso). A Região da Pampulha também aparece com relevância, resultado da ocupação menos densa e altas taxas de permeabilidade. Outro ponto importante é a região do Izidora, a nordeste do município.

A maior oferta do SE controle de erosão estão nas vertentes planas e convexas no domínio gnáissico recobertas por vegetação. Destacam-se as áreas mais a norte do município nas regionais Pampulha e Norte.

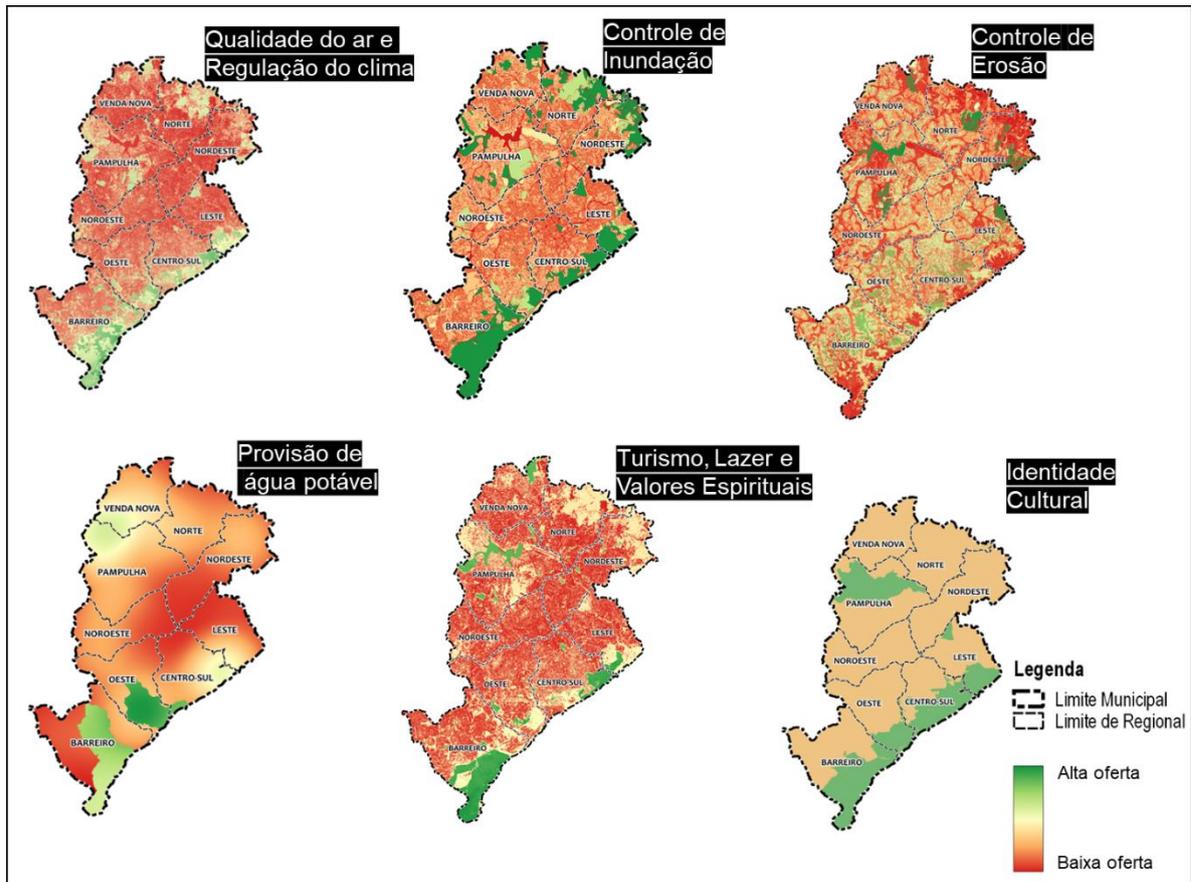
Para o controle de inundações, as áreas com maior oferta desse SE são o alinhamento montanhoso da Serra do Curral e a borda nordeste do município, justamente as regiões com maiores manchas de áreas verdes conectadas.

As maiores concentrações de oferta da Provisão de Água Potável se encontram nas bacias dos córregos onde há captação de água, pois nesses locais há oferta de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Destacam-se também as regiões dos bairros Mangabeiras e Trevo, na Pampulha.

O SE de Turismo, Lazer e Valores espirituais é mais ofertado nos parques municipais e na orla da lagoa da Pampulha. Já a oferta do SE Identidade Cultural se concentra na Serra do Curral e na região da Pampulha, que são reconhecidamente símbolos da cidade.

A Figura 5 ilustra de forma esquemática a concentração de oferta de cada SE no município de Belo Horizonte.

Figura 5 - Nível de oferta por SE em Belo Horizonte.



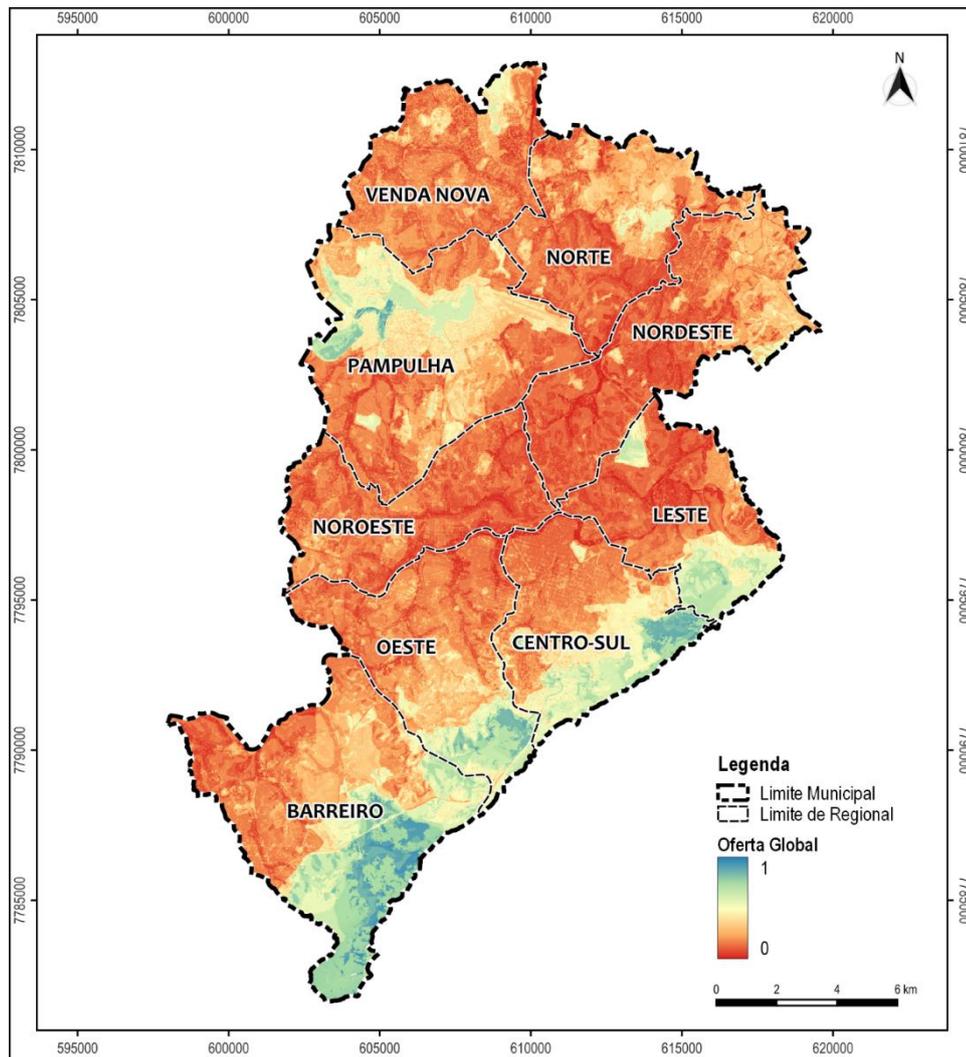
Fonte - Os autores, 2023.

Como colocado na seção de metodologia, os seis mapas foram combinados com pesos iguais para se obter a oferta global de SE em Belo Horizonte (Figura 6). As maiores ofertas globais se encontram no alinhamento montanhoso da Serra do Curral e na Pampulha. Como já abordado neste artigo, são locais simbólicos para Belo Horizonte, cuja conservação dos atributos naturais está associada aos dispositivos de proteção diversos, seja na esfera ambiental, na de patrimônio ou na de regulação urbana.

No caso da Serra do Curral, o maciço de vegetação, a presença de parques municipais, arborização urbana generosa e altas altitudes são fatores relevantes para o alto nível de oferta de SE. Já na Pampulha, os maiores destaque são o grande espelho d'água, os espaços públicos e a concentração de vegetação difusa, advinda de políticas de controle do adensamento urbano. O Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais, região conhecida como Horto Florestal - entre o bairro homônimo e o Santa Inês - também se destaca pela alta oferta. Trata-se de região com vegetação expressiva, que carrega valores simbólicos e contribuições culturais relevantes para a região. Seu isolamento em meio a áreas de baixa oferta demonstra a importância de dispositivos de proteção para sua conservação e necessidade de iniciativas para conexões ecológicas e de pessoas com outras áreas fornecedoras de SE (corredores e trama verde-azul, por exemplo).

Por fim, é importante destacar as regiões de alta oferta na periferia norte do município. Ao contrário dos outros pontos, esses locais não apresentam dispositivos de proteção ambiental consolidados, para além de zoneamentos mais restritos.

Figura 6 - Oferta Global de SE no município de Belo Horizonte.



Fonte - Os autores, 2023.

Demanda por Serviços Ambientais

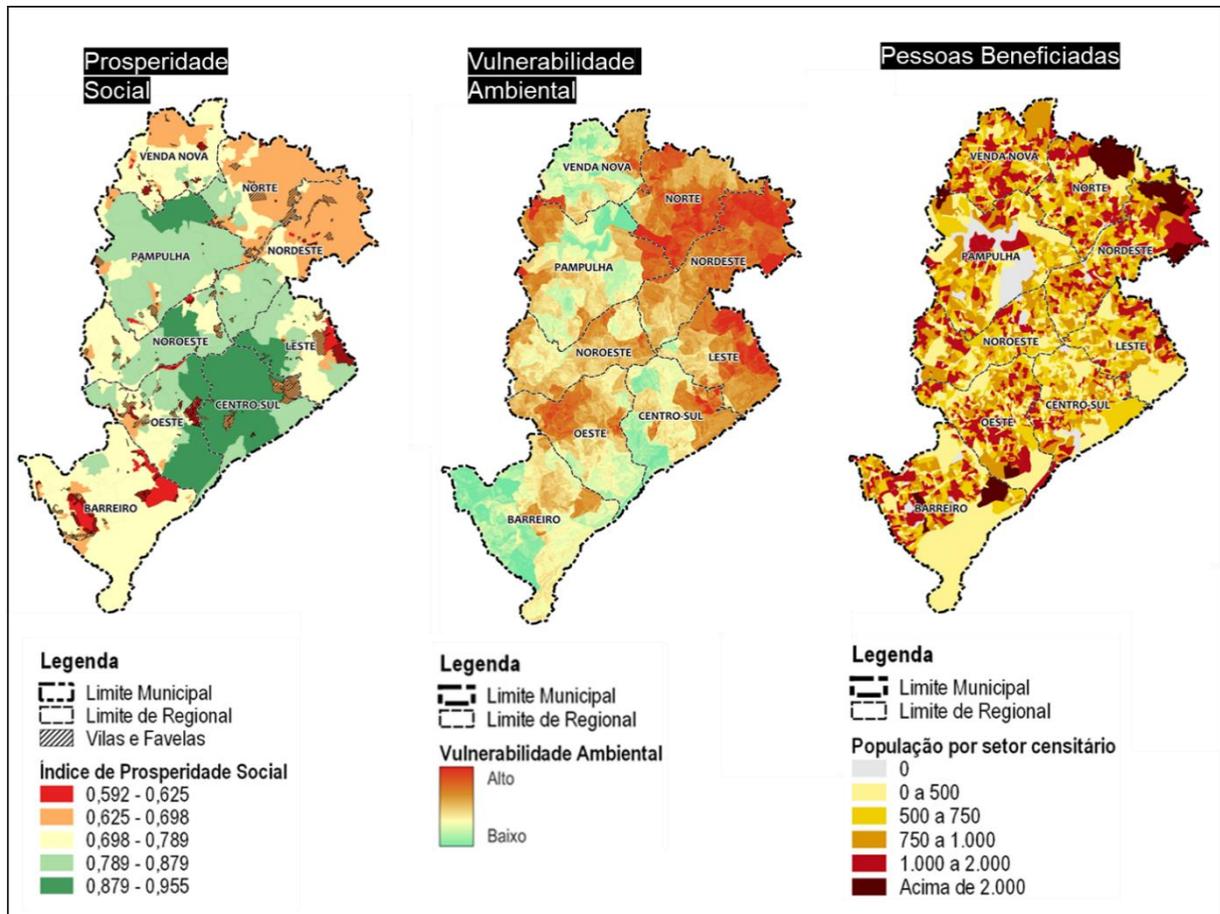
Como já tratado, a demanda por Serviços Ambientais foi mapeada utilizando como *proxies* a prosperidade social, a vulnerabilidade ambiental e a quantidade de pessoas a serem beneficiadas (Figura 7).

A avaliação da prosperidade social é uma das componentes da demanda por Serviços Ambientais, uma vez que caracteriza claramente uma necessidade de investimentos para melhoria da qualidade de vida na cidade. A baixa prosperidade encontrada nas regiões tradicionalmente ocupadas sem qualquer planejamento ambiental (vilas e favelas) é uma evidência da forte relação entre as desigualdades sociais e ambientais em Belo Horizonte.

Os maiores valores de vulnerabilidade ambiental estão nas regionais norte, nordeste e leste. Avaliando-se cada uma das componentes é perceptível que a porção norte é mais impactada por aumentos de temperatura, o que favorece à vulnerabilidade à dengue e às ondas de calor. Por outro lado, a porção Sul acaba por apresentar uma maior sensibilidade biofísica aos deslizamentos pela constituição geológica e geomorfológica, apresentando relevo acidentado com alta declividade e presença de rochas com alta propensão a fenômenos de deslizamentos e erosão. Já a inundação apresenta-se de forma distribuída pelo município (FOLLADOR; ROCHA et al., 2016).

O mapa de quantidade de pessoas beneficiadas foi construído a partir de dados censitários de população para Belo Horizonte e na alteração da malha de setores, indicativo de vetores de expansão urbana.

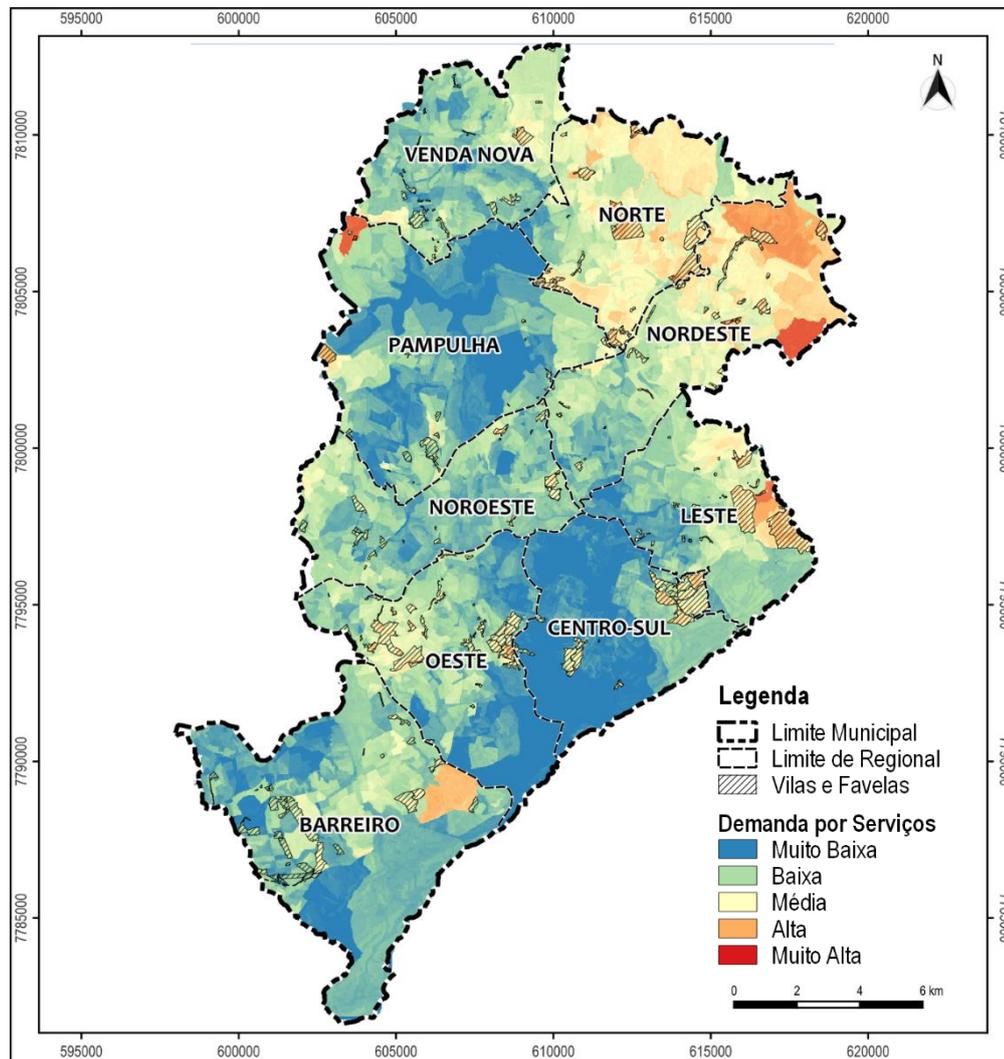
Figura 7 - Componentes da demanda por Serviços Ambientais.



Fonte - COSTA E MARGUTI, 2015; FOLLADOR, ROCHA et al., 2016; IBGE, 2010; 2020. Elaboração: Os autores, 2023.

Utilizando-se o método AHP foram calculados os pesos de cada variável, como descrito na seção Metodologia. A partir dos pesos calculados, foi feita álgebra de mapas utilizando o software livre QGIS (Equação 1). Os resultados se apresentam na Figura 8.

Figura 8 - Demanda por Serviços Ambientais em Belo Horizonte.



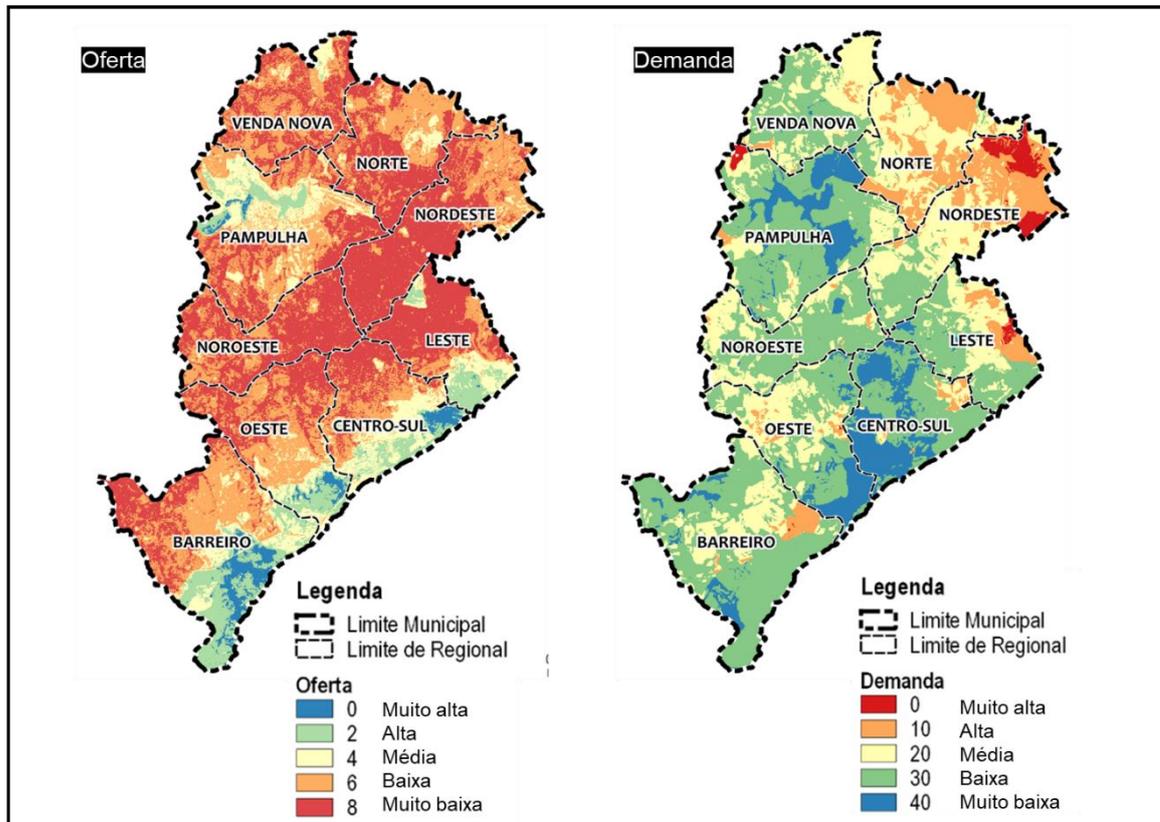
Fonte - Os autores, 2023.

As regiões com maior demanda se concentram a nordeste do município. Trata-se de área com ocupação mais recente, caracterizada pela deficiência de infraestrutura urbana e disponibilidade de comércio, serviços e oportunidades de trabalho. Locais pontuais, coincidentes com vilas e favelas, também apresentam alta demanda, assim como loteamentos irregulares, como a região do Jardim Liberdade, no Barreiro, e do Céu Azul, a oeste da Pampulha. Por outro lado, a região Centro-sul, suas bordas e a Pampulha apresentam os menores índices, resultado da consolidação urbana e histórico de investimentos públicos e privados.

Definição das áreas prioritárias

Como tratado na seção de metodologia, para compreender as relações entre oferta e demanda ao longo do território municipal, os mapas resultantes das etapas anteriores foram classificados em cinco categorias conforme a intensidade da oferta ou da demanda, carregados em ambiente SIG e combinados. A Figura 9 mostra os mapas de oferta e demanda com os valores categóricos atribuídos, segundo o método descrito por Lucas e Fonseca (2021). A combinação dos mapas a partir da Equação 2 descrita na seção Metodologia resultou em um mapa com valores categóricos correspondentes à sua posição na Matriz de Priorização.

Figura 9 - Oferta e demanda com valores categóricos atribuídos de acordo com o método descrito por Lucas e Fonseca (2021).



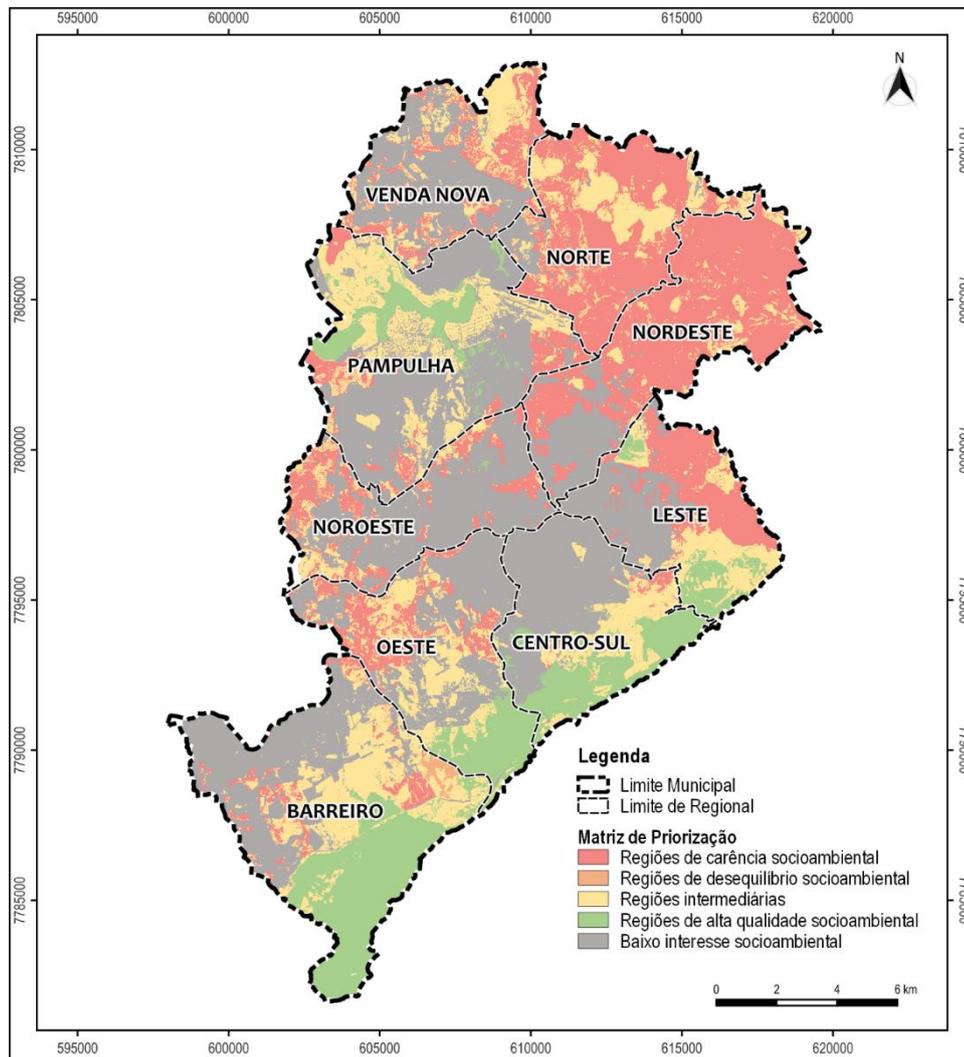
Fonte - Os autores, 2023.

Como já tratado, as maiores ofertas se encontram no alinhamento montanhoso da Serra do Curral, na Pampulha e no Horto Florestal, o que é evidenciado pela divisão dos valores em cinco classes. Nesses locais a oferta varia de média a muita alta, enquanto no restante do município predominam as ofertas de muito baixa a média. A categorização também evidenciou a baixa oferta nas regionais noroeste e nordeste, áreas mais distantes da Serra do Curral e não suficientemente próximas da Lagoas da Pampulha ou de outras áreas verdes significativas.

As regiões com maior demanda se concentram a nordeste do município e nas áreas coincidentes com vilas e favelas ou loteamentos irregulares. A aplicação de categorias evidenciou a deficiência de qualidade de vidas nas áreas mais periféricas ao norte, onde estão as regiões de demanda muito alta. Por outro lado, a região Centro-sul e sua borda na regional Oeste (bairro Buritis predominantemente) e a Pampulha foram classificadas com demanda de baixa a muito baixa.

Aplicando-se as categorias da Matriz de Priorização ao mapa resultante da comparação obteve-se o resultado apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Resultados da Matriz de priorização.



Fonte - Os autores, 2023.

O resultado permite avaliar a oferta de SE em um gradiente contínuo, que, embora seja bastante útil para visualização das diferenças no nível de oferta, dificulta o estabelecimento de limites físicos para aplicação de políticas públicas. Por isso, para identificação das regiões prioritárias, adotou-se como unidade mínima as sub-bacias delimitadas no Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte, conforme tratado anteriormente. A sobreposição dos limites das sub-bacias com o resultado da matriz de priorização possibilitou a criação de três indicadores de prioridade, chamados de Índice de Priorização de Política para o Desenvolvimento Urbano Sustentável (IPPDUS), descritos no Quadro 4 seguinte.

Quadro 4 - Indicadores de priorização.

(continua)

Indicador	Método de Cálculo	Descrição
IPPDUS-PSA	Relação entre a área da sub-bacia ocupada por áreas identificadas como de Carência Socioambiental e sua área total.	Reflete o nível de demanda de ações para fomentar a oferta de SE, reduzir a pobreza e melhorar a qualidade de vida dos moradores e, quanto maior, maior a prioridade para implantação de Programa de PSA que atuem nessa necessidade.

Quadro 4 - Indicadores de priorização.

(conclusão)

<p>IPPDUS- Conservação</p>	<p>Relação entre a área da sub-bacia ocupada por áreas identificadas como de Alta Qualidade Ambiental e sua área total.</p>	<p>Reflete a presença de elementos relevantes para a preservação e conservação ambiental e que contribuem fortemente para a oferta de SE no município, mas que se encontram em regiões bem servidas de infraestrutura urbana e instrumentos de proteção, que devem ser mantidos e fortalecidos</p>
<p>IPPDUS- Vínculos</p>	<p>Relação entre a área da sub-bacia ocupada por áreas identificadas como de Desequilíbrio Ambiental e sua área total</p>	<p>Reflete a presença de elementos relevantes para a preservação e conservação ambiental, que contribuem fortemente para a oferta de SE no município, e que encontram em regiões habitadas por população em situação de vulnerabilidade socioambiental.</p>

Fonte - Os autores, 2023.

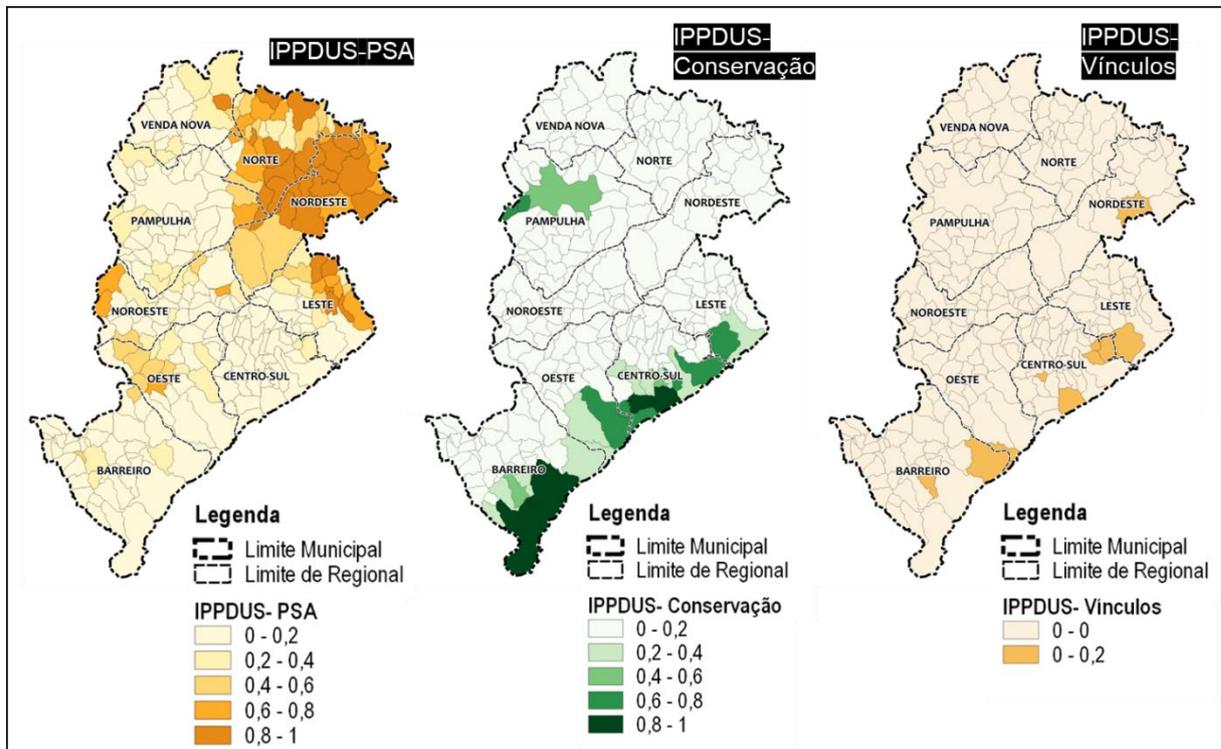
As regiões com os maiores IPPDUS-PSA (de 0,8 a 1), e, portanto, prioritárias para programa de PSA, se concentram nas regionais norte e nordeste do município. A maior parte delas integra a área de contribuição dos ribeirões do Onça e Isidoro, além de trechos de contribuição direta do Rio das Velhas.

Os altos IPPDUS-Conservação ocorrem na Pampulha e na Serra do Curral, regiões em que a presença de Parques, Praças e áreas verdes protegidas são mais expressivas no município. Essas também são áreas em que a preservação se dá por dispositivos ambientais, de patrimônio e de regulação urbana associados, que garante maior conservação dos atributos ambientais ali presentes. O fato de as áreas coincidentes com esses dois pontos serem ocupadas principalmente por áreas de baixa demanda por Serviços Ambientais, que conjuga pessoas de maior renda, educação, acesso a trabalho entre outros definidores de qualidade de vida demonstra claramente a lógica de segregação descrita por Castells (1975), Silva (2013) Acselrad (2015). A natureza confere valor à terra, que passa a ser inacessível àqueles que não possuem capital para adquiri-la.

Nesse cenário em que a organização urbana reflete a lógica do capital e que espaços com alta oferta de serviços se tornam produtos imobiliários, as situações de coincidência de alta oferta de SE e alta demanda por Serviços Ambientais são raras, o que fica explícito nos resultados do modelo. Apenas nove sub-bacias apresentaram IPPDUS-Vínculos diferente de zero, todas elas com presença de vilas e favelas e/ou áreas especiais de interesse social. Nesses locais, é importante que as políticas ambientais estejam associadas à criação de vínculos entre os moradores e os atributos ambientais ali presentes. São locais em que predominam a autoconstrução e a gestão informal dos territórios, onde a preservação ambiental depende da conscientização.

A Figura 11 mostra a espacialização dos indicadores.

Figura 11 - IPPDUS-PSA, IPPDUS-Conservação e IPPDUS-Vínculos por sub-bacia hidrográfica em Belo Horizonte.



Fonte - Os autores, 2023.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia utilizada neste trabalho permitiu identificar e avaliar a oferta de Serviços Ecosistêmicos e a demanda por Serviços Ambientais em Belo Horizonte, bem como compará-las para estabelecimento de regiões prioritárias com fins de aplicação de políticas públicas de PSA voltadas para preservação ambiental e redução da desigualdade socioambiental no município. A utilização de proxies ambientais para avaliação da oferta se mostrou adequada, porém é importante ressaltar que Belo Horizonte possui uma infraestrutura de dados espaciais bastante estruturada, sendo possível obter mapeamentos diversos em escala compatível aos objetivos deste trabalho. Essa não é a realidade da maior parte dos municípios brasileiros, o que é um desafio para replicabilidade do modelo, que demandaria adaptações na seleção de variáveis. Já para avaliação da demanda priorizou-se o uso de dados do IBGE e do IPEA, que podem ser obtidos para qualquer município brasileiro nas plataformas digitais dos órgãos.

Os resultados indicaram que as regiões de maior oferta de SE estão no alinhamento montanhoso da Serra do Curral e no entorno da Lagoa da Pampulha. São regiões que, apesar de possuírem diversos instrumentos de proteção, pelo alto valor, são constantemente ameaçadas por iniciativas mercadológicas. Já as regiões com maior necessidade de incentivos para preservação ambiental estão nas periferias norte e nordeste do município, onde há predomínio de ocupação irregular e problemas de saneamento, regularização fundiária e acesso a oportunidades de trabalho.

As áreas prioritárias para implantação de PSA foram definidas como aquelas com baixa oferta e alta demanda, ou seja, de carência ambiental. O modelo apontou para regiões predominantemente ocupadas por edificações e infraestrutura urbana, onde o acesso a bens e serviços, mas também aos benefícios providos pela natureza, é restrito, o que reforça a injustiça ambiental no território.

Indica-se, portanto, a implementação de políticas públicas integradas para a reversão desse processo, com iniciativas como manutenção de quintais vegetados, controle de ocupação em áreas de risco, integração de áreas verdes com espaços de lazer e cultura, arborização urbana e criação de vínculos com corpos d'água. O direcionamento de compensações ambientais advindas dos processos de licenciamento ambiental e urbanístico também pode ser uma alternativa possível, integrada às propostas de corredores verdes e de fundo de vale previstas no Plano Diretor Municipal.

O estudo foi bem-sucedido em alcançar seus objetivos, fornecendo um modelo para avaliar a oferta e demanda de PSA, identificar áreas prioritárias e fornecer informações para os gestores públicos. Embora o foco seja nas políticas de PSA, a metodologia utilizada pode ser aplicada a outras iniciativas urbanísticas e socioambientais. Sugere-se, para futuras pesquisas, a exploração de possibilidades de mapeamentos de oferta de SE colaborativos e o envolvimento da população em metodologias mais participativas. Além disso, é importante discutir os resultados do estudo com atores da política urbana municipal para identificar possibilidades de investimentos e parcerias, diretrizes para implementação dos programas e integração com a legislação vigente, especialmente a Política Nacional de PSA.

REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, H. Vulnerabilidade social, conflitos ambientais e regulação urbana. **O Social em Questão**, Março 2015. 57-68.
- ALMEIDA, M. R. R. E.; SILVA, R. F.; SANTOS, A. C. D. Análise do Potencial de Implantação de Projetos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) na Região de Uberlândia. **HOLOS**, 03 dez. 2019. 1-17. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2533>>. Acesso em: 25 Maio 2022. <https://doi.org/10.15628/holos.2019.2533>
- AMARAL, R. D. **A prestação de serviços ecossistêmicos e a dinâmica de estoque de dióxido de carbono no Sistema de Espaços Livres do Município de Belo Horizonte: estudo de caso na Regional Centro-Sul**. Escola de Arquitetura da UFMG. Belo Horizonte, p. 186. 2015.
- ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial**. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 2010. 2010.
- ÁVILA, M. B. Direitos sexuais e reprodutivos: desafios para as políticas de saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, p. 465-469, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2003000800027>
- BACHI, L. M. G. S. **Paisagem e Turismo: Mapeamento e Modelagem dos Serviços Ecossistêmicos Culturais do distrito de Monte Verde, em Camanducaia/MG**. Instituto de Geociências da UFMG. Belo Horizonte, p. 165. 2018.
- BELOTUR. **Plano Estratégico de Turismo de Belo Horizonte - 2023/2027**. Empresa Municipal de Turismo de Belo Horizonte S.A. – BELOTUR. Belo Horizonte, p. 43. 2023.
- BOTELHO, T. **Goiânia: Cidade Pensada**. Goiânia: Editora da UFG, 2002.
- BRASIL. Serviços ecossistêmicos. **Ministério do Meio Ambiente**, 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade/servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos.html#fun%C3%A7%C3%B5es-dos-ecossistemas>. Acesso em: 23 dez. 2020.
- CARBONE, A. S. et al. Ecosystem Services In Integrated Planning Of The Metropolitan Territory: Supply, Demand And Pressure On Water Provision In The Metropolitan Region Of Curitiba. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, Setembro 2020. 381-400.
- CASTELLS, M. **A Questão Urbana**. São Paulo: Paz e Terra, 1975. 590 p. ISBN 9788521903277.
- COSTA, H. S. D. M. Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição de termos? **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 2, p. 55-71, 2000. <https://doi.org/10.22296/2317-1529.2000n2p55>
- COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. **Atlas da vulnerabilidade social nas regiões metropolitanas brasileiras**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Brasília, p. 240. 2015. (ISBN: 978-85-7811-254-7).
- DE GROOT, R. S. et al. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. **Ecological Complexity**, 20 Novembro 2010. 260-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
- EIGENBROD, F. et al. The impact of proxy-based methods on mapping the distribution of ecosystem services. **Journal of Applied Ecology**, 2010. 377-385. Disponível em:

<<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2664.2010.01777.x>>. Acesso em: 25 Maio 2022. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01777.x>

FOLLADOR, M. et al. **Análise de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas do Município de Belo Horizonte**. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, Way Carbon. Belo Horizonte, p. 107. 2016.

FONSECA, Bráulio Magalhães. **Conceitos e práticas de geodesign aplicados ao ordenamento territorial do município de São Gonçalo do Rio Abaixo**. 2015.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Panorama de Belo Horizonte: atlas histórico**. Belo Horizonte: Centro de Estudos Históricos e Culturais, 1997.

HOUER. **Avaliação do Capital Natural – Complexo Itabira - Diagnóstico das Áreas de Conservação Privadas**. Vale. Itabira, p. 437. 2020.

IBGE.Censo Demográfico. **IBGE**, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=resultados>. Acesso em: 23 dez 2021.

IEPHA; PRÁXIS. **Dossiê de Tombamento da Serra do Curral**. Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 1628. 2020.

JOLY, C. A, SEIXAS, C. S. et al. **1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos**. São Carlos: Editora Cubo, 2019. ISBN 978-85-60064-88-5. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/978-85-60064-88-5>. Acesso em: 10 Março 2022.

LUCAS, D. F.; FONSECA, B. M. identificação do potencial de expansão de atividades antrópicas e preservação ambiental e avaliação de conflitos de interesses na área de entorno da UHE Itutinga (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 2, p. 018-030, Agosto 2021. ISSN 2675-5491. Disponível em: <https://rbsr.com.br/index.php/RBSR/article/download/58/35>. Acesso em: 16 Junho 2022.

MARTÍNEZ-HARMS, M. J.; BALVANERA, P. Methods for mapping ecosystem service supply: a review. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, Junho 2012. 17-25. <https://doi.org/10.1080/21513732.2012.663792>.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Washington. DC: MEA Council, 2005. 57 p. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.446.aspx.pdf>. Acesso em: 11 set. 2020.

MOURA, A. C. M.; JANKOWSKI, P. L. Contribuições aos estudos de análises de incertezas com complementação às análises multicritérios - "Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation". **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 68, p. 665-684, 2016. <https://doi.org/10.14393/rbcv68n4-44274>

PARRON, L. M. et al. Research on ecosystem services in Brazil: a systematic review. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, 14, Mar. 2019. 171-15. Acesso em: 24 mar. 2022. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2263>

PIMENTA, L. B. et al. Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. **Interações**, Campo Grande, junho 2019. 407-420. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v20i2.1856>

PINHEIRO, C. B. **Políticas públicas de manejo de águas pluviais em Belo Horizonte: novos caminhos em meio a velhas práticas**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG. Belo Horizonte, p. 291. 2019.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. 2023. <http://qgis.osgeo.org>

REIS, P. E. et al. O Escoamento Superficial Como Condicionante De Inundações Em Belo Horizonte, Mg: Estudo De Caso Da Sub-Bacia Córrego Do Leitão, Bacia Do Ribeirão Arrudas. **Geociências**, São Paulo, p. 31-46, 2012.

SAATY, Thomas L., **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991. SCHUMANN, L. R. M. A.; MOURA, L. B. A. Índices sintéticos de vulnerabilidade: uma revisão integrativa de literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, 2015. 2105-2121. <https://doi.org/10.1590/1413-81232015207.10742014>

SEPE, P. M.; PEREIRA, H. M. S. B. **O conceito de Serviços Ambientais e o Novo Plano Diretor de São Paulo**: Uma nova abordagem para a Gestão Urbana? XVI ENANPUR: espaço, Planejamento e Insurgências. Belo Horizonte, p. 1-16, 2015.

SILVA, A. B. D. et al. **Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte: projeto estudos técnicos para o levantamento da carta geológica do município de Belo Horizonte; relatório final**. FUNDEP/UFMG-IGC. Belo Horizonte. 1995.

SILVA, M. M. D. A. **Água em meio urbano, favelas na cabeceira**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 273. 2013.

SILVEIRA, A. C. C.; SILVA, R. H. A. D. Os Espaços de Lazer na Cidade. **Licere**, Belo Horizonte, Setembro 2010. 1-42. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2010.20294>

SOLERA, M. L. **Guia Metodológico para Implantação de Infraestrutura Verde**. São Paulo: Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2020.

WEIDENSAUL, T. C. Are trees efficient air purifiers. **Ohio Rep**, Wooster, 1972.

WUNDER, S. et al. **Pagamentos por serviços ambientais**: perspectivas para a Amazônia Legal. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. ISBN ISBN 978-85-7738. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/estruturas/225/arquivos/13_psa_perspectivas_na_amaznia_legal_225_1.pdf. Acesso em: 29 Maio 2022.

Recebido em: 08/05/2023

Aceito para publicação em: 29/08/2023