

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



ANAI S

VI SIMPÓSIO DE MODELAGEM DE
SISTEMAS AMBIENTAIS E GESTÃO
DA PAISAGEM

E

I SIMPÓSIO DE ESTUDOS
TERRITORIAIS

Patrocínio:



Organização:



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



EXPEDIENTE

Coordenação Geral do Evento

Dr. Carlos Fernando Ferreira Lobo, UFMG
Dr. Getúlio Fonseca Domingues, UFMG

Comissão Organizadora

Presidência da Comissão Organizadora: Dr. Max Paulo Rocha Pereira, UFMG

Dr. Getúlio Fonseca Domingues, UFMG
Dra. Adriana Monteiro da Costa, UFMG
Dra. Fernanda Mara Coelho Pizani, UFMG
Dr. Marden Seabra Linares, UFMG
Me. Thiago Gonçalves Santos, UFMG
Me. Samuel Rodrigues Abade, UFMG
Me. Jose Gabriel Vargas Gonzalez, UFMG

Comissão Científica

Presidência da Comissão Científica: Dra. Fernanda Mara Coelho Pizani, UFMG

Dr. Ricardo Alexandrino Garcia, UFMG
Dra. Camila Palhares Teixeira, UFMG
Dr. Max Paulo Rocha Pereira, UFMG
Dr. Fabrício Lisboa Vieira Machado, UFMG
Dr. Josimar Rodrigues Oliveira, UFMG
Dr. William Leles de Souza Costa, UFMG
Me. Thiago Gonçalves Santos, UFMG
Me. Mariana Fagundes Zárate, UFMG
Me. Jéssica Poliane Gomes do Santos, UFMG
Me. Bruna Cristina Pinto, UFMG

Patrocínio:



Organização:





ANAIIS DO VI SIMPÓSIO DE MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS E GESTÃO DA PAISAGEM E I SIMPÓSIO DE ESTUDOS TERRITORIAIS

EIXO I - FORMAÇÃO, CONFIGURAÇÃO E DINÂMICAS TERRITORIAIS

CARTOGRAFIAS AFETIVAS E PARTICIPATIVAS: Percepções e usos dos parques urbanos de Belo Horizonte, Minas Gerais	3
CIDADE DIVIDIDA: A relação entre a formação do território de Belo Horizonte e a descaracterização da cidade de Santa Luzia-MG	8
DISMITIFICANDO A GENTRIFICAÇÃO NAS CIDADES BRASILEIRAS: Estado, finanças, classes sociais e as contradições da (re)produção do espaço urbano e da moradia	13
DO QUILOMBO À CIDADE: Dinâmicas de desterritorialização e resistência dos Luízes	19
PLANEJAMENTO, OCUPAÇÃO E DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS EM BELO HORIZONTE: Breves observações	24
TERRITÓRIO E MEMÓRIA NA ZONA DA MATA MINEIRA: A Colônia de São Firmino e sua identidade quilombola	29

Patrocínio:



Organização:



Programa de Pós-Graduação
em Análise e Modelagem
de Sistemas Ambientais
Universidade Federal de Minas Gerais



PROGRAMA de
PÓS-GRADUAÇÃO
em GEOGRAFIA





CARTOGRAFIAS AFETIVAS E PARTICIPATIVAS: Percepções e usos dos parques urbanos de Belo Horizonte, Minas Gerais

Amanda Ribeiro Carolino¹, Grazielle Castella², Jamile Pereira Cunha³, Valderi de Castro Alcântara⁴

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de um processo de cartografia social e afetiva realizado em parques municipais de Belo Horizonte (MG). A experiência de extensão foi fundamentada em metodologias participativas e teve como objetivo mapear percepções, memórias, usos e demandas da população em relação a cinco parques. O mapeamento revelou múltiplas dimensões atribuídas a esses espaços, abrangendo valores ecológicos, culturais, históricos, recreativos e simbólicos, bem como desafios relacionados à manutenção, segurança, acessibilidade e preservação ambiental.

Palavras-chave: Cartografia social; Mapeamento afetivo; Parques urbanos; Participação social; Belo Horizonte.

Abstract

This article presents the results of a social and affective mapping process carried out in municipal parks in Belo Horizonte (MG), Brazil. The extension project was grounded in participatory methodologies and aimed to map residents' perceptions, memories, uses, and demands related to five parks. The mapping revealed multiple dimensions attributed to these spaces, encompassing ecological, cultural, historical, recreational, and symbolic values, as well as challenges associated with maintenance, safety, accessibility, and environmental preservation.

Keywords: Social cartography; Affective mapping; Urban parks; Social participation; Belo Horizonte.

Introdução

Os espaços públicos urbanos, em especial os parques e áreas verdes, têm assumido crescente centralidade ao entorno da qualidade de vida, justiça socioambiental e direito à cidade. Dentro dessa perspectiva, este artigo apresenta os resultados de um processo de cartografia social e afetiva realizado em diferentes parques municipais da cidade de Belo Horizonte (MG), a saber: Parque Nossa Senhora da Piedade, Parque Lagoa do Nado, Lagoa da Pampulha (orla), Parque Ecológico da Pampulha e Parque Municipal Américo Renné Giannetti. O estudo é relacionado ao projeto “Ciência cidadã para questões ambientais de Belo Horizonte, Minas Gerais: confluências da universidade com comunidades, escolas e espaços públicos”, que tem como iniciativa integrar os saberes acadêmicos e das comunidades para a produção compartilhada de diagnósticos e soluções para desafios socioambientais da cidade.

¹Doutoranda em Administração, CEPEAD /UFMG, amandarc.dsg@gmail.com

²Graduanda em Sociologia, FAFICH/UFMG, castellagrazielle@gmail.com

³ Doutoranda em Administração, CEPEAD/UFMG, jamipcunha@gmail.com

⁴Professor do Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração, FACE/UFMG, valderidecastroalcantara@gmail.com



A cartografia social, enquanto metodologia participativa e qualitativa, permite o mapeamento das percepções, memórias, sentimentos e usos cotidianos dos sujeitos em relação ao território. Como propõem Almeida (2008) e Acsehrad (2004), trata-se de uma estratégia epistemológica que descentraliza a produção do conhecimento, reconhecendo os saberes locais como legítimos e potentes na construção de diagnósticos territoriais e na formulação de políticas públicas. Ao reunir impressões de usuários dos parques em diferentes regiões, o projeto busca compreender como esses espaços são apropriados.

Os resultados evidenciam uma multiplicidade de dimensões atribuídas aos parques, que vão desde o reconhecimento de seus valores, até a crítica à ausência de investimentos e o abandono institucional. Em muitos relatos, os parques aparecem como territórios afetivos e existenciais (Haesbaert, 2004), que articulam lembranças, práticas cotidianas e demandas por pertencimento e cuidado.

Referencial teórico

A Cartografia Social constitui-se como um recurso metodológico político voltado para tornar visíveis as formas de uso, significados e saberes que diferentes grupos sociais atribuem a seus territórios. Sua relevância é particularmente acentuada em contextos nos quais populações tradicionais e periféricas enfrentam processos de invisibilização. Segundo Almeida (2009), a cartografia social surge como contraponto às representações técnicas e hegemônicas do espaço, frequentemente construídas a partir de interesses econômicos.

Diferentemente dos mapas convencionais, que se pretendem “neutros”, o mapeamento social enfatiza o território como espaço vivido, simbólico e político, permitindo que comunidades expressem suas narrativas. Essa perspectiva não se limita a uma inovação metodológica; trata-se de um posicionamento político que se origina das lutas por reconhecimento e autodeterminação dos povos ameaçados. Para Acsehrad (2004; 2010), o território é um espaço de disputa entre diferentes projetos societários, e a cartografia social configura-se como instrumento de resistência e denúncia ao revelar usos e territorialidades sistematicamente negligenciados pelas representações institucionais. A adoção da cartografia social responde à urgência de combater a invisibilidade simbólica e material de populações tradicionais, registrando e comunicando, sob a ótica dos próprios sujeitos, os modos de ocupação. Ao utilizar mapeamentos participativos, essa abordagem se distancia da cartografia convencional, historicamente vinculada ao Estado, e propõe mapas que traduzem percepções e histórias. (Acsehrad, 2013; Gorayeb, 2014; Almeida, 2010).

Como observa Acsehrad (2013), esse campo evidencia disputas epistemológicas nas quais grupos sociais reivindicam formas próprias de representar o território, utilizando, inclusive, técnicas convencionais de forma politizada. Por fim, cabe salientar que a postura do pesquisador diante do campo é determinante para o êxito dessa prática. Ao atuar em contextos comunitários, é fundamental adotar uma relação horizontal, baseada no diálogo e na troca de saberes. Nesse sentido, a cartografia social não é uma “pesquisa sobre”, mas uma “pesquisa com”, na qual o conhecimento tradicional ocupa posição central e a mediação acadêmica busca fortalecer, e não substituir, as vozes dos sujeitos mapeadores.

Metodologia

[Digite aqui]



Tratou-se de um projeto de extensão de cunho socioambiental, fundamentado na perspectiva de Denzin e Lincoln (2006), para os quais os estudos qualitativos de caráter social configuram-se como uma práxis voltada à compreensão, interpretação e explicação de um conjunto delimitado de acontecimentos. A fim de tornar o processo de condução em um formato horizontal, em que os atores sociais pudessem participar ativamente, foram adotadas ferramentas participativas com foco na Cartografia Social. Essa ferramenta metodológica possibilita que os pesquisadores saiam de uma posição de protagonista do estudo para dar lugar ao protagonismo dos atores locais, onde os mesmos tornam-se co-participantes propiciando um espaço de trocas de experiências, saberes e produção de conhecimento.

No que diz respeito à escolha dos parques, a equipe do projeto optou por atuar nos parques da região Norte, Central e Pampulha. Quanto à região central, escolhemos estrategicamente o Parque Municipal Américo Renné Giannetti (Parque Municipal) pelo fato do mesmo estar no coração de Belo Horizonte e ser atrativo para diferentes públicos de todas as regiões da metrópole. Para condução das oficinas de mapeamento, a equipe se deslocou até os Parques escolhidos e foi realizado um processo de abordagem do público nos parques. Nesse processo de abordagem foi apresentado os objetivos do estudo, bem como no que consiste o processo de realização do mapeamento participativo aqui configurado pela construção de mapas afetivos. Os resultados da cartografia serão compartilhados e divulgados em rede social criada para publicização do projeto “Ciência cidadã para questões ambientais de Belo Horizonte, Minas Gerais: confluências da universidade com comunidades, escolas e espaços públicos”.

Resultados das Cartografias Sociais e Afetivas nos Parques de Belo Horizonte

As cartografias realizadas em diferentes parques de Belo Horizonte evidenciaram múltiplas dimensões de uso, apropriação e significado atribuídas aos espaços, revelando tanto vínculos simbólicos e afetivos quanto críticas relacionadas à gestão pública, infraestrutura e conservação ambiental. A metodologia, fundamentada em Almeida (2008), Acsehrad (2004) e Haesbaert (2004), possibilitou acessar percepções subjetivas e coletivas, reconhecendo os usuários como protagonistas na produção de conhecimento territorial.

No Parque Municipal Nossa Senhora da Piedade, os frequentadores destacaram sua beleza, importância climática e sentimento de pertencimento, classificando-o como “um dos parques mais bonitos de BH”. Entretanto, a degradação paisagística, a carência de manutenção, a insuficiência de brinquedos e quadras e a ausência de lixeiras foram amplamente apontadas. Casos como a retirada de mudas evidenciam a necessidade de ações permanentes de educação ambiental e gestão participativa. O parque é percebido como território afetivo e de socialização, mas limitado por uma gestão pública fragilizada.

No Parque Lagoa do Nado, a coexistência entre valores simbólicos e sensação de abandono foi recorrente. A biblioteca pública municipal instalada no parque é valorizada, mas sofre falta de investimentos e divulgação. O rompimento da barragem do Parque, resultou na morte de fauna e degradação da paisagem, gerando um “luto ecológico” coletivo. Problemas de acessibilidade, ausência de entrada estruturada, iluminação insuficiente e pressão da verticalização imobiliária também foram mencionados.

Na Lagoa da Pampulha (Orla), a cartografia revelou um espaço central para práticas esportivas e lazer, mas marcado por carências de infraestrutura. A degradação ambiental, visível na

[Digite aqui]



poluição, morte e desaparecimento de fauna, foi amplamente citada. Equipamentos culturais e turísticos, como o Museu da Pampulha e a Igreja de São Francisco de Assis, apresentam restrições de acesso, limitando sua função pública. Elementos culturais e religiosos, como a estátua de Yemanjá, demandam maior valorização e cuidado. A gestão fragmentada e a ausência de sinalização interpretativa indicam a necessidade de plano de manejo participativo.

O Parque Ecológico da Pampulha é visto como espaço de encontro, espiritualidade e lazer familiar, com forte dimensão afetiva e terapêutica. Contudo, usuários apontaram abandono, carência de brinquedos, banheiros, placas educativas e manejo adequado da fauna (capivaras e carrapatos). A falta de ações educativas e de segurança compromete seu potencial intergeracional e comunitário. Houve reconhecimento de melhorias recentes, como aumento de brinquedos, mas persiste a necessidade de presença institucional e de políticas de conservação ecológica e cultural.

No Parque Municipal Américo Renné Giannetti, localizado no hipercentro, a cartografia destacou sua função como “pulmão verde” e refúgio urbano. Entretanto, a limitação de entradas, a escassez de banheiros, o acúmulo de lixo/resíduos e a presença de fauna urbana (gatos) sem manejo adequado foram criticados. A presença de pessoas em situação de rua gerou percepções ambivalentes, sendo reconhecido o projeto “Tamo Junto”, que promove trabalho remunerado para este público. Houve menções à necessidade de retirar grades, ampliando o acesso do público, reforçando o caráter público do parque. O Palácio das Artes foi reconhecido como um espaço cultural de destaque.

De forma geral, as cartografias revelam que os parques de Belo Horizonte funcionam como territórios afetivos e infraestruturas verdes essenciais para o bem-estar coletivo, mas enfrentam desafios estruturais e de gestão que comprometem seu uso pleno. Entre as demandas recorrentes estão: melhoria e ampliação da infraestrutura; fortalecimento das ações de educação ambiental e manejo ecológico; recuperação e preservação de nascentes, lagoas e cobertura vegetal; reconhecimento e valorização de elementos culturais, históricos e religiosos; implementação de planos de manejo participativos que integrem comunidade e poder público. Como aponta Lefebvre (1968), o direito à cidade inclui não apenas o acesso físico, mas a possibilidade de apropriação, uso e transformação do espaço urbano. A gestão dos parques deve avançar para modelos mais democráticos, que considerem o conhecimento popular como insumo legítimo para o planejamento urbano.

Conclusão

O projeto, em construção, demonstrou que os parques municipais de Belo Horizonte exercem funções que transcendem sua dimensão ecológica, assumindo papéis culturais, históricos, simbólicos e sociais fundamentais para a qualidade de vida urbana. As cartografias sociais permitiram compreender a complexidade de usos e significados atribuídos aos espaços, além de identificar demandas concretas que podem subsidiar políticas públicas inclusivas e efetivas. A participação ativa da comunidade no processo evidenciou a relevância de práticas colaborativas na gestão e preservação de áreas verdes urbanas. Nesse sentido, a cartografia social se confirma como uma metodologia potente tanto para a produção de conhecimento quanto para a mobilização social, fortalecendo o vínculo entre população e território. Na etapa seguinte, as cartografias serão divulgadas via rede social do projeto.

[Digite aqui]



Referências

- ACSELRAD, H. Conflitos ambientais no Brasil. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004.
- ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais – o caso do movimento por justiça ambiental. Estudos Avançados, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 103-119, 2010.
- ACSELRAD, H. Cartografia social, terra e território. Rio de Janeiro: IPPUR/UFRJ, 2013.
- ALMEIDA, A. W. B. Terras tradicionalmente ocupadas: processos de territorialização e movimentos sociais. Manaus: PPGSCA/UFAM, 2008.
- ALMEIDA, A. W. B. Cartografia social, terra e território. In: ACSELRAD, H. (org.). Cartografia social, terra e território. Rio de Janeiro: IPPUR/UFRJ, 2009. p. 15-43.
- ALMEIDA, A. W. B. de. Territórios e territorialidades. Manaus: UEA Edições, 2010.
- BARRETO, I. C. de H. Cartografia social e saúde: construindo mapas com a comunidade. In: ACSELRAD, H. (org.). Cartografia social, terra e território. Rio de Janeiro: IPPUR/UFRJ, 2013. p. 23-45.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- GORAYEB, A. Cartografia social como instrumento para gestão ambiental. Revista Brasileira de Cartografia, v. 66, n. 1, p. 157-170, 2014.
- HAESBAERT, R. O mito da desterritorialização: do “fim dos territórios” à multiterritorialidade. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- LEFEBVRE, H. O direito à cidade. São Paulo: Centauro, 1968.



CIDADE DIVIDIDA: A RELAÇÃO ENTRE A FORMAÇÃO DO TERRITÓRIO DE BELO HORIZONTE E A DESCARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE SANTA LUZIA-MG

Kalyne Rocha do Nascimento¹

Resumo

Este estudo analisa a formação e expansão da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), destacando a segregação socioespacial como elemento central da produção do espaço urbano desde a criação da capital mineira. Idealizada sob princípios republicanos e modernistas, Belo Horizonte consolidou um projeto excludente que deslocou populações de baixa renda para áreas periféricas, lógica que se intensificou ao longo do século XX com a industrialização, a metropolização e políticas habitacionais como as do BNH. No contexto recente, a expansão para o eixo norte e a implantação de grandes projetos reforçaram a valorização imobiliária, a fragmentação territorial e a periferização das classes populares. O caso de Santa Luzia ilustra esse processo: o distrito de São Benedito, formado de migrantes majoritariamente vindos de Belo Horizonte, apresenta fragilidade identitária e dependência socioeconômica da capital, enquanto o núcleo histórico sofre apagamento cultural diante da incorporação à lógica metropolitana capitalista. Assim, evidencia-se que Belo Horizonte reproduz e estende seu modelo segregador sobre os municípios do entorno, transformando-os em extensões periféricas de seu próprio território urbano.

Palavras-Chave: Urbanização; Segregação Socioespacial; Cidades dormitório; Apagamento Histórico-Cultural; Periferização; RMBH; Santa Luzia.

Abstract

This study analyzes the formation and expansion of the Belo Horizonte Metropolitan Region (RMBH), emphasizing socio-spatial segregation as a structuring element of urban production since the creation of the capital of Minas Gerais. Conceived under republican and modernist ideals, Belo Horizonte was founded through an exclusionary project that pushed low-income populations to peripheral areas—a dynamic intensified throughout the 20th century by industrialization, metropolitan consolidation, and housing policies such as those promoted by the BNH. In the contemporary period, expansion toward the northern axis and the implementation of major urban projects have reinforced real estate appreciation, territorial fragmentation, and the peripheralization of popular classes. The case of Santa Luzia illustrates this trajectory: the district of São Benedito, shaped largely by migrant populations, exhibits weak local identity and socioeconomic dependence on Belo Horizonte, while the city's historic core undergoes cultural erasure as it becomes embedded in the capitalist metropolitan logic.

¹ Graduanda em geografia, UFMG, kalynerocha280@gmail.com
Trabalho de conclusão de curso I em andamento



The study concludes that Belo Horizonte reproduces and expands its segregating model across surrounding municipalities, turning them into peripheral extensions of its own urban territory.

Keywords: Urbanization; Socio-spatial segregation; Dormitory cities; Historical-cultural erasure; Peripheralization; RMBH (Metropolitan Region of Belo Horizonte); Santa Luzia.

Introdução

Santa Luzia, situada na fronteira da região norte da cidade de Belo Horizonte, foi uma importante cidade da era colonial. Antes denominada Arraial de Santa Luzia, pertencia à comarca de Sabará e foi fundada pelo bandeirante Borba Gato, que tinha expedições às margens do rio das velhas (Assunção, 2020). Sendo uma cidade histórica e muito anterior ao estabelecimento da nova capital mineira, ao longo das décadas, Santa Luzia foi pressionada e integrada a uma dinâmica metropolitana, econômica, territorial e social que a descaracterizou, a partir do processo de urbanização e de crescimento desenfreado.

Com o crescimento acelerado de Belo Horizonte após a década 50 e a institucionalização das regiões metropolitanas nos anos 1970, os municípios da RMBH passaram por processos marcados pelo estímulo à migração e pela segregação da população de baixa renda, resultando em novas formas de fragmentação urbana.

Assim, Santa Luzia carrega consigo a herança de seu passado colonial, buscando preservar sua parte histórica mesmo diante da expansão e da pressão metropolitana. Essa dinâmica aparece na divisão territorial do município, que reúne duas realidades distintas: um núcleo histórico com traços coloniais e outra área que opera como periferia de Belo Horizonte. (Santos, 2011). Dessa forma, o presente trabalho busca evidenciar a dinâmica territorial da cidade de Santa Luzia, estabelecendo uma relação entre o centro histórico e o distrito de São Benedito, a fim de entender o motivo de uma divisão tão acentuada em um mesmo município.

Materiais e Métodos

O presente trabalho foi realizado através de um levantamento bibliográfico sobre temas como produção do espaço, território, segregação urbana e formação da RMBH, com ênfase nas dinâmicas históricas que envolvem Belo Horizonte e Santa Luzia. Foram consultados artigos, dissertações e teses, buscando construir o referencial teórico que sustenta a análise. A seleção ocorreu por pesquisa em portais de cunho acadêmico, como o Google Acadêmico e bibliotecas virtuais de teses e dissertações, que reúnem uma coletânea de diversos artigos. A pesquisa foi feita pelas seguintes palavras-chaves: Urbanização; Segregação Socioespacial; Cidades dormitório; Apagamento Histórico-Cultural; Periferização; RMBH; Santa Luzia e a seleção através da leitura de resumos, artigos, dissertações e teses com temas relacionados às discussões pertinentes, servindo como base teórica para o presente trabalho.

Resultados e Discussão

Santa Luzia, município situado na região centro-sul de Minas Gerais, integra a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e faz divisa com a capital ao sul, na área do Distrito de São Benedito, compondo parte da malha urbana estendida de Belo Horizonte (Santos, 2011). Com uma área de 235.079 km², a cidade está estruturada em Distrito Sede (parte alta e baixa),



Distrito Industrial Simão da Cunha, Distrito de São Benedito e Zona Rural (Mascarenhas, 2023). Segundo o Censo Demográfico de 2022, Santa Luzia possui uma população de 219.132 habitantes, sendo a 13ª cidade mais populosa do estado (IBGE, 2022).

A origem de Santa Luzia remonta ao final do século XVII, quando uma expedição do bandeirante Borba Gato se instalou às margens do Rio das Velhas. Motivada pela geografia favorável às viagens, esta instalação deu início ao Arraial de Santa Luzia, que permaneceu ligado à comarca de Sabará por 150 anos, sendo elevado a município somente em 1858. É crucial ressaltar que o Arraial ganhou importância significativa na era colonial por sua posição estratégica, tornando-se um vital ponto comercial na Estrada Real, uma das principais vias do Império Brasileiro (Assunção, 2020).

Mesmo com o declínio do ciclo do ouro por volta de 1780, a cidade conseguiu preservar sua função comercial. Sua inserção geográfica permitiu-lhe auxiliar o desenvolvimento do mercado interno mineiro, destacando-se pela conexão com o Rio de Janeiro (Assunção, 2020). Essa importância histórica foi reconhecida oficialmente com a visita de Dom Pedro II em 1881. O imperador se hospedou no solar da Baronesa e registrou o centro histórico em desenho, desenho esse que concedeu à Santa Luzia o título de Cidade Imperial posteriormente (Câmara Municipal de Santa Luzia, 2023).

Contudo, a posterior mudança do eixo econômico brasileiro para o café (século XIX) desfavoreceu Santa Luzia. Embora mantivesse o comércio de certos produtos, a cidade não foi inserida nas novas rotas cafeeiras. Esse fato desencadeou um período de regressão, no qual a economia se voltou predominantemente para a agricultura de subsistência (Assunção, 2020).

Observa-se, portanto, que em 1897, quando a capital de Minas Gerais foi transferida para o antigo Curral del rey, atual Belo Horizonte, Santa Luzia já era uma cidade consolidada, dotada de dinâmica territorial, população, cultura e costumes próprios. No entanto, com a expansão de Belo Horizonte e, posteriormente, a institucionalização da RMBH, a cidade se viu submetida a uma nova dinâmica territorial.

A expansão de Belo Horizonte trouxe grandes projetos urbanos, como o complexo da Pampulha e a construção da Avenida Antônio Carlos, que visavam direcionar a expansão metropolitana para o eixo norte da cidade. Assim, Santa Luzia entrou em rota direta no que diz respeito ao crescimento da capital, um processo que ocorreu de forma excludente e segregadora, uma vez que quem era direcionado a ocupar essas frentes de expansão eram as populações de baixa renda da capital, sejam elas por remoções ou atraídas pelo baixo preço das terras oferecidas. (Santos, 2011; Silva, 2011).

Especificamente no caso luziense, a ocupação do território ao sul da cidade, o São Benedito que faz divisa com BH, se deu como uma maneira da capital resolver o déficit habitacional gerado pelo alto custo da terra (Silva, 2011).

O momento decisivo da inserção de Santa Luzia na metrópole foi a transferência em massa de população de baixa renda para o seu território. Isso se concretizou por meio da construção de grandes conjuntos habitacionais pela COHAB-MG, financiados com recursos do SFH/BNH (Santos, 2011).

O Distrito de São Benedito começou a ser ocupado por volta dos anos 40, atingindo sua maior taxa de crescimento entre os anos 70 e 80. Esse período foi de intensa implantação de loteamentos populares e conjuntos habitacionais no país. Os principais responsáveis por essa alta taxa de crescimento foi a instalação dos conjuntos Cristina e Palmital, construídos em 1981



(Silva, 2011). Santa Luzia, sem poder de veto, cedeu parte de seu território para acomodar o crescimento de Belo Horizonte, o que teve um impacto significativo em sua dinâmica territorial (Silva, 2011).

A análise da Tabela 1 revela que a população do Distrito de São Benedito ultrapassou de forma expressiva a população do Distrito Sede a partir da década de 90. Silva (2011) indica que cerca de 73% dos moradores de São Benedito em 1991 eram migrantes.

Tabela 1: População residente de Santa Luzia – Distrito São Benedito e Distrito Sede

	1960	1970	1980	1991	2000	2010	2022
São Benedito	sem info	6.706	29.811	93.344	125.659	sem info	139.817
Distrito Sede	sem info	18.555	30.081	44.481	59.244	sem info	79.315
Santa Luzia	12.209	25.301	59.892	137.825	184.903	203.184	219.132

Fonte: IBGE, Censos Demográficos de 1960, 1970, 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022 *apud* Silva 2011 atualizado pela autora.

Considerando que a população do distrito de São Benedito é atualmente quase o dobro da do distrito-sede e que sua base populacional é de origem migrante, resultado de uma migração segregadora desprovida de preocupação em integrar os novos moradores à cultura local, conclui-se que grande parte dos habitantes de Santa Luzia não possui identidade luziense.

A segregação cometida por Belo Horizonte para o território luziense manifestou-se tanto por remoções arbitrárias quanto pela atração do baixo preço das terras. As populações transferidas mantêm, no cotidiano, relações de trabalho, lazer e estudo com Belo Horizonte. Santos (2011) evidencia essa dependência com relatos de moradores de São Benedito que afirmam não ter vínculo cultural com o centro histórico de Santa Luzia, confirmando que alguns sequer o visitou, e que suas relações se davam com muito mais frequência com a capital mineira. Tais relatos corroboram a tese de que grande parte da população não desenvolveu identidade com a cidade histórica, resultado direto do processo de segregação.

A produção e reprodução do território de Belo Horizonte nas cidades do entorno resultaram em uma sobreposição de territorialidades que, em muitos casos, causa o apagamento de identidades. Em Santa Luzia, esse processo é nitidamente evidente, manifestando-se em uma clara divisão territorial, cultural e social. As consequências dessa divisão são notáveis no apagamento histórico e cultural da cidade, evidenciada nos relatos trazidos por Santos (2011) em seu trabalho.

O avanço da metrópole sobre o território luziense, impondo seu modelo capitalista de produção do espaço, ameaça o patrimônio histórico e cultural local, resultando na descaracterização da cidade, processo que já ocorreu parcialmente. Atualmente, grande parte da população da RMBH, e até mesmo de Santa Luzia, enxerga o município apenas como uma cidade-dormitório periférica, ignorando sua relevância histórica ou sequer conhecendo esse passado.



Dessa forma conclui-se que Belo Horizonte, além de segregar uma parcela de sua população que não consegue arcar com o alto custo de vida na capital, contribui para a descaracterização das cidades do entorno, transformando-as em extensões de seu território periférico através da sobreposição de territorialidade.

Referências

ASSUNÇÃO, Caio Franco. As relações de Santa Luzia/MG com a geo-história do Brasil e da economia-mundo capitalista entre os séculos XVIII-XIX. **Revista GEOgrafias**, v. 16, n. 2, p. 27-51, 2020. Disponível em:

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/24055> Acesso em: 26 out.

2025. Câmara Municipal de Santa Luzia. **História do Município**. Disponível em: <https://www.cmsantaluzia.mg.gov.br/pagina/ler/1000/historia>. Acesso em: 26 out. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama do Censo 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/mapas.html?tema=populacao&recorte=N3>. Acesso em: 26 out. 2025.

MASCARENHAS, Ana Carolina Resende. **O caso do Setor Norte do município de Santa Luzia - Minas Gerais**: o Geodesign como suporte no processo de construção de opiniões e tomada de decisões. 2023. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

SANTOS, Thiago Andrade dos. Alguns aspectos da excludente formação do espaço metropolitano de Belo Horizonte: estudo de caso dos conjuntos habitacionais Cristina e Palmital em Santa Luzia/MG. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA (SIMPURB)**: Ciência e Utopia, 12., 2011.

SILVA, Gustavo Resgala. **Formas de produção do espaço periférico metropolitano**: um estudo sobre São Benedito na Região Metropolitana de Belo Horizonte. 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Arquitetura da UFMG, Belo Horizonte, 2011.



DESMITIFICANDO A GENTRIFICAÇÃO NAS CIDADES BRASILEIRAS

Estado, finanças, classes sociais e as contradições da (re)produção do espaço urbano e da moradia

Ícaro Neri Pereira de Souza¹

Resumo

Apresentamos uma agenda de pesquisas sobre a produção imobiliária nas cidades, os processos socioespaciais a ela associados, os agentes envolvidos e sua relação com as dinâmicas de acumulação de capital no século XXI. A abordagem utilizada articula duas vertentes: uma empirista, que utiliza dados espaciais, estatística e geoprocessamento e outra crítica, que interpreta os resultados à luz de pensamentos marxianos, inserindo a pesquisa nos campos da Geografia Urbana e Econômica. A primeira etapa desta agenda, aqui reportada, examinou o mercado de apartamentos residenciais de Belo Horizonte e a movimentação de classes sociais nesta cidade e na sua metrópole entre 2009 e 2022. Foi observado um forte encarecimento das moradias, sobretudo nos segmentos mais baratos, com forte aumento geral do preço do solo. A espacialização e análise dos dados revelou o avanço de grupos de maior renda em torno das principais centralidades, em direção às periferias, com produção imobiliária que a viabiliza. Os resultados sugerem processos de gentrificação associados à periferização da pobreza na metrópole. Os próximos passos buscam inserir as discussões em agendas mais amplas.

Palavras-chave: Belo Horizonte, SIG, Mercado Imobiliário, Gentrificação, Capitalismo.

Abstract

We present a research agenda that examines urban real estate production, the sociospatial processes associated with it, the agents involved, and its relationship with the dynamics of capital accumulation in the 21st century. The agenda adopts a dual approach: an empirical one, based on the analysis of spatial data, statistics, and GIS; and a critical one, which interprets the results through Marxist thinking within Urban and Economic Geography. The first stage of this agenda, reported here, examined the residential apartment market in Belo Horizonte and the movement of social classes in the city and its metropolitan area between 2009 and 2022. We observed a strong increase in housing prices, especially in lower-priced segments, along with a general rise in land values. The spatial analysis revealed the expansion of higher-income groups around major centralities and toward peripheral areas, supported by real estate development that enables this shift. The results suggest gentrification processes associated with the peripheralization of poverty in the metropolis. The next steps aim to place these discussions within broader research agendas.

Keywords: Belo Horizonte, GIS, Real Estate Market, Gentrification, Capitalism.

Introdução

¹ Doutor em Geografia, UFMG, icaro.neri@hotmail.com



A produção do espaço urbano, seja no centro ou na periferia capitalista, carrega as marcas da própria evolução desse modo de produção, do domínio da cidade pelo urbano e também de sua crise. Em uma sociedade capitalista, esse espaço é moldado, ao longo do tempo, pela ação de diferentes agentes que apresentam poderes assimétricos e disputam as melhores condições para alcançar seus objetivos, além de fatores que reproduzem a dinâmica da acumulação de capital e suas contradições, podendo interagir entre si.

O solo assume papel central nessa equação, pois, ao ser suporte físico e locacional, ele se torna palco dos processos em que sua produção social se converte em foco de disputas e contradições no processo de ocupação e transformação. No contexto capitalista, sua precificação surge como uma das mais importantes variáveis da produção do espaço, uma vez que, sendo decisiva para o acesso, se torna determinante para a forma como ocorre a ocupação, refletindo e condicionando os processos sociais que nele se desenvolvem. As contradições do capital acabam por se materializar nas cidades em uma série de processos e práticas espaciais que se relacionam à estruturação urbana, como a especulação imobiliária, o abandono de edifícios, a gentrificação, a criação de centralidades e a segregação socioespacial, entre outros.

Na agenda de pesquisas aqui descrita, os estudos sobre a renda da terra são fundamentais para a análise da dinâmica capitalista no espaço urbano, especialmente em relação à reprodução do valor (e à sua perda de essência nas décadas passadas), acrescentando novas nuances à já complexa produção do espaço urbano no âmbito do capitalismo. A ressurgência do capital fictício e, no caso brasileiro, o programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), guiado pela lógica de mercado, propiciaram o aumento das possibilidades de despejo de capitais sobreacumulados em outros setores econômicos no espaço urbano, acirrando ainda mais as disputas pelo território e as desigualdades socioespaciais historicamente produzidas, que tanto marcam a formação das cidades brasileiras.

Este trabalho propõe uma agenda de pesquisas que combina a discussão marxista sobre a produção do espaço urbano e os processos de acumulação de capital e suas contradições com uma abordagem empírica voltada a compreender como se dão, territorialmente, as resultantes desses processos nas cidades brasileiras, buscando apreender tanto seus aspectos gerais quanto suas especificidades. A pesquisa já conta com a publicação de uma tese de doutorado e de dois artigos, além de três trabalhos em avaliação por revistas acadêmicas e dois trabalhos sendo produzidos.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo contribuir para o debate a respeito dos processos imanentes de produção e reprodução do espaço urbano e de seu ambiente construído. Explorando o potencial de bases de dados de transações imobiliárias recentemente disponibilizadas que trazem, entre outros elementos, informações sobre preços praticados, características dos imóveis e localização (como nos casos de Belo Horizonte/MG e São Paulo/SP), a primeira etapa desta agenda de pesquisas explorou o caso da capital mineira, estudando o mercado imobiliário de apartamentos residenciais na cidade entre 2009 e 2022.

Para cumprir este objetivo, foram utilizados diversos métodos quantitativos e o uso de instrumentos cartográficos e de geoprocessamento que, em nossa visão, apresentam um instrumental valioso para as análises desta agenda de pesquisas na medida em que o preço do solo, enquanto fenômeno socialmente produzido, consegue ser mapeado, tarefa efetivamente cumprida, por exemplo, pela Prefeitura de Belo Horizonte (2023).



Materiais e Métodos

A primeira parte dos estudos sobre a dinâmica imobiliária e social na capital mineira, já concluída e descrita neste trabalho, tratou de duas etapas que foram abordadas em conjunto. A primeira consiste em uma Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) do mercado de apartamentos residenciais de Belo Horizonte/MG entre 2009 e 2022, obtidos a partir da catalogação de transações de compra e venda de imóveis no pagamento do Imposto sobre Transações de Bens Imóveis (ITBI), produzida pela Prefeitura de Belo Horizonte (2023). Essa AEDE foi elaborada com o objetivo de identificar padrões e tendências espaciais e temporais de perfis de preços, movimentos de moradias e submercados em Belo Horizonte, servindo como base para a discussão crítica desenvolvida posteriormente.

Para essa análise, foram utilizadas as seguintes variáveis, fornecidas pela Prefeitura de Belo Horizonte (2023):

- (a) endereço e bairro do imóvel, que foram posteriormente georreferenciados com base no catálogo de endereços da prefeitura;
- (b) ano de construção do imóvel, que gerou a variável “idade do imóvel”, obtida pela subtração entre a data de transação e o ano de construção;
- (c) área construída adquirida, medida em metros quadrados;
- (d) padrão de acabamento, previsto e calculado com base nos critérios do Decreto Municipal nº 13.824/2009 (Prefeitura de Belo Horizonte, 2009), que origina cinco padrões distintos, variando de P1 (padrão simples) a P5 (padrão luxo);
- (e) valor base, que é o valor determinado pela administração tributária com base nos elementos do cadastro imobiliário ou o valor declarado pelo contribuinte, considerando-se aquele que for o maior, e que se refere ao montante pago na transação; e
- (f) preço do metro quadrado praticado, resultante da divisão entre o valor base e a área construída do imóvel.

A segunda etapa consiste em um mapeamento das classes sociais na Região Metropolitana de Belo Horizonte nos censos de 2010 e 2022, seguido de uma análise das mudanças espaciais dessas classes entre os períodos intercensitários e uma discussão sobre a produção imobiliária associada com base nos resultados obtidos na primeira etapa da agenda de pesquisas. Para isso, foram utilizadas as variáveis referentes aos valores de rendimentos médios mensais das pessoas proprietárias dos domicílios do setor censitário (V005, da planilha “Arquivo Básico” no Censo de 2010, e V6004, da planilha intitulada “Agregados por Setores - Renda do Responsável (Brasil)” no Censo de 2022) (IBGE, 2010, 2022).

Na agenda de pesquisas foram empregados diversos métodos quantitativos, aplicados em diferentes estudos, como a análise de regressão (principalmente regressões espaciais), a análise de componentes principais (ACP), análises de cluster, índices de correlação (como o coeficiente de Pearson) e índices de autocorrelação espacial geral e local, como o I de Moran e o I de Moran Local (um Indicador Local de Associação Espacial - ILAE, ou LISA).

Resultados e Discussão

A pesquisa demonstrou que, entre 2009 e 2022, a dinâmica imobiliária de Belo Horizonte apresentou um comportamento dual de variação de preços, acompanhando as tendências



econômicas nacionais: um forte crescimento nas transações de apartamentos entre 2009 e meados de 2014, seguido por relativa estagnação dos preços nominais entre 2014 e 2022 e por uma queda acentuada no número de negociações entre 2013 e 2017, com novo aumento durante a pandemia de Covid-19, em 2021.

No período de crescimento dos valores, tanto dos preços por metro quadrado quanto dos valores base, isto é, o montante pago pela aquisição do imóvel, os imóveis que mais se valorizaram foram os de padrão de acabamento inferior, de menor tamanho e mais antigos, portanto, os mais baratos, localizados majoritariamente em áreas periféricas. Pessoas de menor renda, historicamente privadas de moradia, passaram a ter renda ligeiramente maior e acesso ampliado ao crédito, especialmente por meio do PMCMV, o que intensificou a competição nos segmentos de menor preço e elevou os valores de forma mais acentuada. Houve uma tendência de contínua redução no tamanho dos novos apartamentos, explicada tanto por fatores demográficos, como a diminuição do número de moradores por domicílio entre os censos de 2010 e 2022, quanto pelo aumento dos preços do metro quadrado, que levou à diminuição das áreas construídas para manter viável o acesso à moradia e a venda das unidades.

Em termos espaciais, observou-se um forte espraiamento dos segmentos de renda média e média-alta para o entorno das centralidades metropolitanas, incluindo o núcleo central da capital e centralidades secundárias, como o Barreiro (Belo Horizonte), o Eldorado (Contagem) e o Centro de Contagem, o Centro de Betim e outras centralidades locais. Esse movimento evidencia o papel da questão das centralidades e das rendas diferenciais de moradia como fatores preponderantes na reestruturação urbana da metrópole.

Nas centralidades secundárias, o fenômeno se manifestou sobretudo pelo avanço de setores de rendas médias sobre setores antes classificados como de rendas baixas. No núcleo central belo-horizontino (excluída a regional Barreiro, que apresenta estruturação socioespacial própria), que se expande da regional Centro-Sul, excetuando o bairro Centro, rumo às periferias por eixos pericentrais, houve, principalmente nos entornos dos antigos bairros de elite, reclassificação de setores antes de rendas médias para rendas médias-altas ou de elite. Isso sugere processos de hipergentrificação, algo corroborado por estudos que descrevem requalificação e pressão imobiliária sobre bairros tradicionais da cidade.

O cruzamento dos dados indica que o avanço da reclassificação dos segmentos de rendimento entre 2010 e 2022, em direção aos grupos de maior renda, ocorreu principalmente pela expansão de novos apartamentos residenciais de maior tamanho, cujos preços se enquadram nas regras de financiamento da Caixa Econômica Federal (principal fornecedora de crédito imobiliário do país), que exigem rendas em torno de R\$ 10.000,00 no prazo máximo. Bairros como Diamante (Barreiro), Fernão Dias, Buritis e Castelo se destacaram como vetores imobiliários de rendas médias e médias-altas, situando-se em áreas periféricas próximas a centralidades consolidadas. Além deles, Cabral, Novo Eldorado, Jardim Riacho das Pedras e os Centros de Contagem e Betim se configuraram como vetores voltados a esses públicos na metrópole. Nabuco (2021), ao estudar a produção de novos apartamentos no vetor norte de Belo Horizonte, denominou esse processo de “gentrificação por novas construções”, caracterizado pela substituição gradual do perfil dos moradores por residentes de maior poder aquisitivo. Em nossa avaliação, trata-se de um fenômeno que ocorre em larga escala na capital e nas principais centralidades secundárias da metrópole. A Figura 1 apresenta alguns dos produtos gerados pela pesquisa, mostrando a distribuição dos agrupamentos calculados por clusterização de renda entre 2010 e 2022.

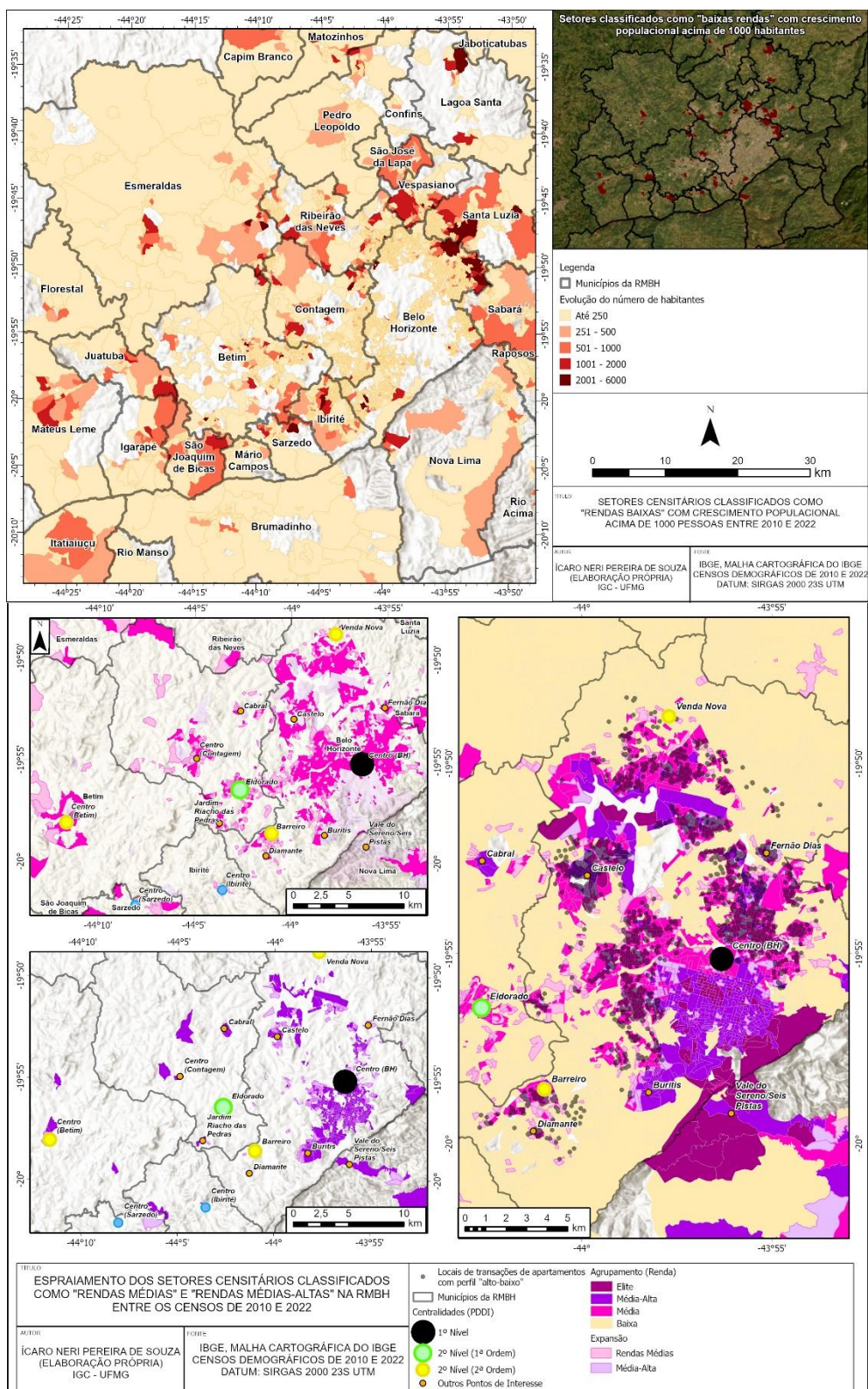


Figura 1 – Mapas demonstrando resultados da pesquisa



Sobre os setores classificados como rendas baixas, em Belo Horizonte, aqueles que apresentaram crescimento populacional superior a 1000 pessoas entre 2010 e 2022 localizaram-se, sem exceção, em áreas classificadas como Favelas e Comunidades Urbanas pelo IBGE (2022) e em seus entornos, se destacando as ocupações na regional Barreiro e ao norte da capital, na área da Mata do Izidora. Fora de Belo Horizonte, o crescimento ocorreu nas margens da mancha urbana, em loteamentos com pouca infraestrutura, marcados pela autoconstrução, em municípios como Esmeraldas, Ribeirão das Neves, Vespasiano e Santa Luzia (figura 1).

Os setores de elite se espalharam por dois eixos: um que parte da regional Centro-Sul de BH em direção a áreas próximas no município de Nova Lima, com produção imobiliária concentrada em edifícios residenciais de alto padrão e em mansões, estas situadas principalmente em condomínios fechados; e outro, concentrado principalmente em Lagoa Santa, mas presente em toda a metrópole, também pela expansão de condomínios autosssegados.

Por fim, as temáticas futuras desta agenda de pesquisas abordarão, de forma mais aprofundada, a dinâmica de circulação do capital e dos circuitos econômicos, os processos de financeirização e suas resultantes nas cidades, procurando compreender as nuances do papel dos agentes envolvidos e como aqueles negativamente afetados sofrem e lidam com esses processos. Assim, as temáticas envolverão a reprodução, em nível nacional, das metodologias aqui abordadas, além do aprofundamento das discussões teóricas empreendidas.

Referências

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Decreto nº 13.824, de 28 de dezembro de 2009. Regulamenta a notificação, concessão de benefícios e recolhimento do Imposto Sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana - IPTU do exercício de 2010 e outros. *Diário Oficial do Município de Belo Horizonte*, Belo Horizonte, 28 dez. 2009.

_____. *Dicionário de dados – Relatório ITBI (anterior a 18/07/2023)*. Belo Horizonte: GTEFI, 2023. Disponível em: <https://dados.pbh.gov.br/dataset/relatorio-itbi>.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=793>.

_____. *Censo Demográfico 2022. Características dos domicílios: resultados do universo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3106/cd_2022_domicilios.pdf.

NABUCO, A. L. Terra urbana, propriedade e gentrificação na periferia: dinâmica imobiliária e capitalismo patrimonial no vetor norte de Belo Horizonte, Brasil, 1999 a 2019. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.



DO QUILOMBO À CIDADE: Dinâmicas de desterritorialização e resistência dos Luízes

Ariel Akcelrud Durão¹, Arthur Coelho Felisberto², Leandro Antônio Passos³, Thiago Gonçalves Santos⁴

Resumo

Esta pesquisa discute o processo de desterritorialização de povos originários, com ênfase nas populações mais vulneráveis, que têm suas terras apropriadas por grandes corporações para fins lucrativos. O objetivo do trabalho é compreender os fatores que levaram à perda e à redução do território do Quilombo dos Luízes, localizado no bairro Grajaú, em Belo Horizonte. Para isso, foi realizada uma observação participante com membros da comunidade, buscando registrar a história contada pelos próprios quilombolas, evitando uma perspectiva colonial. O percurso metodológico envolveu visitas ao território e coleta de relatos orais para compreender a trajetória de luta da comunidade. Os resultados demonstram que, apesar de anos de resistência, o Quilombo não teve seu direito ao território plenamente reconhecido, evidenciando a permanência de práticas de racismo, opressão e mercantilização da terra, que inviabilizam o exercício pleno da cultura e da agricultura quilombola.

Palavras-chave: Território, Desterritorialização, Quilombo, Opressão, Resistência.

Abstract

This research examines the process of deterritorialization affecting vulnerable traditional communities, particularly those whose lands are appropriated by large corporations for profit. The study aims to understand the factors that led to the loss and reduction of the territory of the Quilombo dos Luízes, located in the Grajaú neighborhood of Belo Horizonte, Brazil. To achieve this, direct contact was established with members of the community in order to document their own narratives and avoid a colonial interpretation of their history. The methodological approach involved field visits and the collection of oral accounts that detail the community's long-standing struggle. The results show that, despite years of resistance, the quilombo has not had its territorial rights fully recognized, reflecting persistent practices of racism, oppression, and the commodification of land that hinder the preservation of quilombola culture and agricultural traditions.

Keywords: Territory; Deterritorialization; Quilombo, Oppression, Resistance.

INTRODUÇÃO

¹Graduando em Geografia, UFMG, arieladurao@gmail.com

²Graduando em Geografia, UFMG, arthurcoelhogeo@gmail.com

³Graduando em Geografia, UFMG, leandroapassos@outlook.com

⁴Doutorando em Geografia, PPG/UFMG, thiaguim.13@gmail.com



Para entendermos o conceito de desterritorialização é necessário que, antes, compreendamos o que significa território e as dinâmicas de poder exercidas sobre este espaço. O conceito de território, portanto, apesar de ter uma base física quando tratamos do espaço geográfico material, pode ser analisado também sob a perspectiva de um construto social, moldado a partir das diferentes relações sociais, econômicas, políticas e culturais que se materializam em determinado espaço, conforme comenta Ademir Terra ao dizer que “o território é, portanto, um processo social, investido de poder e simbolismo, um ‘resultado da relação entre um grupo humano e o espaço que o abriga, sendo, acima de tudo, dinâmico’” (TERRA, 2009, p. 28).

Nesse sentido, Robert Sack nos explicita a ideia de que o território é uma “estratégia espacial para controlar pessoas e coisas por meio do controle de uma área”. Essa estratégia, utilizada desde a antiguidade, tem sido o meio pelo qual diversas nações e povos ascenderam sobre outros, pautados em uma “ideia de que é preciso ter/aumentar seu espaço para garantir a sobrevivência de seu grupo”, como um espaço vital, que relativiza e menospreza a importância de muitos povos e culturas, afim de ampliar seus territórios e áreas de influência. Atitude essa que, por muitas vezes, se repete em nossa sociedade atual e que pode ser percebida na tentativa de apropriação por terceiros de territórios considerados menos importantes ou pertencentes a povos em maior situação de vulnerabilidade, por interesses financeiros, imobiliários, dentre outros. Essa prática pode ser observada, por exemplo, na tentativa de invalidação ou criminalização de determinados comportamentos como expressões religiosas e culturais de povos originários e comunidade negras, assim como cita que Brandão ao comentar que:

“Esse processo [de desterritorialização] reduz as comunidades negras à representação da desordem, violando um pressuposto fundamental de sua reprodução cultural (a relação com o ambiente), ao mesmo tempo operando como mecanismo de valorização do solo urbano e controle social.” (BRANDÃO, 2019, v.64, n.2)

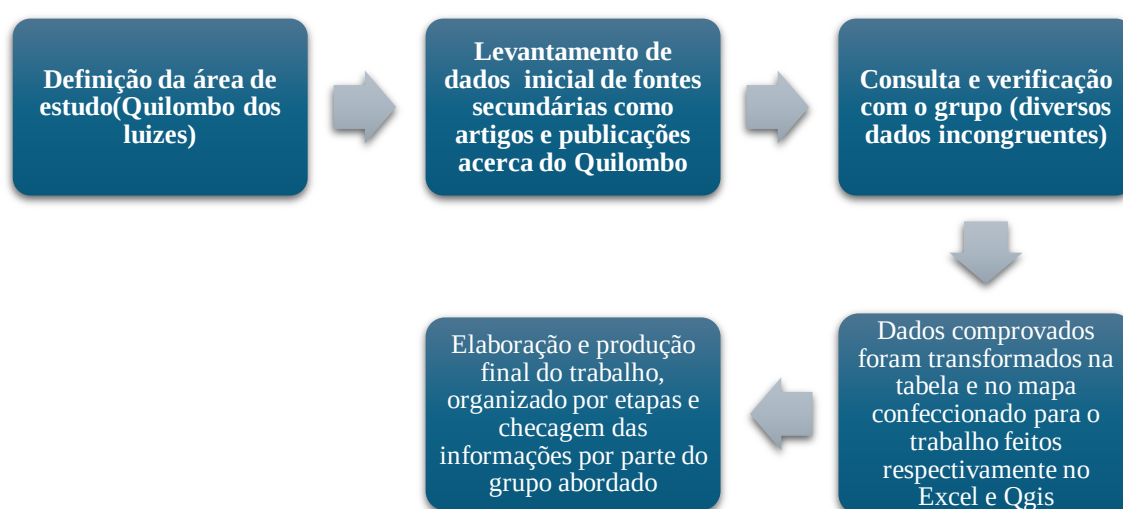
Rogério Haesbaert afirma que a desterritorialização não representa apenas a perda de um território, mas também a transformação das relações que os grupos estabelecem com o espaço. Segundo o autor, “a desterritorialização nunca é pura, pois toda perda ou ruptura territorial implica sempre um reterritorializar-se” (HAESBAERT, 2004, p. 131). A história do Quilombo dos Luízes reflete esse processo. A família chegou ao Brasil em 1895, descendente de pessoas que seriam escravizadas, mas que foram libertas devido ao casamento de uma das fundadoras do Quilombo que se casou com um escravagista. Assim como afirma Núbia, uma das representantes do Quilombo, antes mesmo da fundação de Belo Horizonte, os Luízes já habitavam a região; assim, não vieram para a cidade, foi a cidade que se expandiu sobre o território deles. O antigo território, de cerca de 18 mil hectares, hoje está quase completamente invadido pelo processo de expansão da metrópole, que tenta apagar a cultura e vivências que esse povo exerce sobre seu próprio território.

Materiais e Métodos

O presente estudo teve como área de pesquisa o Quilombo do Luízes, abrangendo o período desde sua fundação até os dias atuais. Inicialmente, realizou-se o levantamento de informações sobre o grupo a partir de fontes secundárias, seguido de uma consulta direta com a comunidade

para verificação e correção dos dados. As informações validadas foram organizadas com o auxílio dos softwares QGIS, utilizado para a elaboração do mapa, e Microsoft Excel, empregado na construção de uma única tabela de apoio. No entanto, os dados coletados foram utilizados principalmente na redação e análise do texto, servindo de base para a discussão dos resultados. Por fim, as informações foram discutidas e validadas em conjunto com os representantes do Quilombo e os autores, assegurando fidelidade à realidade local.

Figura 1. Fluxograma Metodológico – Quilombo dos Luízes



Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados e Discussão

A partir dos dados coletados junto à comunidade quilombola dos Luízes foi possível a elaboração de croquis e mapas que melhor possibilitassem a compreensão da extensão original de seu território, bem como o impacto significativo das sucessivas perdas e invasões ao longo dos anos, em um processo de expansão e inchamento da cidade que acabou por enclausurar o território dos Luízes, limitando suas dinâmicas, práticas religiosas e ocasionando a consequente “expulsão” de alguns de seus membros em face da hostilidade vivenciada na pele todos os dias. Núbia, representante cultural da associação quilombola, traz relatos de preconceito racial, discriminação e intolerância religiosa que, por muito tempo, dificultou a relação com os vizinhos que estão em terreno invadido pertencente aos Luízes, situação que fez com que permanecessem ali aqueles que não quiseram abrir mão de estar no território e lutar por ele, bem como aqueles que não tinham condições de arcar com custos de aluguel ou compra de outras moradias fora do território do quilombo. Foi mencionada também a perda do Centro Cultural, onde eram realizadas oficinas, rodas de conversa, rodas de dança afro e de capoeira, artesanato e outras ações culturais como forma de preservação da herança cultural deste povo, além de uma capela que foi demolida, o que mostra a desvalorização e descrédito da posse e titularidade desse território quilombola por parte do Estado e também de grande parte da



sociedade, em detrimento de outros posseiros invasores, situação que só foi amenizada após o reconhecimento oficial como patrimônio de Belo Horizonte.

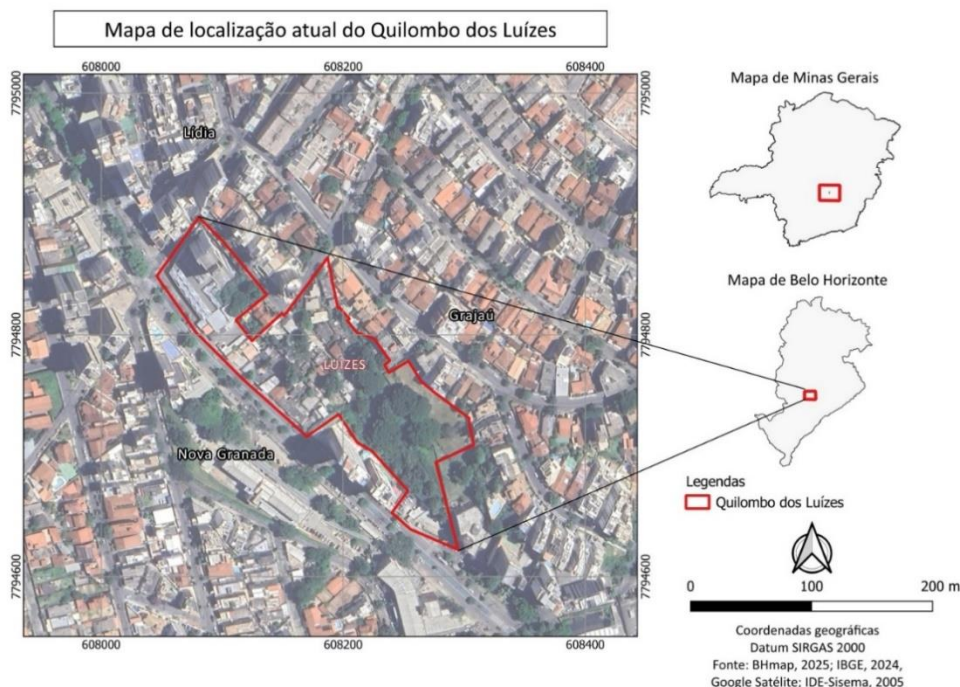
Tabela 1 – Densidade demográfica estimada do Quilombo dos Luízes, 1900-2025

Categoria	1900	2025
Área (ha)	18000	620
Habitantes	2000	170
Relação área/habitantes	9	3,6

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados do próprio Quilombo (2025).

A partir da tabela é possível notar como esse grupo teve uma perda populacional e territorial significativa, demonstrando como estão cada vez mais marginalizados. Quando o Quilombo estava em seu maior ápice quantitativo por volta de 1900, havia 1 habitante para cada 9 hectares de terra. Essa maior espacialidade facilitava o desenvolvimento de atividades agrícolas como plantio de hortas e lavouras, o que gerava renda para comunidade além de garantir uma alimentação saudável e de qualidade, situação que foi se dificultando em face da redução do espaço disponível para plantio, como pode ser observado no mapa 1, abaixo, que mostra a área atual do quilombo, reduzida a uma pequena fração do território original.

Mapa 1. Atual território do Quilombo dos Luízes



Fonte: Elaborado pelos autores

Assim, é válido mencionar as teorias de Lélia Gonzales (1982), que debate sobre os conceitos de “lugar de negro” e o “lugar do branco”, em seu livro o Lugar de negro na perspectiva de que



ao negro é sempre reservado o lugar mais deficitário, mais excluído e menos dotado de recursos enquanto que aos brancos são reservados os melhores espaços da sociedade, com boa infraestrutura e recursos e, nesse sentido, quando uma região ou um “lugar dos negros” ascende de status social, ela passa a fazer arte dessa dinâmica de interesse e especulação imobiliária como o que aconteceu no bairro Grajaú, onde se localiza o território do quilombo, que tem recebido ao longo dos últimos anos sucessivas obras de melhorias de infraestrutura urbana, que ocasionaram valorização da região que atualmente é classificada como bairro de classe média-média/alta, na classificação de bairros DE Belo Horizonte, feita pelo IPEAD, com dados do censo 2000. Essa valorização da região e aumento do interesse em terrenos na região pode ser uma das possíveis causas que motivaram as invasões do terreno do quilombo.

Dessa forma a luta pelo reconhecimento e o não apagamento das culturas e tradições que compõem a história do nosso país construída, principalmente, pelas mãos de homens e mulheres negras que sustentaram as bases de atividades econômicas nacionais sem receber um centavo por seus trabalhos, é de fundamental importância, como forma de preservação da nossa história, como forma de reparação dos danos causados e como forma de buscar uma sociedade mais justa e igualitária. Os quilombos são, nesse contexto, espaços de luta, de resistência e de manutenção de parte de nossa identidade e exercem papel fundamental de preservação de história, cultos, danças, afetos e laços culturais ancestrais que foram relegados ao esquecimento por muito tempo.

Aqui, cabe se trabalhar também o conceito de "comunidades imaginadas", de Benedict Anderson, que trata da análise das relações e sua preservação/manutenção em uma identidade coletiva, simbólica que permita construir um sentimento de pertencimento, mesmo em vínculos que os atores não se conheçam individualmente ou não vivam em contato constante, mas se apoiam, se fortalecem e constroem juntos a memória e a história de seu povo, por meio de luta, de resistência de escrita e da oralidade.

Referências

BRANDÃO, Caroline Martins; DAMASCO, Fernando Souza. Conflitos territoriais, desterritorialização e racismo ambiental no Rio de Janeiro (2009–2016). *Revista Brasileira de Geografia*, v. 63, n. 2, 2019.

HAESBAERT, R. *O mito da desterritorialização: de territórios e territorialidades*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

INSTITUTO DE PESQUISA ESTRATÉGICA APLICADA (IPEAD) – UFMG. *Classes dos Bairros de Belo Horizonte: mapa com classificação*. Belo Horizonte: IPEAD/UFMG, [s.d.]. Disponível em: https://site.ipead.face.ufmg.br/wp-content/uploads/2023/10/Classes_Bairros_BH_com_mapa.pdf. Acesso em: 17 nov. 2025.

SACK, R. D. *Territory*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1986.

TERRA, Ademir. Evolução histórica da categoria geográfica território e a sua atual multiplicidade interpretativa. *Caderno Prudentino de Geografia*, nº 31, v. 1, p. 17-31, 2009.



PLANEJAMENTO, OCUPAÇÃO E DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS EM BELO HORIZONTE: Breves Observações

Fábio José Marçal Nogueira¹, Pedro Luiz Teixeira de Camargo²

Resumo

A transferência da capital de Minas Gerais de Ouro Preto para Belo Horizonte, no final do século XIX, refletiu o desejo de modernização do estado, inspirando-se em ideais positivistas, racionalistas e sanitistas. Com base nessa ideia, este trabalho se propôs a tecer breves análises e observações acerca do planejamento, da ocupação e das transformações socioespaciais de Belo Horizonte ao longo do século XX, com destaque para a exclusão social fruto deste processo. A pesquisa adotou uma metodologia qualitativa, baseada em revisão bibliográfica, analisando obras acadêmicas e documentos históricos acerca da temática. Sob a liderança de Aarão Reis, a Comissão Construtora da Nova Capital elaborou um plano urbano que dividia a cidade em três zonas — urbana, suburbana e rural —, privilegiando a elite na área central e relegando as camadas populares às periferias. A escolha de Belo Horizonte considerou critérios geográficos e estratégicos, como a localização central em Minas Gerais e a proximidade com os principais centros econômicos do país. Esta área concentrou equipamentos, serviços, lazer e melhor acessibilidade, enquanto as regiões suburbanas e rurais apresentavam lotes maiores e carência de infraestrutura, refletindo processos de exclusão social. A especulação imobiliária e o rápido crescimento populacional adensaram a periferia mais rapidamente que o centro, dificultando a instalação dos mais humildes nas áreas valorizadas. Quase metade da área urbana projetada permaneceu vazia por décadas e, apenas nos anos 1990, a densidade populacional atingiu os patamares previstos, consolidando uma cidade espacialmente segregada. Assim, observa-se que a nova capital se tornou uma cidade hierarquizada, na qual o planejamento urbano rígido favoreceu a elite e afastou a classe popular da área central.

Palavras-chave: Planejamento urbano; exclusão social; capital mineira.

Abstract

The transfer of the capital of Minas Gerais from Ouro Preto to Belo Horizonte at the end of the nineteenth century reflected the state's desire for modernization, inspired by positivist, rationalist, and sanitary ideals. Based on this premise, the present study set out to offer brief analyses and observations concerning the planning, occupation, and socio-spatial transformations of Belo Horizonte throughout the twentieth century, with particular emphasis on the social exclusion resulting from this process. The research adopted a qualitative methodology grounded in bibliographical review, analyzing academic works and historical documents related to the subject. Under the leadership of Aarão Reis, the Construction Commission of the New Capital developed an urban plan that divided the city into three

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Geografia em Rede Nacional PROFGEO – IFMG – Campus Ouro Preto

² Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo - Professor orientador - IFMG - Campus Ouro Preto



zones—urban, suburban, and rural—favoring the elite in the central area and relegating the lower classes to the outskirts. The choice of Belo Horizonte was based on geographic and strategic criteria, such as its central location within Minas Gerais and its proximity to the country's main economic centers. The central area concentrated facilities, services, leisure options, and better accessibility, while the suburban and rural regions were characterized by larger lots and a lack of infrastructure, reflecting processes of social exclusion. Real estate speculation and rapid population growth caused the outskirts to densify more quickly than the center, hindering the settlement of the humblest groups in the more valued areas. Nearly half of the projected urban area remained vacant for decades, and only in the 1990s did population density reach the levels initially foreseen, consolidating a spatially segregated city. Thus, it can be observed that the new capital became a hierarchized city, in which rigid urban planning favored the elite and distanced the popular classes from the central area.

Keywords: Urban planning; social exclusion; capital of Minas Gerais.

Introdução

A transferência da capital mineira de Ouro Preto para Belo Horizonte, no final do século XIX, expressou o desejo de modernização do estado, inspirado em ideais positivistas, racionalistas e sanitaristas. O plano elaborado pela Comissão Construtora da Nova Capital, sob a liderança de Aarão Reis, dividiu a cidade em três zonas – urbana, suburbana e rural –, revelando desde o início uma lógica de ordenamento que privilegiava as elites na área central, enquanto relegava as camadas populares às periferias (Passos, 2020).

A ocupação, entretanto, não ocorreu como previsto: a especulação imobiliária e o rápido crescimento populacional aceleraram o adensamento das áreas suburbanas, intensificando a segregação social e espacial. Assim, a cidade, concebida como símbolo de progresso e integração, consolidou, paradoxalmente, desigualdades que ainda marcam seu território (Aguiar, 2006). Com base nessa premissa, este trabalho se propôs a tecer breves análises e observações acerca do planejamento, da ocupação e das transformações socioespaciais de Belo Horizonte ao longo do século XX, com destaque para a exclusão social fruto deste processo.

Materiais e Métodos

Metodologicamente, este estudo baseia-se em uma breve revisão bibliográfica qualitativa, fundamentada em obras acadêmicas e documentos históricos que analisam o planejamento, a ocupação e as transformações socioespaciais de Belo Horizonte desde sua fundação até a atualidade. Essa revisão permite compreender os processos que moldaram a cidade ao longo do tempo, além disso, fornece o suporte teórico necessário para interpretar as dinâmicas urbanas e sociais investigadas, assegurando a pertinência do percurso metodológico escolhido para responder aos objetivos propostos.

De acordo com (Gil, 2002), a principal vantagem da pesquisa bibliográfica é permitir ao pesquisador acessar uma ampla variedade de informações que seriam impossíveis de investigar diretamente, particularmente quando os dados estão distribuídos por diferentes regiões, como



no caso de pesquisas sobre população ou renda per capita em todo o país. Nesse sentido, considerando o escopo desta pesquisa, o percurso metodológico é delineado a seguir:

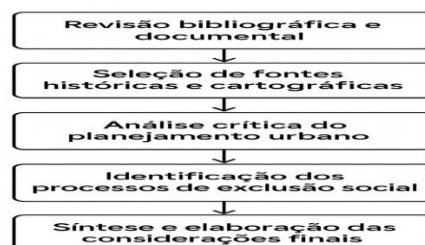


Figura 1- Fluxograma
Fonte: Os autores (2025)

Resultados e Discussão

Há pouco mais de cem anos, Ouro Preto deixou de ser a capital de Minas Gerais, dando lugar a Belo Horizonte, planejada como nova capital. No local existia o arraial de Curral D’el Rei, quase totalmente demolido, e o plano urbano previa três áreas: central, suburbana e rural (Arreguy; Ribeiro, 2008).

Em 1891, uma comissão liderada pelo engenheiro Aarão Reis (1853-1936) avaliou cinco áreas - Barbacena, Paraúna, Juiz de Fora, Várzea do Marçal e Belo Horizonte - considerando critérios geográficos e estratégicos, especialmente a localização central em Minas Gerais e a conexão com os principais centros econômicos do país, próximos a São Paulo e Rio de Janeiro (Guimarães, 2012). A partir dessa avaliação, Belo Horizonte destacou-se como a alternativa mais adequada para abrigar a nova capital do estado, o que levou à sua definição oficial e ao início de um processo de planejamento urbano, influenciando, de forma decisiva, sua futura configuração socioespacial.

No plano das ideias, os engenheiros responsáveis pela construção apoiaram-se, sobretudo, nas matrizes filosóficas do positivismo e do racionalismo, além de fundamentarem-se em conceitos sanitaristas, o que, por consequência, resultou em um espaço modelar, disciplinado e de ordem social (Passos, 2020).

Gradualmente, a elite local começou a ocupar a encosta suave que leva ao Palácio Presidencial, enquanto a população mais pobre se espalhava rapidamente pelas encostas mais íngremes do outro lado do vale do Arrudas, na área suburbana, ao longo da ferrovia e nas colônias agrícolas (Fernandes, 2021).

A área central recebeu prioridade em equipamentos, serviços e lazer, como o Parque Municipal, praças, secretarias, igrejas, hospitais e escolas, enquanto a suburbana apresentava lotes maiores e carência de serviços públicos (Gouvea; Nicácio, 2017).

Grande parte da área projetada pela Comissão Construtora da Nova Capital (CCNC) ficou ociosa ou pouco ocupada por décadas, enquanto os subúrbios abrigaram as camadas mais pobres e expandiram a cidade. Apenas nos anos 1990 a densidade alcançou cerca de 100 hab./ha, consolidando a segregação urbana (Aguar, 2006).

A nova capital, projetada para ser o centro dinâmico da economia mineira e promover a unidade do estado, também se transformou em uma cidade hierarquizada. Por meio de um planejamento urbano rígido, a Comissão Construtora acabou por estratificar o espaço social da



capital ao favorecer, mesmo que não intencionalmente, a elite, e afastar a classe popular, especialmente os trabalhadores, da área central (Passos, 2009).

A Figura 2 expõe a divisão administrativa da cidade, uma área de 331,0 km², dividida em nove regiões administrativas: Barreiro, Centro-Sul, Leste, Oeste, Nordeste, Noroeste, Norte, Pampulha e Venda Nova. Apesar dessa divisão buscar otimizar o planejamento e a administração da cidade (Diniz; Vêras, 2019), evidencia-se também a argumentação principal presente ao longo deste resumo: a exclusão social fruto desse processo.

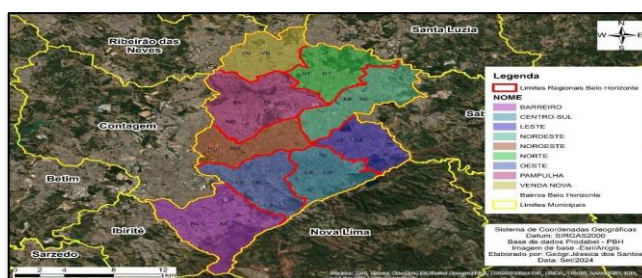


Figura 2 - Regionais de Belo Horizonte

Fonte: Santos (2024)

A análise histórica do planejamento e da ocupação de Belo Horizonte evidencia que, embora a cidade tenha sido concebida como símbolo de modernidade e progresso, o projeto urbano inicial contribuiu para a consolidação de desigualdades socioespaciais. A divisão em zonas - central, suburbana e rural - privilegiou a elite na área central, enquanto as camadas populares foram direcionadas para as periferias, gerando segregação que ainda se manifesta no território da capital.

Segundo (Monteiro, 2007), o crescimento urbano de Belo Horizonte ocorreu de maneira desigual, resultando em centralidades regionais ainda em processo de consolidação e incapazes de rivalizar com a área central, o que continua exercendo forte atração econômica e funcional. A partir da identificação espacial dos recursos urbanos distribuídos pelas diferentes regionais, observa-se que a concentração dos principais aparatos permanece no centro, reforçando desigualdades históricas. Esse diagnóstico corrobora a conclusão de que os investimentos públicos e privados tendem a se concentrar no núcleo central, beneficiando sobretudo as elites urbanas e dificultando o desenvolvimento efetivo das regiões periféricas.

O estudo, baseado em metodologia qualitativa e revisão bibliográfica, permitiu compreender como decisões de planejamento, fatores econômicos e processos sociais interagiram na formação da cidade. Observa-se que o crescimento populacional e a ocupação desigual reforçaram a hierarquização espacial, tornando Belo Horizonte um exemplo de como o urbanismo planejado pode reproduzir exclusões sociais.

Referências

AGUIAR, Tito Flávio Rodrigues de. **Vastos subúrbios da nova capital: formação do espaço urbano na primeira periferia de Belo Horizonte**. 2006. Tese (Doutorado em História) — Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo



Horizonte, 2006.

ARREGUY, Cíntia Aparecida Chagas; RIBEIRO, Raphael Rajão. **História de Bairros de Belo Horizonte**: Regional Barreiro. Belo Horizonte: APCBH; ACAP-BH, 2008.

DINIZ, Luciano dos Santos.; VÉRAS, Mauro Pardini Bicudo. Reestruturação metropolitana e dinâmicas imobiliárias: transformações recentes na Região Administrativa Venda Nova de Belo Horizonte-MG. **Cadernos Metrópole**, v. 21, n. 44, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cm/a/KWy7938whXHwg586qJ8fC8C/abstract/?lang=pt>.

MONTEIRO, Livia de Oliveira. **Meio urbano, suas vocações e suas regras**: atividades terciárias e instrumentos de organização em busca do desenvolvimento do território de Belo Horizonte. 2017. 198 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

FERNANDES, Patrícia Capanema Alvares Fernandes. A fundação de Belo Horizonte: ordem, progresso e higiene, mas não para todos. **Caderno Metrópole**., São Paulo, v. 23, n. 52, pp. 1061-1084, set/dez 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cm/a/rwshbpmkVHZtLnr5xJ84rx/abstract/?lang=pt>.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2002.

GUIMARÃES, Marcos Vinicius Teles. Impacto urbanístico na paisagem: Belo Horizonte, 1891-1897. **Cidades, Comunidades e Territórios**, São João Del-Rei, v. 25, n. 1, 2012. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/RCAP_f751f5869475546b6c34444b02ddc462.

GOUVÊA, Maria Cristina Soares.; NICÁCIO, Karina. Escolarização e territorialidade na cidade republicana: Belo Horizonte (1897-1912). **História da Educação**, v. 21, n. 51, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/heduc/a/mrSstGfFxcVScHD3NtD69PL/>.

SANTOS, Jessica dos. **Regionais de Belo Horizonte em 2024** [mapa]. Belo Horizonte, 2024.

PASSOS, Daniela Oliveira Ramos. A formação urbana e social da cidade de Belo Horizonte: hierarquização e estratificação do espaço na nova Capital mineira. **Temporalidades**, v. 1, n. 2, p. 37-52, 2009.

PASSOS, Daniela Oliveira Ramos dos. A construção da cidade de Belo Horizonte e a formação educacional das classes trabalhadoras (1893-1930). **Cadernos de Pesquisa: Pensamento Educacional**, v. 15, n. 40, p. 104-120, 30 jul. 2020.



VI SIMPÓSIO DE MODELAGEM
DE SISTEMAS AMBIENTAIS E
GESTÃO DA PAISAGEM

I SIMPÓSIO DE ESTUDOS
TERRITORIAIS



“O território em disputa: perspectivas e
possibilidades analíticas”

TERRITÓRIO E MEMÓRIA NA ZONA DA MATA MINEIRA: A Colônia de São Firmino e sua identidade quilombola

Edinaldo Lumonte dos Santos ¹

Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar a formação da Colônia de São Firmino, localizada no município de Ewbank da Câmara (MG), compreendendo-a como resultado de um longo processo histórico e territorial marcado pela expansão do Caminho Novo, pelo ciclo do café e pela presença negra na Zona da Mata mineira. A partir de revisão bibliográfica e análise de registros históricos, busca-se evidenciar como a comunidade se consolidou enquanto um território tradicional, estruturado em práticas de solidariedade, uso coletivo da terra e manutenção de vínculos culturais e espirituais com o espaço. Entende-se que a Colônia de São Firmino expressa as permanências e resistências da população negra rural, sendo possível identificá-la como uma comunidade quilombola em sua essência social, histórica e territorial.

Palavras-chave: território tradicional; geografia histórica; comunidades negras rurais; memória coletiva; resistência cultural.

Abstract

This study aims to analyze the formation of the Colônia de São Firmino, located in the municipality of Ewbank da Câmara (MG), understanding it as the result of a long historical and territorial process marked by the expansion of the *Caminho Novo* (New Road), the coffee cycle, and the presence of Black populations in the Zona da Mata region of Minas Gerais. Based on a bibliographic review and the analysis of historical records, the research seeks to highlight how the community consolidated itself as a traditional territory, structured around practices of solidarity, collective land use, and the preservation of cultural and spiritual ties to space. The Colônia de São Firmino embodies the persistence and resistance of the rural Black population, making it possible to identify the community as quilombola in its social, historical, and territorial essence.

Keywords: traditional territory; historical geography; rural Black communities; collective memory; cultural resistance.

Introdução

Este estudo tem por objetivo analisar a conformação histórica e territorial da Colônia de São Firmino (Ewbank da Câmara-MG), compreendendo-a como resultado de processos de longa duração vinculados ao Caminho Novo, à cafeicultura e à presença negra na Zona da Mata. Suas origens, no final do século XIX, estão na doação de terras pelo major Firmino Antunes de Cerqueira (Brasil, 1894), que permitiu a formação de um núcleo majoritariamente negro no pós-abolição (Oliveira, 2018).

Para Oliveira (2018), a Colônia consolidou-se como um espaço de solidariedade e pertencimento, onde o vínculo com a terra era produtivo, simbólico e espiritual, características mantidas mesmo após o reassentamento forçado pela represa de Chapéu D'Uvas na década de

¹Mestrando em Geografia, UFJF, edinaldo.lumonte@estudante.ufjf.br



1980. Compreender seu surgimento exige, portanto, revisitar a formação regional desde o século XVIII, um percurso marcado pela concentração fundiária e pela exploração da mão de obra escravizada (Guimarães, 2006), contexto que torna a Colônia um marco de resistência e continuidade cultural.

Metodologia

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, de caráter histórico-descritivo, utilizando-se principalmente de revisão bibliográfica e análise documental, com o auxílio da interpretação cartográfica. A revisão da literatura buscou levantar os conceitos fundamentais sobre a formação territorial da Zona da Mata mineira, a presença da população negra no campo e as concepções de identidade quilombola. Para isso, foram analisados trabalhos clássicos e recentes sobre:

- Geografia histórica e formação do Caminho Novo (Dilly, 2004; Fazolatto, 2004; Machado, 2023);
- Escravidão, pós-abolição e comunidades negras rurais (Guimarães, 2006; Gusmão, 1992);
- Identidade, territorialidade e territorialidades tradicionais (Haesbaert, 2007; Santos, 1996);
- Quilombos e modos de vida afro-brasileiros (Oliveira, 2018).

A pesquisa bibliográfica, que incluiu livros, artigos acadêmicos e documentos digitais, focou em identificar categorias como território, memória, pertencimento, pós-abolição e resistência negra. Paralelamente, foram analisados documentos históricos sobre a Colônia de São Firmino, como registros de doação de terras, inventários, reportagens de jornal e dossiês anteriores:

- Registros de doação de terras (Brasil, 1894);
- Inventário patrimonial de Firmino Antunes de Cerqueira;
- reportagens do jornal *O Pharol*;
- informações registradas em dossiês e pesquisas acadêmicas prévias (Oliveira, 2018).

A carta índice produzida no estudo foi utilizada como instrumento de apoio à análise territorial. A partir dela, buscou-se:

- Localizar espacialmente a antiga Colônia, o cemitério e as áreas hoje submersas pela represa de Chapéu D'Uvas;
- Articular evidências históricas e geográficas sobre o processo de formação do território da comunidade;
- Identificar permanências simbólicas e materiais relacionadas à memória coletiva.

Os resultados da revisão bibliográfica e da análise foram integrados por meio de uma leitura interpretativa, conectando os conceitos teóricos às evidências históricas em três eixos: a formação do Caminho Novo e a ocupação regional, a criação da Colônia de São Firmino e o surgimento da Comunidade Quilombola.



1. A formação regional: do Caminho Novo ao ciclo do café

A formação da Zona da Mata mineira vinculou-se ao Caminho Novo no século XVIII, rota entre Rio de Janeiro e Vila Rica que, ao encurtar o trajeto do ouro, estimulou o surgimento de povoados (Dilly, 2004; Fazolatto, 2004). Dedicada inicialmente ao abastecimento minerador, a ocupação evoluiu para economia de subsistência e depois agrícola (Silva, 2022), com o atual território de Juiz de Fora, Ewbank da Câmara e Santos Dumont integrando a freguesia de Chapéu D'Uvas, subordinada a Barbacena desde 1791, evidenciando sua centralidade regional (Machado, 2023).

No século XIX, o declínio da mineração deu lugar ao café, ciclo que promoveu enriquecimento e consolidou a grande propriedade com mão de obra escravizada (Machado, 2023). Conforme Guimarães (2006), o café moldou a paisagem e relações sociais até 1888. A abolição, porém, não garantiu aos libertos acesso à terra ou autonomia, mantendo muitos como meeiros, agregados ou assalariados, enquanto outros formaram comunidades rurais negras mediante alianças e doações (Gusmão, 1992), caso da Colônia de São Firmino, constituída nas proximidades de Chapéu D'Uvas, onde residia o major Firmino Antunes de Cerqueira, proprietário e liderança local (Brasil, 1894; Oliveira, 2018).

2. Chapéu D'Uvas e a formação da Colônia de São Firmino

Chapéu D'Uvas, originalmente Nossa Senhora do Engenho do Mato, teve papel central na estruturação da Zona da Mata, atuando como ponto estratégico do Caminho Novo e como freguesia de vasta extensão territorial, que abrangia Tabuões, atual Ewbank da Câmara, João Gomes, hoje Santos Dumont, e São Firmino (Machado, 2023). Foi nesse contexto que o major Firmino Antunes de Cerqueira doou parte de suas propriedades a famílias negras libertas, gesto que consolidou a Colônia de São Firmino, incluindo a capela, símbolo de identidade coletiva e espiritualidade (Brasil, 1894). As relações de trabalho, o cultivo da terra e as festividades religiosas fortaleceram uma forma tradicional de existência baseada no uso comunitário do território e na valorização da ancestralidade (Oliveira, 2018).

A carta índice (Figura 1) evidencia essa conexão espacial, mostrando a localização da Colônia, sua proximidade com Chapéu D'Uvas e o antigo cemitério. Este, situado às margens da represa, é o único vestígio visível da primeira sede comunitária, hoje submersa, constituindo um marco material de memória e permanência simbólica do território negro na região. Registros do inventário de Firmino Antunes e notícias do jornal *O Pharol* atestam sua atuação política em Chapéu D'Uvas, reforçando o vínculo entre a formação da colônia e a dinâmica territorial da freguesia. Esse processo corrobora a observação de Gusmão (1992) sobre a origem de tais comunidades em doações e alianças pós-abolição, que reproduziam práticas de coletividade, ajuda mútua e pertencimento essenciais à identidade quilombola.



CARTA ÍNDICE DE LOCALIZAÇÃO DA COLÔNIA DE SÃO FIRMINO (EWBANK DA CÂMARA - MG)

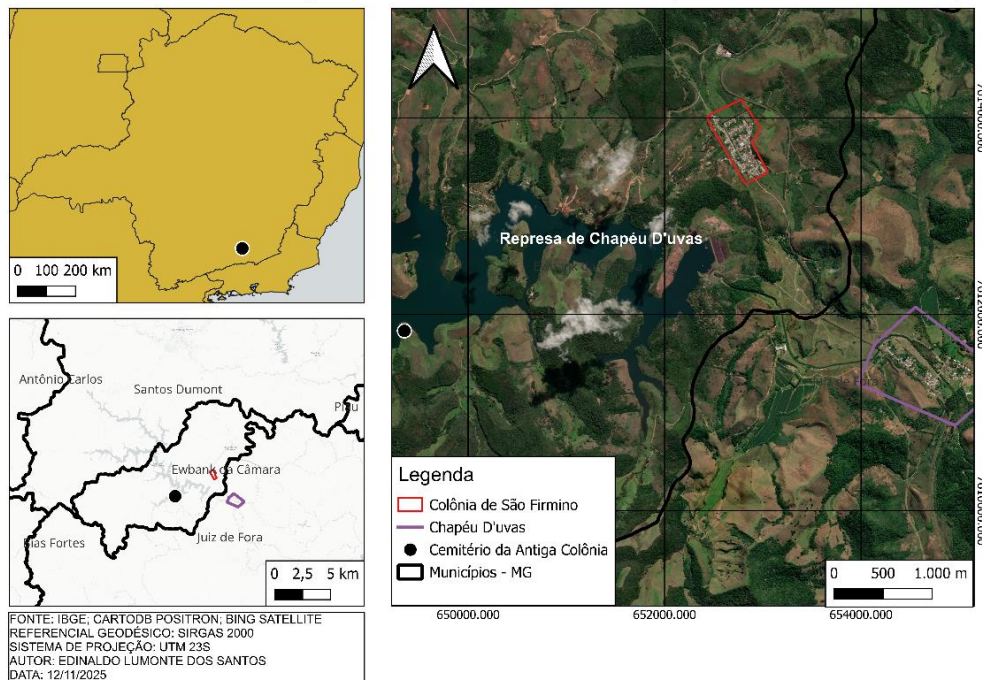


Figura 1 - Carta Índice de Localização da Colônia de São Firmino (Ewbank da Câmara - MG)
Fonte: Elaboração própria (Santos, 2025)

3. Comunidade quilombola e forma tradicional de existência

A Colônia de São Firmino constitui-se como comunidade de base quilombola não só pelo predomínio populacional negro, mas por suas relações de reciprocidade e respeito à terra. Conforme Oliveira (2018, p. 107), "o modo em que utilizam a terra, o respeito aos elementos da natureza e às divindades demonstram uma relação afro-brasileira profunda com o território". Essa relação configura o que Haesbaert (2007) conceitua como territorialidade múltipla, transcendendo a posse material para abranger dimensões simbólicas, afetivas e culturais que fortalecem a memória coletiva. Nessa perspectiva, a Colônia exemplifica a lógica local de Santos (1996), produzindo território mediante relações cotidianas de resistência à desterritorialização imposta por grandes projetos. Sua permanência, inclusive após o reassentamento pela Represa de Chapéu D'Uvas, evidencia a capacidade de reinvenção sem ruptura com suas raízes.

Considerações Finais

A formação da Colônia de São Firmino integra uma dinâmica histórica mais ampla de escravidão, abolição, exclusão e resistência. A comunidade personifica a continuidade da presença negra na Zona da Mata e a afirmação de uma territorialidade que desafia o esquecimento. Reconhecê-la como comunidade quilombola em essência reforça a necessidade de políticas que valorizem tais espaços não como meras heranças, mas como territórios vivos



de memória e cultura. Como território tradicional, a Colônia de São Firmino evidencia o poder da geografia em revelar permanências históricas e a força de comunidades que persistem em existir e resistir coletivamente.

Referências

BRASIL. ARQUIVO HISTÓRICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. **Inventário de Firmino Antunes de Cerqueira**. 1894. Inventariante: Joana Ferreira Felesmina Cerqueira. Fundo Benjamin Colucci, Caixa 276, ID 1290. Juiz de Fora, MG. Documento digitalizado (Arquivo Histórico da UFJF).

MACHADO, PEDRO JOSÉ DE OLIVEIRA. **Formação e ordenamento territorial de Juiz de Fora: um exercício de geografia histórica**. Florianópolis: Autores do Brasil, 2023.

DILLY, ROBERTO. **Origens de Juiz de Fora**. In: FUNALFA (org.). *Juiz de Fora: história, texto e imagem*. Juiz de Fora: Funalfa, 2004.

FAZOLATTO, DOUGLAS. **Juiz de Fora: primeiros tempos**. In: FUNALFA (org.). *Juiz de Fora: história, texto e imagem*. Juiz de Fora: Funalfa, 2004.

GUIMARÃES, ELIONE SILVA. **Múltiplos viveres de afrodescendentes na escravidão e no pós-emancipação: família, trabalho, terra e conflito (1828 – 1928)**. Juiz de Fora: Funalfa, 2006.

GUSMÃO, NEUSA MARIA MENDES DE. Negro e Camponês: Política e identidade no meio rural brasileiro. IN: **São Paulo em Perspectiva** (Revista da Fundação SEADE), 6 (3). S.Paulo, JU1./Set. de 1992

HAESBAERT, ROGÉRIO. **O mito da desterritorialização: do “fim dos territórios” à multiterritorialidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

OLIVEIRA, MÔNICA RIBEIRO DE. **Expansão de fronteira e elites socioeconômicas na formação de um sistema agrário-exportador**. In: FUNALFA (org.). *Juiz de Fora: história, texto e imagem*. Juiz de Fora: Funalfa, 2004.

OLIVEIRA, WILLIANA FREITAS DE. **Bacia semântica e o trajeto educativo de uma comunidade negra rural: narrativas da Colônia de São Firmino, no município de Ewbank da Câmara**. 2018. 129 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

SANTOS, MILTON. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 1996.

SILVA, DAYANA DE OLIVEIRA DA. Tráfico e traficantes: breves considerações acerca das companhias mercadoras de escravizados que atuaram em Juiz de Fora (MG) na segunda metade do século XIX. **Ars Historica**, n. 23, p. 290-311, 2022.



ANAIIS DO VI SIMPÓSIO DE MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS E GESTÃO DA PAISAGEM E I SIMPÓSIO DE ESTUDOS TERRITORIAIS

EIXO II - PLANEJAMENTO, ORDENAMENTO E GESTÃO TERRITORIAL

MONITORAMENTO DO USO PÚBLICO EM TRILHAS DE ECOTURISMO COM INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA VOLUNTÁRIA (VGI): Estudo de caso no Parque Nacional da Serra do Gandarela, MG	35
O DESMATAMENTO PRODES COMO CRITÉRIO DE MONITORAMENTO DE FORNECEDORES DE GADO NO BIOMA AMAZÔNICO	41
SETORES CENSITÁRIOS AFETADOS POR BARRAGENS NA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, EM MINAS GERAIS	46

Patrocínio:



Organização:





MONITORAMENTO DO USO PÚBLICO EM TRILHAS DE ECOTURISMO COM INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA VOLUNTÁRIA (VGI): Estudo de caso no Parque Nacional da Serra do Gandarela, MG

Daniel Augusto Rodrigues Barreto¹, Vagner Braga Nunes Coelho²

Resumo

O ecoturismo vem recebendo destaque, mas há o desafio de garantir a sustentabilidade do uso público em unidades de conservação diante da sobrecarga de atrativos. O objetivo deste trabalho foi investigar a distribuição espacial e a densidade das trilhas no Parque Nacional da Serra do Gandarela (PNSGa). Para atingi-lo, realizou-se a modelagem de um banco de dados geográficos com dados de Volunteered Geographic Information (VGI) do Wikiloc, obtidos via web scraping. A avaliação da intensidade do uso turístico ocorreu por estimativa de densidade Kernel para linhas. Posteriormente, extraíram-se estatísticas zonais sobrepostas por polígonos de Voronoi gerados a partir de 58 atrativos. A análise de autocorrelação espacial (LISA) demonstrou clusters de alta e baixa densidade para diferentes tipos de trilhas. Os resultados indicaram que Rio Acima, Nova Lima, Caeté e Raposos figuram com as maiores médias, influenciados pela proximidade de manchas urbanas. Observa-se uso intenso em atrativos de Rio Acima e moderado em Itabirito, enquanto Santa Bárbara e Ouro Preto apresentam uso incipiente. Os resultados corroboram que há áreas muito pressionadas pelo ecoturismo na região.

Palavras-chave: Ecoturismo; Informação Geográfica Voluntária (VGI); Web scraping; Estimativa de Densidade Kernel; Autocorrelação Espacial.

Abstract

Ecotourism has been gaining prominence, but there is a challenge in ensuring the sustainability of public use in conservation units facing the overload of attractions. The objective of this dissertation was to investigate the spatial distribution and density of trails in the Serra do Gandarela National Park (PNSGa). To achieve this, a geographic database was modeled with Volunteered Geographic Information (VGI) data from Wikiloc, obtained via web scraping. The assessment of tourist use intensity was performed using Kernel density estimation for lines. Subsequently, zonal statistics were extracted, overlaid by Voronoi polygons generated from 58 attractions. Spatial autocorrelation analysis (LISA) demonstrated high and low-density clusters for different types of trails. Results indicated that Rio Acima, Nova Lima, Caeté, and Raposos figure with the highest averages, influenced by the proximity of urban areas. Intense use is observed in Rio Acima's attractions and moderate use in Itabirito, while Santa Bárbara and Ouro Preto present incipient use. The results corroborate that there are areas under significant pressure from ecotourism in the region.

Keywords: Ecotourism; Volunteered Geographic Information (VGI); Web scraping; Kernel Density Estimation; Spatial Autocorrelation.

¹ Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, contato barretod375@gmail.com

² Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela UFRJ, docente pela UFMG, contato vagnercoelho@hotmail.com



Introdução

Ainda que sejam de reconhecida relevância, o uso público de Unidades de Conservação (UC) como os Parques Nacionais no Brasil sofre com limitações no planejamento e estrutura para receber os visitantes e manejar adequadamente sua visitação, especialmente em parques carentes de plano de manejo. Um caso do gênero se situa nas proximidades de Belo Horizonte (MG). No limite entre a Serra do Espinhaço e o Quadrilátero Ferrífero, encontra-se o Parque Nacional da Serra do Gandarela, no qual o ecoturismo ocorre há mais de 40 anos e de forma desorganizada, apesar da criação do parque ter se dado apenas em 2014 (Brasil, 2014; Baggio, 2021).

O monitoramento da visitação, para que os atributos naturais do parque sejam devidamente protegidos, é necessário e deve dispor de diferentes meios para sua realização, sob risco de que o turismo se desenvolva de maneira predatória (Da Mota e Pickering, 2020; Norman e Pickering, 2017; Campelo e Mendes, 2016). Pode-se, portanto, levantar as seguintes questões: Tomando-se a região do Parque Nacional da Serra do Gandarela como estudo de caso, como se pode avaliar o ecoturismo ali praticado? Além disso, como realizar essa avaliação empiricamente, de maneira objetiva e menos custosa do que verificação em campo?

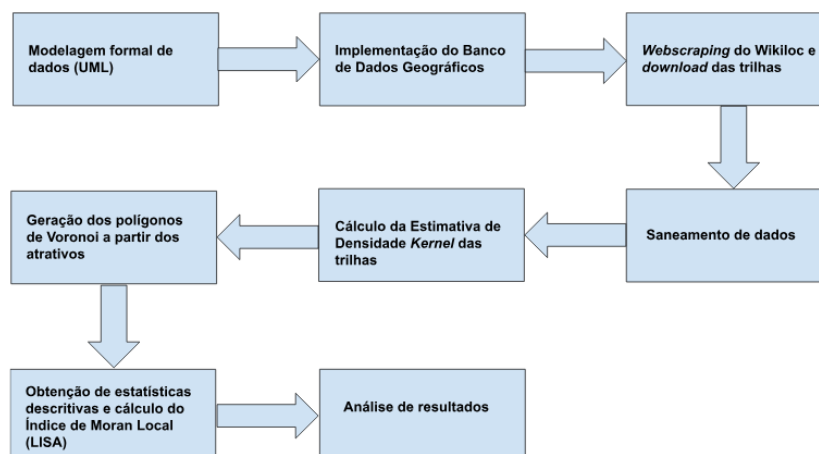
O objetivo geral da presente dissertação foi investigar a distribuição espacial e a densidade das trilhas no Parque Nacional da Serra do Gandarela. O objetivo secundário foi analisar os fatores que influenciam a criação e manutenção dessas trilhas, como pontos de interesse naturais.

Materiais e Métodos

O Parque Nacional da Serra do Gandarela é um PARNA criado em 2014. Está localizado no Estado de Minas Gerais, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). A área total do parque é de 31.270 hectares, a qual abrange os municípios de Caeté, Santa Bárbara, Nova Lima, Raposos, Ouro Preto, Itabirito e Rio Acima. Está localizado no Quadrilátero Ferrífero e em parte da porção Sul da Serra do Espinhaço. É composto por rios, cachoeiras, córregos, serras e diversidade faunística, florística e florestal, atrativos com potencial ecoturístico notável. O relevo da Serra do Gandarela apresenta notável geodiversidade, com grande ocorrência de cavidades, além de se dispor em patamares com litologias de diferentes resistências ao intemperismo, favorecendo a ocorrência de quedas d'água (Brasil, 2014).

O trabalho foi desenvolvido seguindo uma série de etapas, conforme representado na Figura 1:

Figura 1: Fluxograma da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor

A obtenção de dados se deu a partir do site Wikiloc. Como se trata de um grande volume de dados, foi necessário realizar um *web scraping* utilizando o pacote RSelenium. Foi realizado o download sistemático e raspagem de dados de todas as trilhas que correspondiam aos resultados da busca pelo termo "Serra do Gandarela". Gerou-se um arquivo no formato Geopackage (gpkg) com 1412 instâncias; dessas, resultaram 1263 trilhas após limpeza, dado que algumas trilhas correspondiam a uma Serra do Gandarela homônima em Portugal. As trilhas foram dispostas em três categorias, a saber: a pé, motorizada e tração humana.

Na fase de Análise Espacial, foi utilizada uma ferramenta nativa do software QGIS, denominada Line Density para calcular a Estimativa de Densidade Kernel. Optou-se por um raio (largura de banda) correspondente a 100 metros, bem como um tamanho de pixel de 50 metros, haja vista a extensão regional da área de estudo.

Foram gerados polígonos de Voronoi a partir de 58 atrativos, incluindo cachoeiras e mirantes obtidos por mapeamento próprio e pelo site Trilhas Perdidas (2023). A partir da ferramenta de Estatísticas Zonais, foram obtidas a média e o desvio-padrão das densidades para todos os polígonos. Com o software GeoDa, usualmente empregado para testes de autocorrelação espacial (Anselin, 2020), calculou-se o índice de Moran local univariado para os polígonos gerados. A matriz de contiguidade escolhida foi do tipo rainha, com vizinhança de primeira ordem.

Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta A) um mapeamento do uso e cobertura do solo na região de estudo no ano de 2021, B) a densidade Kernel das trilhas, C) os polígonos de Voronoi gerados a partir dos atrativos e D) o teste de autocorrelação espacial, com a significância estatística, das médias de densidade nos polígonos dos atrativos. O uso da ferramenta de densidade de linha permitiu calcular a KDE na região do parque. Toda porção noroeste do parque apresenta uma maior densidade, a qual abrange os municípios de Rio Acima, que apresenta as superfícies de densidade com maior valor, e Nova Lima. Os resultados demonstraram que os municípios de



Rio Acima, Nova Lima, Caeté e Raposos figuram com as maiores médias de densidade, além de Itabirito, que conta com uma das maiores densidades em alguns tipos de trilhas, como motorizadas e com veículos por tração humana.

Particularmente nos casos de Rio Acima, Raposos e Nova Lima, um fator que contribui para isso é a proximidade das manchas urbanas dos municípios para com o PNSGa. De modo geral, um padrão que se repete entre os municípios com uso mais intenso, é a proximidade de áreas urbanizadas com relação ao parque. Rio Acima, Raposos e Nova Lima apresentam, respectivamente, 11,30%, 19,31%, e 30,65% da classe de área urbanizada na área de estudo (MapBiomias, 2022).

A superfície Kernel para as trilhas de veículos motorizados revela uma maior distribuição das densidades ao longo do parque. Pode-se observar que há uma densidade relativamente mais elevada na porção centro-norte do parque, onde está situada a sinclinal Gandarela e que corresponde, majoritariamente, ao município de Santa Bárbara.

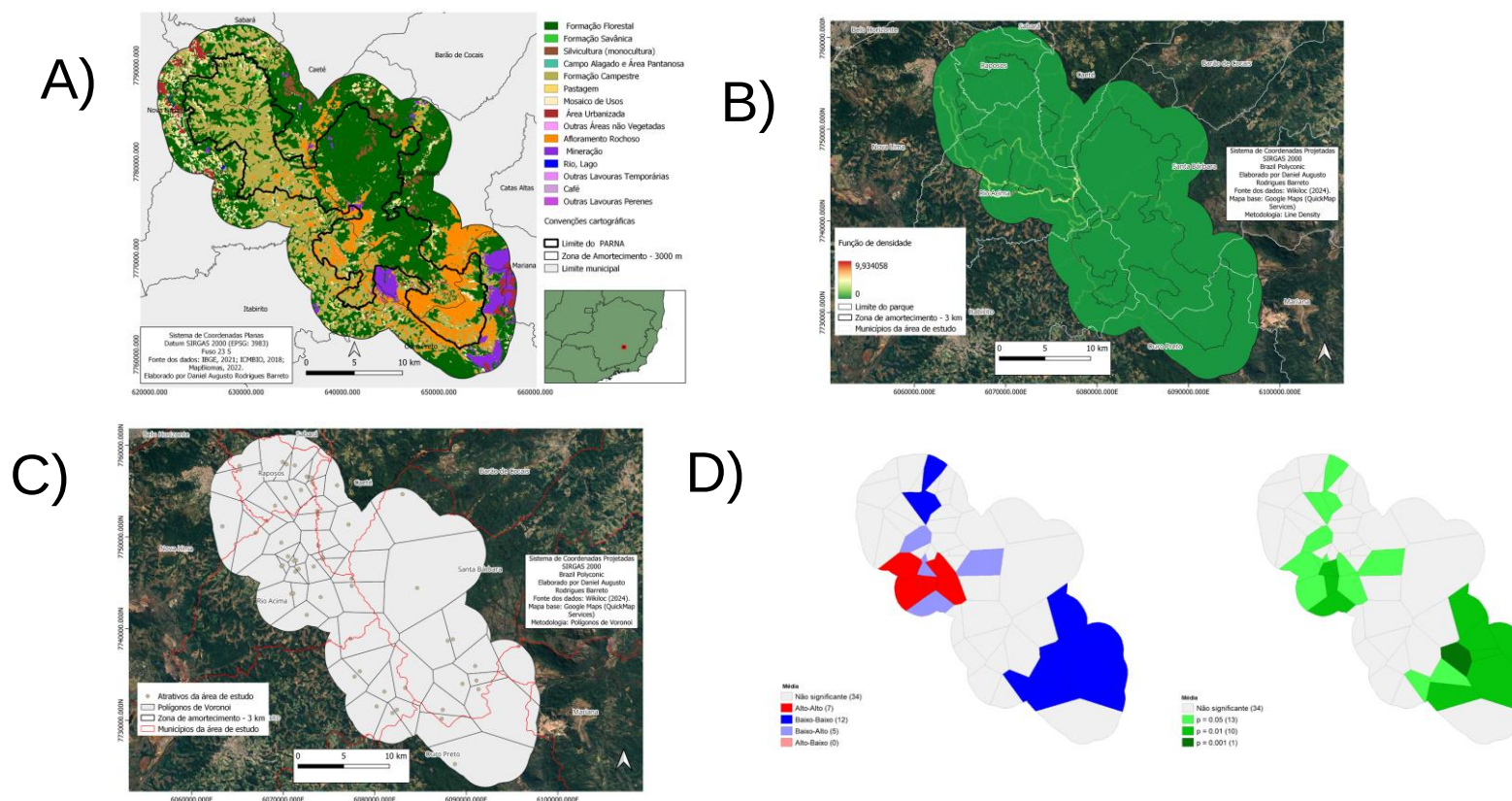
Os resultados dão conta de que as cachoeiras Tinta Roxa, do Viana, do Índio (todas em Rio Acima), da Chica Dona (entre Rio Acima e Itabirito), bem como os mirantes da Serra do Gandarela (Rio Acima) e 360 formam um extenso *cluster* alto-alto. Outros municípios que se encontram na categoria de uso intenso são Nova Lima, Caeté, Raposos e Itabirito.

Na porção sudeste do parque, em área que corresponde aos municípios de Itabirito, Ouro Preto, Mariana e Santa Bárbara, há um extenso *cluster* de valores baixo-baixo, o que corresponde ao uso público incipiente. Os municípios de uso público incipiente são Santa Bárbara e Ouro Preto. Silva *et al.* (2022) justifica os motivos pelos quais o município de Santa Bárbara apresenta um uso público incipiente: nele, está situada a Sinclinal Gandarela, cujo interior conta com um expressivo fragmento de Mata Atlântica.

Observou-se um uso intenso em atrativos situados, principalmente, no município de Rio Acima, próximo a cachoeiras e mirantes. Dentre os atrativos listados, as cachoeiras do Viana e do Índio, situadas em Rio Acima e no *cluster* alto-alto, são abordadas em Silva *et al.* (2022) como atrativos muito pressionados, com sobrecarga de visitação.



Figura 2: A) Uso e cobertura do solo na região de estudo em 2021; B) Densidade das trilhas na área de estudo; C) Polígonos de Voronoi no entorno dos atrativos; D) Teste de autocorrelação espacial e significância estatística para a média de densidade nos polígonos de Voronoi



Fonte: elaborado pelo autor.



Este trabalho apresenta o potencial de servir como instrumento de gestão, pois se o ecoturismo não estiver sendo sustentável com base nos critérios levantados, pode demandar intervenções no uso público do parque e pode influenciar na elaboração do plano de manejo da UC, o qual ainda se encontra em elaboração e deve considerar as áreas com visitação mais intensa. Os resultados convergiram com o estudo de Silva *et al.*, 2022 realizado para a área, corroborando que há municípios e atrativos que, de fato, são muito ou pouco pressionados pelo ecoturismo na região.

O método de densidade Kernel permite uma verificação visual da concentração de trilhas em determinadas porções da área de estudo, possibilitando a identificação de *hotspots* e *coldspots*. A análise de autocorrelação espacial demonstrou a ocorrência de clusters ao longo da área de estudo, para diferentes tipos de trilhas. A análise desvelou um aspecto que não foi previsto entre as hipóteses, como a associação entre a proximidade dos centros urbanos dos municípios com áreas e atrativos mais pressionados pela visitação. No que tange às políticas públicas, o presente trabalho pode fornecer embasamento científico para a definição de zonas da Unidade de Conservação, de modo que as normas de uso possam limitar certas práticas, como a realização de práticas com veículos *off-road* e *motocross*, notadamente na proximidade de cachoeiras, pelo risco de assoreamento.

Referências

- ANSELIN, L. **Local indicators of spatial association (LISA)**. 2020. Disponível em: https://geodacenter.github.io/workbook/6a_local_auto/lab6a.html#fn1. Acesso em: 15 nov. 2024.
- BRASIL. Decreto de 13 de outubro de 2014. **Declara a Serra da Gandarela como Área de Proteção Ambiental**. Diário Oficial da União, 2014.
- BAGGIO, Luiza. Projeto Eco Águas une preservação ambiental ao ecoturismo na Serra do Gandarela. **Comitê de Bacia Hidrográfica Rio das Velhas**, 30 jul. 2021. Disponível em: <https://cbhvelhas.org.br/novidades/projeto-eco-aguas-une-preservacao-ambiental-ao-ecoturismo-na-serra-do-gandarela/>. Acesso em: 23 mai. 2022.
- CAMPELO, M. B.; MENDES, R. M. N. Comparing webshare services to assess mountain bike use in protected areas. **Journal of Outdoor Recreation and Tourism**, v. 15, p. 82-88, 2016.
- DA MOTA, V. T. da; PICKERING, C. Using social media to assess nature-based tourism: Current research and future trends. **Journal of Outdoor Recreation and Tourism**, v. 3, 2020.
- NORMAN, P.; PICKERING, C. M. Using volunteered geographic information to assess park visitation: Comparing three on-line platforms. **Applied Geography**, v. 89, p. 163-172, 2017.
- SILVA, E. H. P. da et al. O uso público no Parque Nacional da Serra do Gandarela: diagnóstico, desafios e potencialidades. **Revista Geografias**, v. 18, n. 2, p. 108-127, 2022.



O DESMATAMENTO PRODES COMO CRITÉRIO DE MONITORAMENTO DE FORNECEDORES DE GADO NO BIOMA AMAZÔNICO

Guilherme Gomes Aquino¹, Karine Helena de Moura²

Resumo

Este estudo analisa a eficácia do limiar de 6,25 ha utilizado pelo Ministério Público Federal (MPF), para monitorar fornecedores de gado no bioma Amazônia, com base nos dados do PRODES/INPE. O objetivo central é propor e avaliar novos limiares de desmatamento, quantificando seu impacto na identificação de imóveis rurais irregulares. A metodologia consistiu no cruzamento de dados de incremento de desmatamento do PRODES (2008-2025) com a base de imóveis do SICAR, analisando cinco cenários: o critério atual do MPF; ausência de filtro; filtros de 6,25 ha e 1 ha por imóvel; e um critério proporcional ao tamanho da propriedade. Os resultados revelam que o cenário atual deixa de considerar 59.544 imóveis (5,7% do total) que possuem desmatamento entre 1 e 6,25 ha. A adoção de um limiar de 1 ha (Cenário 4) aumentaria em 39,33% o número de imóveis considerados inaptos, acrescentando 34 mil hectares à área desmatada monitorada, área superior à do município de Belo Horizonte. Conclui-se que a manutenção do limiar de 6,25 ha, apesar dos avanços técnicos que permitem detectar polígonos a partir de 1 ha, cria uma lacuna significativa na fiscalização, subestimando o desmatamento de menor escala, incentivando a fragmentação ilegal da floresta e representando um risco para a credibilidade da cadeia pecuária nacional.

Palavras-chave: Limiar de desmatamento, Pecuária sustentável, Política ambiental.

Abstract

This study analyzes the effectiveness of the 6.25-ha threshold used by the Federal Public Ministry (MPF) to monitor cattle suppliers in the Amazon biome, based on PRODES/INPE data. The main objective is to propose and evaluate new deforestation thresholds, quantifying their impact on identifying irregular rural properties. The methodology involved cross-referencing PRODES deforestation increment data (2008-2025) with the SICAR rural property database, analyzing five scenarios: the current MPF criterion; no filter; filters of 6.25 ha and 1 ha per property; and a criterion proportional to property size. The results reveal that the current scenario fails to account for 59,544 properties (5.7% of the total) with deforestation between 1 and 6.25 ha. Adopting a 1-ha threshold (Scenario 4) would increase the number of ineligible properties by 39.33%, adding 34 thousand hectares to the monitored deforested area—an area larger than the municipality of Belo Horizonte. It is concluded that maintaining the 6.25-ha threshold, despite technical advances that allow for the detection of polygons from 1 ha, creates a significant gap in enforcement, underestimates small-scale deforestation, incentivizes the illegal fragmentation of the forest, and poses a risk to the credibility of the national cattle industry.

Keywords: Deforestation threshold, Sustainable cattle ranching, Environmental policy.

¹ Pós-graduando em Geoprocessamento, PUC Minas, guilhermegomesaquino@gmail.com

² Pós-graduanda em Geoprocessamento, PUC Minas, karinehelena2000@hotmail.com



Introdução

A história do PRODES é dividida no que é chamado de PRODES analógico, primeira fase do projeto entre 1988 e 2000 e segunda fase pós anos 2000. Na primeira fase o projeto era desenvolvido pela técnica overlay (em papel vegetal), com sobreposições e composições coloridas de imagens de satélite na escala 1:250.000. Nesse contexto, surgiu a metodologia de delimitação de polígonos maiores que 6,25 ha (0,0625 km²), pois era o máximo que a técnica permitia. Mesmo após a evolução do geoprocessamento e a entrada na segunda fase do projeto o limiar de 6,25 ha permaneceu intacto. Segundo o INPE para manter a harmonia dos dados, porém os avanços tecnológicos e o desenvolvimento da capacidade técnica e computacional do INPE, tornaram possível a detecção de áreas desmatadas com área mínima de 1 ha. Estes polígonos começaram a ser disponibilizados a partir de 2016, e incorporados ao mapa de desmatamento quando atingem área superior à 6,25 ha (INPE, 2023).

Diante do exposto, é possível perceber que o sistema de detecção de desmatamento do PRODES vem evoluindo ao longo dos anos, o que garante uma qualidade nos dados mesmo para aqueles polígonos menores que 6,25 ha. Apesar disso o Ministério Público Federal (MPF), em seu “Protocolo de monitoramento de fornecedores de gado da Amazônia” (MPF, 2024), que define 17 critérios, sendo eles 7 de análises geoespaciais, para o monitoramento de gado neste bioma, ainda considera um imóvel apto para a venda de gado mesmo que este contenha uma área de desmatamento de até 6,24 ha. É importante ressaltar que o protocolo ainda define como parâmetro para se fazer o cálculo de desmatamento por imóvel que:

Serão desconsiderados para fins de monitoramento as manchas de desmatamento acumulado após 2008, que não atinjam o limiar de 6,25 ha, mesmo que somadas a outras não adjacentes totalizam o limiar. O filtro de fragmento de desmatamento <6.25 deverá ser aplicado anteriormente ao cruzamento com a camada do imóvel rural . (MPF, 2024)

Ou seja, o filtro de 6,25 ha é aplicado durante o processamento do dado e depois do cruzamento por imóvel, levantando as seguintes questões: Será que a aplicação desses filtros não criam uma janela de oportunidade para o desmatamento? Será que a alteração deste limiar iria refletir de forma significativa na quantidade de imóveis inaptos para a venda de gado? Surge então o objetivo do presente artigo que consiste em, propor novos limiares, quantificar a diferença de imóveis irregulares e avaliar as limitações e possibilidades em 5 cenários sendo eles:

- Cenário 1: limiar seguindo o protocolo do MPF;
- Cenário 2: sem a aplicação de filtro nenhum;
- Cenário 3: Aplicação de filtro de área total de desmatamento dentro do imóvel de 6,25 ha;
- Cenário 4: Aplicação de filtro de área total de desmatamento dentro do imóvel de 1 ha;
- Cenário 5: Levando em consideração o tamanho da propriedade (limiar já aplicado em outros critérios de avaliação geoespaciais de conformidade do imóvel aplicado pelo MPF) considerando i) para imóvel < 100 ha: área de desmatamento > 10% da área do imóvel , ii) imóvel de 100 a 499 ha: área de desmatamento > 8% da área do imóvel , iii) imóvel de 500 a 999 ha: área de desmatamento > 6% da área do imóvel , iv) imóvel de 1.000 a 2.999 ha: área de desmatamento > 4% da área do imóvel e v) imóvel >= 3.000 ha: área de desmatamento > 2% da área total do imóvel.



Por falta de divulgação de dados oficiais, com o número total de imóveis inaptos com o limiar adotado atualmente, propõe-se a utilização do “Critério 1” para fins de comparação. Além disso, por falta de dados de Guias de trânsito animal (GTA), serão considerados todos os imóveis rurais como possíveis fornecedores de gado.

Materiais e Métodos

O bioma Amazônia, no Brasil, ocupa uma área de cerca de 421 Mha, correspondentes de 49,5% de todo o território brasileiro, abrangendo nove estados, sendo eles: Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Maranhão, Tocantins e Mato Grosso. Segundo o Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil (MapBiomas), 59 Mha da Amazônia brasileira é pastagem (14%), de 1985 a 2023 essa classe de uso obteve um aumento de 363%, sendo o uso da terra que mais se expandiu no bioma durante este período. Este aumento reflete no número de cabeças de gado, atualmente o rebanho de bovinos brasileiros ultrapassa a marca de 238 milhões, e deste, 44% estão no bioma amazônico (IBGE, 2024).

Para abarcar as problemáticas elencadas no trabalho, foram utilizados bases de dados disponíveis na plataforma do Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, PRODES, são elas:

- Incremento de desmatamento do Bioma Amazônia à partir de 2008;
- Incremento anual de supressão de fitofisionomias não florestais para o bioma Amazônia;
- Incremento anual de desmatamento (polígonos com área entre 1 e 6,25 ha) para o bioma Amazônia.

Após a aquisição dos dados, os mesmos foram empilhados, filtrados para data posterior à 22/07/2008 e dissolvidos via banco de dados pgAdmin 4, para gerar os polígonos contíguos de desmatamento, que são definidos como “um ou mais polígonos de desmatamento circunvizinhos, sem qualquer tipo de espaçamento entre eles”(MPF, 2024). Com essa base tratada, realizou-se o cruzamento por imóvel. Para esta etapa foram utilizadas as bases de imóveis dos nove municípios do bioma amazônia disponibilizada pelo Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR). Para quantificar quantos imóveis seriam considerados inaptos dentro de cada cenário e fazer o cálculo de área desmatada considerada, sendo 1 seguindo o que é estabelecido hoje pelo MPF, e os outros 4 cenários propositivos, foram feitas análises separadamente com aplicação de filtros para atender aos critérios de cada cenário.

O percurso metodológico pode ser sintetizado de acordo com o fluxograma (Figura 1):

Figura 1: Fluxograma do percurso metodológico



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Resultados e Discussão



É possível identificar (Tabela 1), a partir do cruzamento entre a base de imóveis rurais e os dados do PRODES, que o critério atualmente adotado pelo MPF (cenário 1) aponta 228.513 imóveis inaptos. Quando se considera todos os imóveis com qualquer área desmatada (cenário 2), esse número sobe para 378.738 imóveis, representando um acréscimo de 65,7% em relação ao critério do MPF. Por outro lado, ao aplicar o limiar de 6,25 ha para definição de irregularidade (cenário 3), o total se mantém praticamente igual ao cenário 1 (229.222 imóveis, +0,31%). Já quando o limite é reduzido para 1 ha (cenário 4), identificam-se 318.394 imóveis, um aumento de 39,3% em relação ao cenário do MPF. Por fim, ao considerar a área dos imóveis (cenário 5), o número de imóveis inaptos cai para 151.475, uma redução de 33,7%.

Tabela 1 – Resultados do cruzamento entre base PRODES x imóveis

Cenário	Total de imóveis inaptos	Comparação com cenário 1	Total de área desmatada (Mha)	Comparação com cenário 1
1 (MPF)	228.513	—	17,44	—
2 (Tudo)	378.738	+65,74%	17,80	+2,02%
3 (filtro 6,25 ha)	229.222	+0,31%	17,48	+0,23%
4 (filtro 1 ha)	318.394	+39,33%	17,78	+1,90%
5 (considerando área do imóvel)	151.475	-33,71	11,16	-36,04%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do PRODES e SICAR (2025).

Em análise previa a diferença entre o cenário 1 e o 4, se apresenta como pouco significativa, 1,9% mas quando a observação passa para os números absolutos a diferença se mostra em 34 mil hectares, área superior a do município de Belo Horizonte (MG).

É possível observar que o cenário 5 apresentou maior diferença em área desmatada, sendo o único negativo. Isso ocorre porque, nesse critério, um imóvel de 100 ha só é classificado como inapto quando ultrapassa 10 ha de desmatamento (10% da área total), enquanto um imóvel de 3.000 ha somente é considerado irregular quando supera 60 ha (2% da área).

Esses limiares (cenário 5), comparativamente, significam um aumento da janela de desmatamento proposto pelo critério atual do MPF. Além disso, gera o questionamento sobre os outros critérios de análise geoespacial do órgão, como o de sobreposição com Terra indígena (TI) entre outros.

Os dados descritos na tabela mostram uma lacuna significativa no sistema de controle de desmatamento, embora possa se argumentar que a área individual de cada polígono é pequena em uma escala acumulativa esses contingentes são significativos. Esse desmatamento que está sendo ignorado sob a metodologia atual representa uma brecha nas políticas de preservação ambiental, permitindo que agentes desmatem sem nenhuma consequência.

Outro ponto de discussão é que esses polígonos que estão sendo ignorados pode esta infectando em cadeia a legalidade produtiva, produtores que estão sendo considerados aptos para comercialização de gado na prática ainda esta associados a supressão vegetal, essa é uma forma de enganar os consumidores, investidores e até as agências de regulação internacional que estão acreditando na comercialização limpa e livre de desmatamento mas na realidade está comprando produtos que fazem parte dessa parcela ignorada.

Por fim, o MPF, por meio do seu Protocolo, acaba por moldar um comportamento, aplicando restrições financeiras para aqueles que não o cumprirem, sendo portanto importante



para a preservação do meio ambiente e a continuidade do limiar de 6,25 ha mostra uma inércia normativa perante o avanço tecnológico. De fato a metodologia é justificável, pela necessidade de se manter a série histórica, porém a capacidade técnica do INPE evolui os sistemas de informações geográficas permitem atualmente a detecção confiável dos polígonos a partir de 1 ha, a manutenção dessa metodologia representa a inefetividade das ações de preservação ambiental, uma lacuna muito significativa em uma política que não deve abrir brechas para tal. A existência de dezenas de milhares de imóveis nesta situação não apenas representa um passivo ambiental não contabilizado, mas também um risco reputacional para a cadeia da pecuária brasileira.

Referências

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Bovinos (Bois e Vacas) - Tamanho do rebanho (2024). IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br> Acesso em: 9 out. 2025

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Disponibilização dos polígonos de desmatamento com área entre 1 e 6,25 ha detectados pelo PRODES no bioma Amazônia. São José do Campos: inpe, 2023. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/download/terrabrasilis/technicalnotes/nota_tecnica_poligonos_entre_1_e_625_ha.pdf Acesso em 7 out. 2025:

MPF - Ministério Público Federal. Diretrizes para o Atendimento ao Protocolo de Monitoramento de Fornecedores de Gado da Amazônia 2.0. MPF, 2024. Disponível em: <https://www.boinalinha.org/wp-content/uploads/2025/03/Protocolo-Monitoramento-Gado-2ponto0-w5111720-ALT22-WEB.pdf> Acesso em: 8 out. 2025

MPF - Ministério Público Federal. Protocolo de Monitoramento de Fornecedores de Gado na Amazônia 2.0 . MPF, 2024. Disponível em: https://www.boinalinha.org/wp-content/uploads/2025/03/DIRETRIZES-PARA-O-ATENDIMENTO-AO-PROTOCOLO-DE-MONITORAMENTO-DE-FORNECEDORES-DE-GADO-DA-AMAZONIA-2.0_alt1.pdf Acesso em: 8 out. 2025

Projeto MapBiomas - Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil - Coleção 9. Destaques do Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra BIOMA AMAZÔNIA. MapBiomas, 2024. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/10/Factsheet-Amazonia_C9_01.10_v2.pdf Acesso em: 9 out 2025



SETORES CENSITÁRIOS AFETADOS POR BARRAGENS NA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, EM MINAS GERAIS

Pedro Henrique Reis¹, Henrique Rocha Ribeiro²

Resumo

Em situações de ruptura de barragem, a resposta emergencial costuma se concentrar nas áreas de delimitação da mancha de inundação. Entretanto, a experiência recente e a Resolução da Agência Nacional de Mineração nº 220/2025 mostram que a área efetivamente afetada é mais ampla. Este trabalho investiga quais setores censitários estão mais afetados na região do Quadrilátero Ferrífero no estado de Minas Gerais, considerando não apenas a extensão de sua área inundada, mas também sua potencial vulnerabilidade expressa pela população total residente e quantidade de residências. Para isso, são integrados, os polígonos das Zona de Autossalvamento, a malha de setores censitários do IBGE 2022 e dados de população. Para cada setor, calcula-se o percentual de área afetada e constrói-se uma variável ordinal de “grau de afetação” (não afetado, parcialmente afetado, afetado). Em seguida, ajusta-se um modelo de regressão logística ordinal relacionando o grau de afetação à área inundada, à população total no setor censitário e ao número de residências. Os resultados esperados incluem mapas de probabilidade de afetação e um ranking de setores mais vulneráveis, oferecendo subsídios para priorização territorial, comunicação de risco e planejamento de ações de resposta no contexto do Quadrilátero Ferrífero.

Palavras-chave: Quadrilátero Ferrífero, Barragem de Mineração, ZAS, Setores Censitários.

Abstract

Dam failure response strategies typically focus on the mapped flood extent; however, recent events and Resolution nº 220/2025 of the Agência Nacional de Mineração highlight that the truly affected area can be considerably broader. This study analyzes which census tracts within the Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brazil) are most impacted, considering not only the proportion of inundated area but also socioeconomic vulnerability expressed by total population and number of households. We integrate Zona de Autossalvamento polygons, the 2022 IBGE census tract grid, and demographic data to calculate the percentage of affected area and build an ordinal “degree of impact” variable (unaffected, partially affected, affected). An ordinal logistic regression model relates this degree of impact to inundated area, population, and households. The expected outcomes include probability maps and a vulnerability ranking of census tracts, supporting territorial prioritization, risk communication, and emergency planning in the Quadrilátero Ferrífero.

¹ Cientista Socioambiental, Especializando em Estatística Computacional Aplicada, UFMG, Pedro.tecnicoambiental@hotmail.com

² Geógrafo, henriquergeo@yahoo.com.br



Introdução

A mineração, por sua natureza, transforma profundamente os territórios, gerando disputas pelo uso do solo, acesso a recursos e definição de políticas públicas. Esses conflitos não se limitam ao aspecto econômico, mas envolvem dimensões sociais, ambientais e regulatórias, especialmente quando se trata da segurança de estruturas como barragens de rejeitos. (RIBEIRO, 2025)

O risco é entendido como a combinação entre a probabilidade de ocorrência de um evento adverso e suas consequências (ICOLD, 2005). No caso de inundações, essas consequências incluem danos ambientais, econômicos e perda de vidas humanas, embora a literatura sobre mortalidade em inundações ainda seja limitada (JONKMAN, 2008; BRASIL, 2017). Nos últimos anos, a avaliação desse risco para as pessoas ganhou relevância, e as decisões de gestão de risco de inundação passaram a considerar não apenas critérios econômicos, mas também aspectos humanos e ambientais (LUMBROSO et al., 2011).

Segundo Alves et al. (2017) a vulnerabilidade é entendida como o grau de perda ou exposição a certos riscos e a materialização de certos danos enfrentados por uma região ou pessoa presente na exposição dos perigos, no qual o produto destes pode ocasionar o desastre. Entendendo a presença de territórios pré-definidos como possível impactado por inundações, a comunidade à jusante ao evento, se enquadra como vulnerável.

Segundo Souza et al. (2021) a percepção do ambiente constitui fenômeno imprescindível nesta complexa gama de relações que permeiam os riscos ambientais e a vulnerabilidade. Entre os riscos classificados como “naturais”, destaca-se eventos recentes como a inundação ocorrida no Rio Grande do Sul, em maio de 2024, cujo balanço da Defesa Civil do Estado apontou foi de 2.398.255 de afetados, 478 municípios impactados e 185 óbitos confirmados. No bojo dos riscos “tecnológicos”, exemplifica-se o rompimento da barragem de Mariana/MG o desastre matou 19 pessoas e deixou mais de 600 desabrigadas, afetando a bacia do Rio Doce. No rompimento da barragem de Fundão, em Brumadinho/MG, foram 272 óbitos, afetando a vida de toda bacia do Rio Paraopeba.

Assim, dá-se ênfase aos riscos tecnológicos definindo as barragens de mineração como objeto de discussão, em que possuímos uma Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei 12.334/2010 (Brasil, 2010), a qual estabelece diretrizes para garantir a segurança de barragens no Brasil. A lei define responsabilidades para os empreendedores e órgãos fiscalizadores, visando prevenir acidentes e minimizar impactos ambientais e sociais. E desta política muitos desdobramentos publicados como normatizações, resoluções, portarias e notas técnicas e especialmente pela Agência Nacional de Mineração (ANM) tendo publicado em 22 de fevereiro de 2022 a Resolução ANM nº 95 (Brasil, 2022) e a mesma casa em 16 de outubro de 2025 a nova Resolução ANM 220/2025 (Brasil, 2025).

A Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB), Lei nº 23.291/2019, foi criada em Minas Gerais diante do grande número de barragens e das ocorrências envolvendo mineração, articulada à Política Nacional de Segurança de Barragens. A fiscalização das estruturas cabe à Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), enquanto normas complementares são estabelecidas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), pelo Gabinete Militar do Governador – Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (GMG-CEDEC), pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico (IEPHA), pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)



e pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA). Neste bojo legal institui-se a obrigatoriedade de elaboração do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), e nestes a exigência metodológica para a delimitação de zonas de hipotético impacto com diferentes funções regulatórias, entre as quais se destacam as Manchas de Inundação (ZAS - Zona de Autossalvamento e ZSS - Zona de Segurança Secundária).

“ZAS - trecho do vale à jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência, devendo-se adotar a maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 (trinta) minutos ou 10 km (dez quilômetros). ZSS: trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS.” (GMG/CEDEC 83, 2024, p. 9)

Este trabalho propõe integrar, em um único ambiente de geoprocessamento, as bases oficiais de barragens do IDE-SISEMA/SIGIBAR, da ANM/SIGBM e do SNISB, tomando as ZAS como referencial comum e o Quadrilátero Ferrífero como recorte territorial. A partir de sistemas de informação geográfica (SIG) e da Malha de Setores Censitários do IBGE (recorte 2022), busca-se organizar, comparar e analisar espacialmente as barragens e suas áreas de influência, aproveitando as complementariedades de cobertura, detalhamento e responsabilidade institucional de cada uma dessas bases.

Materiais e Métodos

O recorte territorial adotado compreende os municípios inseridos no Quadrilátero Ferrífero, localizados no estado de Minas Gerais, que possuem ZAS associadas às barragens de mineração, conforme as bases disponibilizadas pela ANM e IDE-SISEMA. Em seguida, foram extraídos todos os setores censitários do Censo 2022 do IBGE que apresentam interseção com esses municípios, compondo a base territorial de referência para as análises, sendo cada setor censitário considerado unidade espacial de estudo.

Foram integradas quatro principais classes de informação:

- Polígonos de ZAS (manchas de inundação);
- Malha de setores censitários do Censo 2022 (IBGE);
- Informações demográficas associadas aos setores, com ênfase na população total residente e no número de residências;
- Polígono de articulação do Quadrilátero Ferrífero.

O *ArcGIS Pro* foi utilizado para o tratamento e a sobreposição das bases espaciais, o Microsoft Excel para organização da base tabular e síntese de resultados, e o *RStudio* para ajuste dos modelos estatísticos e cálculo do índice de vulnerabilidade.

O índice, foi proposto para entender como as camadas do trabalho, possam caracterizar territórios que são mais susceptíveis à grande risco ao rompimento de barragem, não ignorando setores pouco populoso, mas com risco similar.

Nesta etapa metodológica, procedeu-se à sobreposição entre o polígono de ZAS e os setores censitários, gerando uma base única de análise em nível de setor. Para cada setor foram calculadas a área total, a área contida da ZAS, a população total residente e o número de

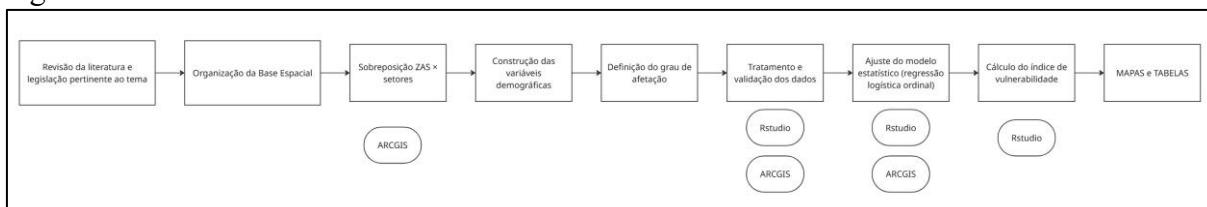


residências. População residente e número de residências, foram dados levantados com a ferramenta do ArcGIS PRO *Enrich (Analysis)*; dados compilados em outubro de 2024.

Com base no percentual de área em ZAS, definiu-se o “grau de afetação” em três categorias ordenadas: não afetado (setores totalmente fora da ZAS), parcialmente afetado (interseção entre 0% e 60% da área) e afetado (60% ou mais da área do setor inserida na ZAS), entendendo esta última situação como de alta exposição física às manchas de inundação.

Do ponto de vista conceitual, considerou-se como configuração típica de alta vulnerabilidade a combinação entre grau máximo de afetação, presença de moradores (população total maior que zero) e existência de domicílios (residências maior que zero). Para transformar essa combinação em uma medida sintética comparável entre setores, derivou-se a partir do grau de afetação uma variável resposta binária ($Z=1$ para setores afetados e $Z=0$ para os demais) e ajustou-se um modelo de regressão logística, tendo como preditores a população total e o número de residências. A probabilidade prevista de cada setor encontrar-se no grau máximo de afetação, condicionada à intensidade de ocupação humana, foi interpretada como um índice estatístico inicial de vulnerabilidade, caracterizado pela presença ao risco. Em seguida, esse índice foi recalibrado para garantir que setores simultaneamente classificados no grau máximo de afetação, com população e residências registradas, não permanecessem em faixas de vulnerabilidade baixa ou intermediária: nesses casos, os valores foram deslocados para a faixa superior da escala, preservando as diferenças relativas entre setores.

Figura 1 – Fluxo das atividades



Fonte – Elaboração dos autores na plataforma miro.com.

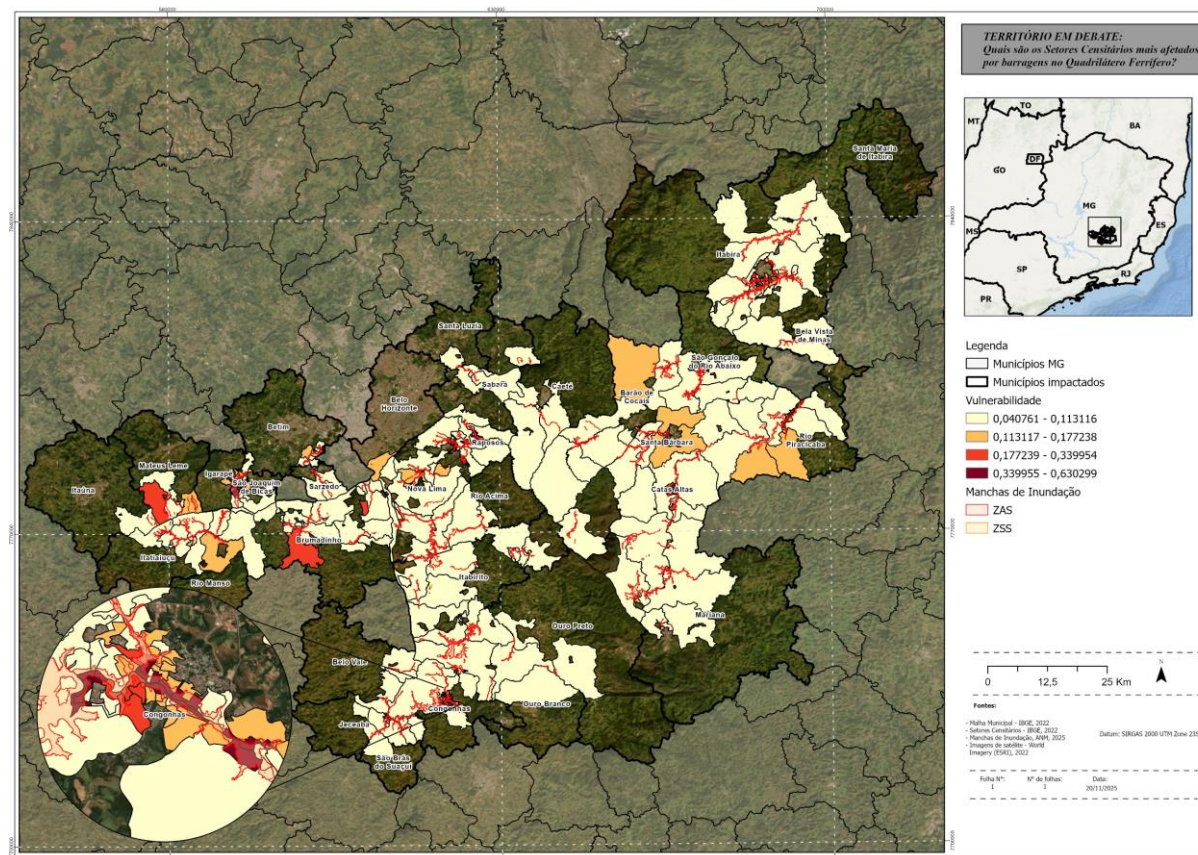
Resultados e Discussão

Os procedimentos adotados resultaram em uma base integrada que, para cada setor censitário do colar do Quadrilátero Ferrífero, reúne informações geométricas, demográficas e de exposição à inundação. No total, 32 municípios apresentam exposição direta à ZAS e 469 setores censitários são impactados, associados a 158 barragens mapeadas pelo IDE-SISEMA e 229 pela ANM.

A figura 2 apresenta o grau de vulnerabilidade atribuído aos setores censitários; num *ranking* de 0,040761 a 0,630299 e compreende por áreas que são vulneráveis presença de indivíduos e residências em áreas afetadas. Estimam-se mais de 195 mil pessoas impactadas no Quadrilátero Ferrífero; apenas Congonhas, Nova Lima e Itabira concentram 100.888 pessoas (52% do total) e 36.528 das 71.420 residências afetadas. O estudo reforça a relevância do tema para entender o território e a necessidade de aprofundar pesquisas, sobretudo sobre população flutuante e impactos em rodovias e ferrovias. Além disso, o modelo classifica alguns setores como de baixa vulnerabilidade ao considerar apenas a presença de residentes, mesmo em áreas industriais ou cortadas por rodovias, onde o impacto real pode ser maior.



Figura 2 – Vulnerabilidade do território em disputa



Fonte – Base de dados do IBGE, ANM, IDE-SISEMA e SISNB, elaboração os autores, 2025.



Referências:

ALVES, E. P. Q.; PESSOA, Z. S. Vulnerabilidade, riscos e desastres socioambientais: o caso do bairro de Mãe Luíza – Natal/RN. In: Regimes urbanos e governança metropolitana – encontro nacional da rede observatório das metrópoles, 2017, Natal. Anais... Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm. Acesso em: 25 out. 2024. Brasília, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução nº 220, de 16 de outubro de 2025. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anm-n-220-de-16-de-outubro-de-2025-663111294>. Acesso em: 19 nov. 2025, Brasil, 2025

BRASIL. Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução nº 95, de 07 de fevereiro de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/resolucao-no-95-2022.pdf>. Acesso em: 25 out. 2024. Brasília, 2022.

BRASIL. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Noções Básicas em Proteção e Defesa Civil e em Gestão de Riscos Livro Base, 1ª Edição Brasília – DF. 2017 [s.d.].

CASTRO, P.T.A; ENDO, Issamu; GANDINI, A.L. Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos / Belo Horizonte: 3i Editora, 2020

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. Risk assessment in dam safety management: a reconnaissance of benefits, methods and current applications. Bulletin 130. Paris: ICOLD, 2005.

MINAS GERAIS. Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. Dispõe sobre a política estadual de segurança de barragens. Diário do Executivo. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/23291/2019/>. Acesso em: 28 out. 2024. Belo Horizonte, 2019

MINAS GERAIS. Gabinete Militar do Governador. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Resolução GMG Nº 83, de 16 de Abril de 2024 – Belo Horizonte: GMG, 2024

RIBEIRO, HENRIQUE ROCHA. Legislação de barragens no Brasil: desenvolvimento de instrumento para o levantamento de dados sociais para responder as questões normativas sobre barragens da mineração. Mestrado Ciências Ambientais do curso de Mestrado Profissional Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais – Instituto Tecnológico Vale, 2025 - Belém: 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Governo do Estado. SOS Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://sosenchentes.rs.gov.br/>>. Acesso em: 07 nov. 2025.

SOUZA, J. L. de; DAMASCENO SOUZA, A. C.; MARANDOLA JUNIOR, E. J.; ALMEIDA, L. Q. de. Percepção do risco de ruptura da barragem gargalheiras e vulnerabilidade da população do município de Acari, Rio Grande do Norte - Brasil. Terra Livre, [S. l.], v. 2, n. 57, p. 505–525, [2021].

LUMBROSO, D. M.; SAKAMOTO, D.; JOHNSTONE, W. M.; TAGG, A. F.; LENCE, B. J. The development of a Life Safety Model to estimate the risk posed to people by dam failures and floods. *Dams and Reservoirs*, London, v. 21, n. 1, p. 31–43, 2011.



ANAIIS DO VI SIMPÓSIO DE MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS E GESTÃO DA PAISAGEM E I SIMPÓSIO DE ESTUDOS TERRITORIAIS

EIXO III - ANÁLISE DE SISTEMAS AMBIENTAIS

AVALIAÇÃO INTEGRADA DA EFICIÊNCIA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM PAISAGENS MONTANHOSAS DO PERU E POSSÍVEIS APLICAÇÕES AO CENÁRIO BRASILEIRO	53
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS QUEIMADAS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA: Uma análise temporal de 2020 a 2024	58
ENVIRONMENTAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE (E-AI): Plataforma integrada para análises geoespaciais e suporte avançado à decisão ambiental	63
INCIDÊNCIA DE DESMATAMENTO E QUEIMADAS NAS DIFERENTES CLASSES DE POTENCIAL AGRÍCOLA DE UM MUNICÍPIO DO ALTO JEQUITINHONHA	69
RELAÇÕES E CONFLITOS ENTRE O URBANO E OS RECURSOS HÍDRICOS NA CIDADE DE CONTAGEM, MINAS GERAIS	74
VARIAÇÃO TÉRMICA E ILHAS DE CALOR URBANAS EM JUIZ DE FORA (MG)	80

Patrocínio:



Organização:





AVALIAÇÃO INTEGRADA DA EFICIÊNCIA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM PAISAGENS MONTANHOSAS DO PERU E POSSÍVEIS APLICAÇÕES AO CENÁRIO BRASILEIRO

Alarcon E.C¹, Medeiros L. C², Vargas G.J.G³, Rodrigues C.S.B⁴, Costa A.M⁵

Resumo

A implementação de Sistemas Agroflorestais (SAFs) constitui uma alternativa promissora para a recuperação de áreas degradadas, sobretudo em áreas montanhosas, onde o risco de erosão, a irregularidade de luminosidade e o escoamento superficial dificultam seu uso produtivo. Este trabalho analisou práticas e estratégias implementadas nos SAFs em áreas de montanha no Peru e no Brasil, com o objetivo de identificar elementos técnicos, ambientais e socioeconômicos que caracterizam o arranjo destes SAFs e favorecem o aproveitamento destas áreas agrícolas. A metodologia envolveu revisão de literatura, sistematização de estudos de caso e comparação com condições ecológicas de regiões montanhosas do Peru. Os resultados apontam que o uso de espécies nativas, o manejo em faixas, o terraceamento e os consórcios perenes aumentam a estabilidade do solo e a resiliência climática, aliados à forte participação comunitária. Conclui-se que as experiências analisadas oferecem contribuições relevantes principalmente para o contexto brasileiro, mostrando que SAFs adaptados ao relevo podem conciliar conservação, produtividade e segurança alimentar.

Palavras-chave: ODS, recuperação ambiental, manejo de encosta, sustentabilidade socioambiental.

Abstract

The implementation of Agroforestry Systems (AFS) represents a promising alternative for the restoration of degraded areas, especially in mountainous regions, where the risk of erosion, irregular light conditions, and surface runoff hinder productive use. This study analyzed practices and strategies implemented in AFS in mountainous areas of Peru and Brazil, with the aim of identifying technical, environmental, and socioeconomic elements that characterize the configuration of these systems and support the productive use of these agricultural areas. The methodology included a literature review, systematization of case studies, and comparison with the ecological conditions of mountainous regions in Peru. The results indicate that the use of native species, strip management, terracing, and perennial crop consortia enhance soil stability and climate resilience, reinforced by strong community participation. It is concluded that the analyzed experiences offer relevant contributions, especially for the Brazilian context,

¹ Mestrando em Geografia, UFMG, emmanuelcozalarcon@gmail.com

² Doutoranda AMSA, UFMG, lucimedeiros@ufmg.br

³ Doutoranda AMSA, UFMG, vargasgjose@gmail.com

⁴ Graduando em Geografia, UFMG, caiomouraaca@gmail.com

⁵ Docente do Depto. de Geografia, UFMG, drimonteiroc@gmail.com



demonstrating that AFS adapted to mountainous terrain can reconcile conservation, productivity, and food security.

Keywords: SDGs, Environmental Restoration, Slope Management, Socio-environmental Sustainability

Introdução

A biodiversidade de uma paisagem está diretamente relacionada aos elementos que a compõem e aos fatores exógenos que condicionam sua dinâmica. Entre esses fatores, o relevo exerce papel estruturante na organização dos ecossistemas ao influenciar a distribuição de espécies, o comportamento microclimático, os fluxos hidrológicos e os usos possíveis do território. Como afirma Ab'Sáber (2003), as variações altimétricas e de relevo são responsáveis pela formação de domínios morfoclimáticos, com condições ambientais únicas e específicas de temperatura, umidade, insolação e disponibilidade de recursos, moldando a adaptação de espécies animais e vegetais em escala local, regional e zonal. Para tal, ler a paisagem, a partir de um olhar que considere o relevo como elemento fundamental para formação destes ambientes, permite interpretar os processos ecológicos e socioambientais que operam em regiões montanhosas.

Na América do Sul, três sistemas montanhosos destacam-se por exercer um papel determinante na heterogeneidade das paisagens e disponibilidade de recursos. Por um lado, Cordilheira dos Andes, destaca-se como o principal sistema orogênico do continente ao se tratar da maior cadeia montanhosa contínua no mundo, atravessando sete países ao longo de mais de 8 mil quilômetros (ONCKEN, 2006). Sua expressão geomorfológica e climática — marcada por encostas íngremes, vales profundos, altiplanos, áreas desérticas e fortes contrastes estruturais, reorganiza a circulação atmosférica e condiciona padrões de precipitação, além de influenciar diretamente a formação de ecossistemas heterogêneos e a dinâmica hidrológica em diferentes escalas.

Mais ao leste, no Brasil, embora não existirem formações equivalentes em escala e em altitude, diversos sistemas montanhosos como a Serra da Mantiqueira, Serra do Mar, Cordilheira do Espinhaço e o Quadrilátero Ferrífero, se destacam pela complexidade geomorfológica e relevância ambiental. Apesar das diferenças em idade geológica, tipos de litologias e dinâmica tectônica associada a estes complexos montanhosos, compartilham elementos centrais: dissecação intensa do relevo, presença de encostas íngremes, diversidade em solos e de ambientes naturalmente vulneráveis a processos erosivos e instabilidade das vertentes. Essas características impõem limites ao uso da terra e exigem estratégias de manejo capazes de compatibilizar produção e conservação. Nesse contexto, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) emergem como alternativa relevante, especialmente porque a eficácia dessas práticas depende significativamente da leitura geomorfológica da paisagem. Em áreas declivosas, os SAFs podem reduzir a erosão, favorecer a infiltração de água, estabilizar encostas e ampliar a resiliência ambiental, desde que manejados com base nos atributos do relevo, como orientação



das vertentes, morfologia das encostas, profundidade efetiva do solo e suscetibilidade a movimentos de massa (EMBRAPA, 2021).

Experiências de SAFs implantados em áreas montanhosas, como é no caso dos que foram implantados em outros países, como o Peru, oferecem informações importantes para este trabalho. Em declividades superiores a 50%, agricultores peruanos desenvolvem há séculos técnicas adaptadas às condições geomorfológicas adversas, incluindo terraceamento, diversificação de espécies nativas perenes, sistemas radiculares profundos, manejo comunitário da encosta e estruturas vegetais para contenção de sedimentos. Esses arranjos, incorporados aos SAFs contemporâneos, demonstram que ambientes montanhosos podem sustentar sistemas produtivos eficientes quando o manejo se alinha aos limites ecológicos impostos pelo relevo. Com isso, busca-se resgatar o conhecimento acumulado por estas experiências nestas regiões, de modo que seja possível controlar o potencial de erosividade elevada destes relevos, agravados pela má gestão do solo por atividades produtivas insustentáveis. Nesse contextos, os SAFs se tornam estratégias de gestão promissora, uma vez que estas regiões declivosas podem se tornar ambientalmente, socialmente e economicamente produtivas e sustentáveis, considerando o relevo não como fator limitante, mas sim como fator potencial para a diversificação das actividades produtivas.

Materiais e Métodos

A metodologia fundamentou-se em uma revisão bibliográfica sistemática sobre sistemas agroflorestais (SAFs) implantados em regiões andinas do Peru. Para tal, foram selecionados artigos científicos e produtos audiovisuais que discutem práticas agroflorestais em áreas de terrenos declivosos. A busca foi realizada em bases como SciELO, Scopus e sites de organizações de agricultura regenerativa, utilizando as palavras nestes buscadores em espanhol: “*sistemas agroflorestais*”, “*declividad*”, “*Andes*” e “*Perú*”. Os materiais foram analisados quanto aos métodos empregados, resultados obtidos, arranjos produtivos, espécies utilizadas, técnicas de manejo, condições ambientais e benefícios socioambientais relatados.

Após revisão, comparou-se os dados levantados das experiências peruanas ao contexto brasileiras, a fim de identificar convergências, desafios e lições aplicáveis entre ambos países, oferecendo uma base consistente para interpretar o papel dos SAFs na sustentabilidade sul-americana em relevos declivosos.

Resultados e Discussão

Seguindo a metodologia adotada, foram selecionados oito documentos relevantes para a pesquisa, sendo sete artigos científicos publicados entre 2020 e 2025, de acordo com os critérios de elegibilidade e um relatório do SERFOR (*Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre*). A localização destes sistemas agroflorestais analisados concentra-se na ecorregião *Yungas* (Amazônia Alta) caracterizada por serem áreas montanhosas da vertente oriental dos Andes,



dentro da grande bacia do Rio Amazonas, situadas entre 600 e 3.500 metros de altitude, caracterizadas por relevo acidentado, clima de semi-cálido úmido a frio e alta biodiversidade (**Figura 1**). As áreas estudadas distribuem-se principalmente nos departamentos peruanos de Junín, San Martín, Ucayali, Madre de Dios e Amazonas, considerados zonas ecotonais de transição entre os Andes e a Amazônia, onde predominam os cultivos de café e cacau em diferentes modalidades de sistemas agroflorestais.

Os resultados da pesquisa demonstram que os sistemas agroflorestais (SAFs) implementados na vertente oriental dos Andes apresentam elevada relevância para contextos produtivos similares no Brasil, sobretudo na cafeicultura de altitude e no cacau amazônico. A análise de dos estudos publicados entre 2020 e 2025 evidenciou ganhos consistentes no armazenamento e estoque de carbono no solo, redução de pragas, criação de microclimas mais estáveis e incremento da produtividade e qualidade de grãos.

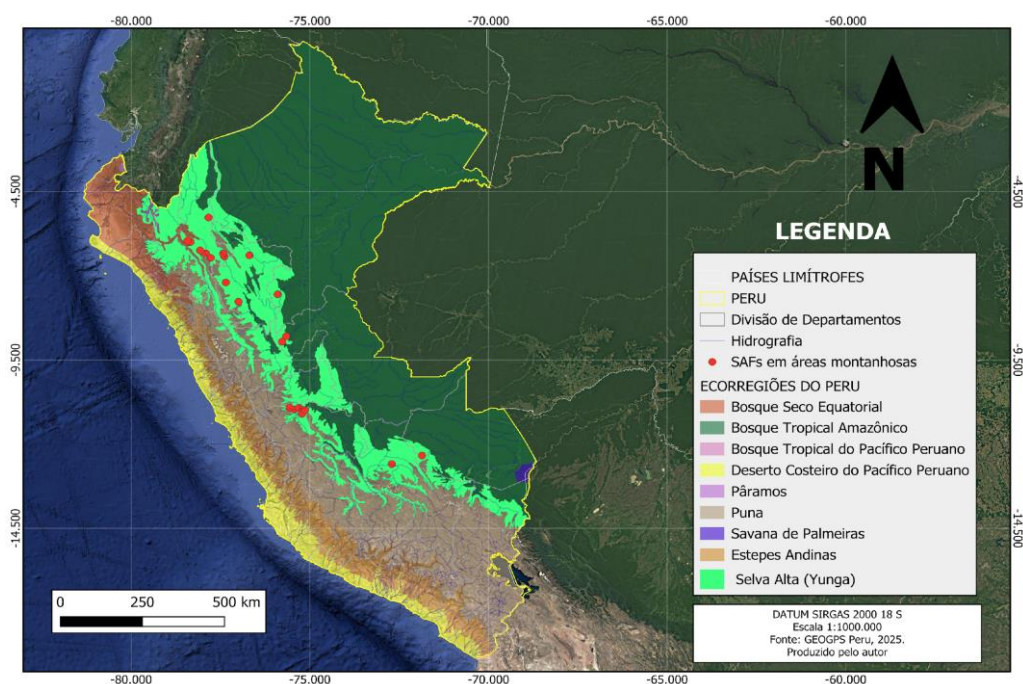


Figura 1. Localização da ecorregião Selva Alta com maior concentração de SAFs .
Fonte: Elaborado pelos autores.

A presença de técnicas ancestrais, como o terraceamento andino, utilizados em relevos superior a 45% , destaca o papel estratégico do conhecimento tradicional na construção de sistemas resilientes, aspecto frequentemente negligenciado na agricultura convencional de monocultura. No entanto, tanto no Peru quanto no Brasil, a expansão dos SAFs ainda é limitada por fragilidades institucionais, insuficiência de assistência técnica e falta de mecanismos que promovam a implementação destes sistemas sustentáveis, no contexto de transição ecológica conforme os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Assim, conclui-se criticamente que os SAFs constituem alternativa concreta para a reconciliação entre produção agrícola, conservação ambiental e segurança econômica de agricultores familiares, desde que acompanhados por



políticas públicas consistentes, participação comunitária e integração efetiva entre ciência, extensão rural e saber local.

Agradecimentos:

Projeto Fapemig APQ-05719-24, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (Código de Financiamento 001). Agradecimentos: PPG- AMSA e PPGeo - UFMG, NEPZAP-UFMG.

Referências Bibliográficas:

CLEMENTE-ARENAS, E. R. Captura de carbono en sistemas agroforestales en el Perú. *Revista Forestal del Perú*, Lima, v. 36, n. 2, p. 180-196, 2021. COMERFORD, N. B. et al. Agroforestry systems for ecological restoration in the Brazilian Atlantic Forest. *Agroforestry Systems*, v. 92, n. 1, p. 1-12, 2018.

ECKHARDT, K. I. et al. Agroforestry and montane forest management as strategies to mitigate carbon loss and sustain ecosystem functions in the Central Andes of Peru. *[Nome do Periódico]*, Lima, v. –, n. –, p. –, 27 out. 2025.

EMBRAPA. Sistemas agroflorestais são viáveis em relevos montanhosos. Jaguariúna, 05 jan. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/58531580/sistemas-agroflorestais-sao-viaveis-em-relevos-montanhosos>. Acesso em: 19 nov. 2025.

ESQUIVEL, M.; SÁNCHEZ, R.; JIMÉNEZ, R. Agroforestería andina y manejo sostenible del suelo en comunidades campesinas del Perú. Lima: Instituto de Desarrollo Andino, 2017.

HARO, N. et al. Influence of agroforestry systems on *Coffea arabica* L. yield and quality at different altitudes in Amazonas, Peru. Chachapoyas: Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Caja de Selva, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, [s.d.].

POKORNY, B.; ROBIGLIO, V.; REYES, M.; VARGAS, R.; PATIÑO CARRERA, C. The potential of agroforestry concessions to stabilize Amazonian Forest frontiers: a case study on the economic and environmental robustness of informally settled small-scale cocoa farmers in Peru. *[s.l.]*, 2021.

SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE – SERFOR. Diagnóstico de la investigación en sistemas agroforestales en el Perú. Lima, 2022. 105 p.

VILLACORTA, L. F.; CARRASCO, C. A. Sistemas agroforestales andinos y su contribución a la conservación de suelos. *Revista Peruana de Agronomía*, v. 21, n. 2, p. 77-88, 2020.



DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS QUEIMADAS NO PARQUE NACIONAL SERRA DA CANASTRA: uma análise temporal de 2020 a 2024

Bernardo Tadeu de Paula Bastos Pimenta¹

Resumo

O estudo analisou a dinâmica espaço-temporal das queimadas no Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), um importante refúgio do Bioma Cerrado, utilizando dados de sensoriamento remoto do MapBiomas de 2020 a 2024. O trabalho confirmou a dualidade do fogo no Cerrado—um elemento natural, mas que no PNSC se manifesta predominantemente como incêndios florestais de origem antrópica. Os resultados revelaram que o parque teve mais de 154 mil hectares atingidos pelo fogo no período, sendo 2020 o ano de maior incidência. A análise espacial indicou que as áreas mais afetadas se concentram na porção central e próximas às estradas. A principal conclusão é que, apesar da implementação do Manejo Integrado do Fogo (MIF), a persistência de grandes áreas queimadas sugere que os desafios de conservação vão além do manejo técnico, abrangendo criticamente questões socioeconômicas, de fiscalização e de regularização fundiária.

Palavras-chave: Queimadas, Cerrado, biodiversidade, conservação, monitoramento.

Abstract

The study analyzed the spatiotemporal dynamics of wildfires in the Serra da Canastra National Park (PNSC), an important refuge of the Cerrado biome, using remote sensing data from MapBiomas from 2020 to 2024. The work confirmed the dual nature of fire in the Cerrado—an inherent natural element, but one that in the PNSC manifests predominantly as forest fires of anthropogenic origin. The results revealed that the park had more than 154 thousand hectares affected by fire during the period, with 2020 being the year of highest incidence. The spatial analysis indicated that the most affected areas were concentrated in the central portion and near roadways. The main conclusion is that, despite the implementation of Integrated Fire Management (MIF), the persistence of large burned areas suggests that conservation challenges go beyond technical management, critically encompassing socioeconomic issues, enforcement, and land tenure regularization.

Keywords: Fires, Cerrado, Biodiversity, conservation, monitoring.

¹Graduando em Geografia, pimentabernardotadeu@gmail.com



Introdução

O Parque Nacional Serra da Canastra (PNSC), localizado no sudoeste de Minas Gerais, é uma Unidade de Conservação (UC) de fundamental importância na proteção do Bioma Cerrado e, notavelmente, por abrigar a nascente história do Rio São Francisco. No entanto, a integridade ecológica do PNSC é constantemente ameaçada por eventos de fogo, que se manifestam tanto de forma natural quanto, majoritariamente, por razões antrópicas (ICMBio, 2022).

O fogo no Cerrado possui uma dualidade ecológica complexa. Por um lado, é um elemento natural que contribuiu para a evolução e manutenção da biodiversidade savânica, estimulando a reciclagem de nutrientes e a reprodução de espécies vegetais (Ramos-Neto; Pivello, 2000). Porém, a frequência e intensidade de queimadas, especialmente as de origem humana e não controladas, representam uma das maiores ameaças à integridade desse bioma (Pivello *et al*, 2010).

A legislação brasileira reconhece essa dualidade, distinguindo-a entre incêndio florestal (fogo não controlado ou planejado, configurando crime ambiental) e queima controlada/prescrita (uso monitorado do fogo para fins agrossilvipastoris ou de conservação). A Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo (MIF), instituída pela Lei nº 14.944/2024, busca justamente conciliar os aspectos culturais, ecológicos e socioeconômicos do fogo, visando a prevenção de incêndios e o uso do fogo como instrumento de gestão para a manutenção da biodiversidade (Brasil, 2024).

O PNSC se caracteriza como um caso emblemático nessa temática, em que a unidade apresenta um histórico de incêndios florestais que atingem grandes áreas.. Dados do MapBiomias indicam que o parque está entre as UCs que registraram maior ocorrência de queimadas, com cerca de 154.000 hectares atingidos entre 2020 e 2024, sendo 2020 o ano de maior incidência (MapBiomias, 2025).

Assim, esse trabalho visa analisar a dinâmica das queimadas no Parque Nacional Serra da Canastra, MG, com enfoque na recorrência e nas implicações do Manejo Integrado do Fogo para a conservação da biodiversidade e a gestão territorial da UC.

Materiais e Métodos

A análise da dinâmica das queimadas no Parque Nacional Serra da Canastra foi realizada a partir de uma abordagem metodológica que integra a revisão bibliográfica com a análise de dados secundários de sensoriamento remoto.

A primeira se constituiu na revisão de literatura especializada sobre o tema, com enfoque em:

- A dualidade do fogo no Bioma Cerrado e seus efeitos ecológicos.



- Histórico da legislação brasileira sobre queimadas e incêndios florestais (Códigos Florestais, Lei nº 14.944/2024).
- O contexto específico das queimadas no PNSC, incluindo causas, frequência e impactos.

Referente a análise da dinâmica espaço-temporal das queimadas, foram utilizados dados secundários provenientes de plataformas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, com destaque para o MapBiomas Fogo (MapBiomas, 2025). A tabela 1 mostra a fonte de dados, a sua variável, o período de análise e a sua aplicação no estudo.

Tabela 1 – Dados e variáveis utilizadas para o entendimento da dinâmica do fogo no PNSC, 2025

Fonte de Dados	Variável Analisada	Aplicação no Estudo
Relatório Anual do Fogo	Área Queimada Acumulada por Bioma (1985-2024)	Contextualização do Cerrado no cenário nacional
MapBiomas Fogo	Área Queimada Anual no PNSC (2020-2024)	Análise da incidência e recorrência recente no Parque.
Literatura Especializada	Índices Espectrais (NDVI, NBR)	Base para a discussão sobre o monitoramento e a detecção de cicatrizes de fogo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

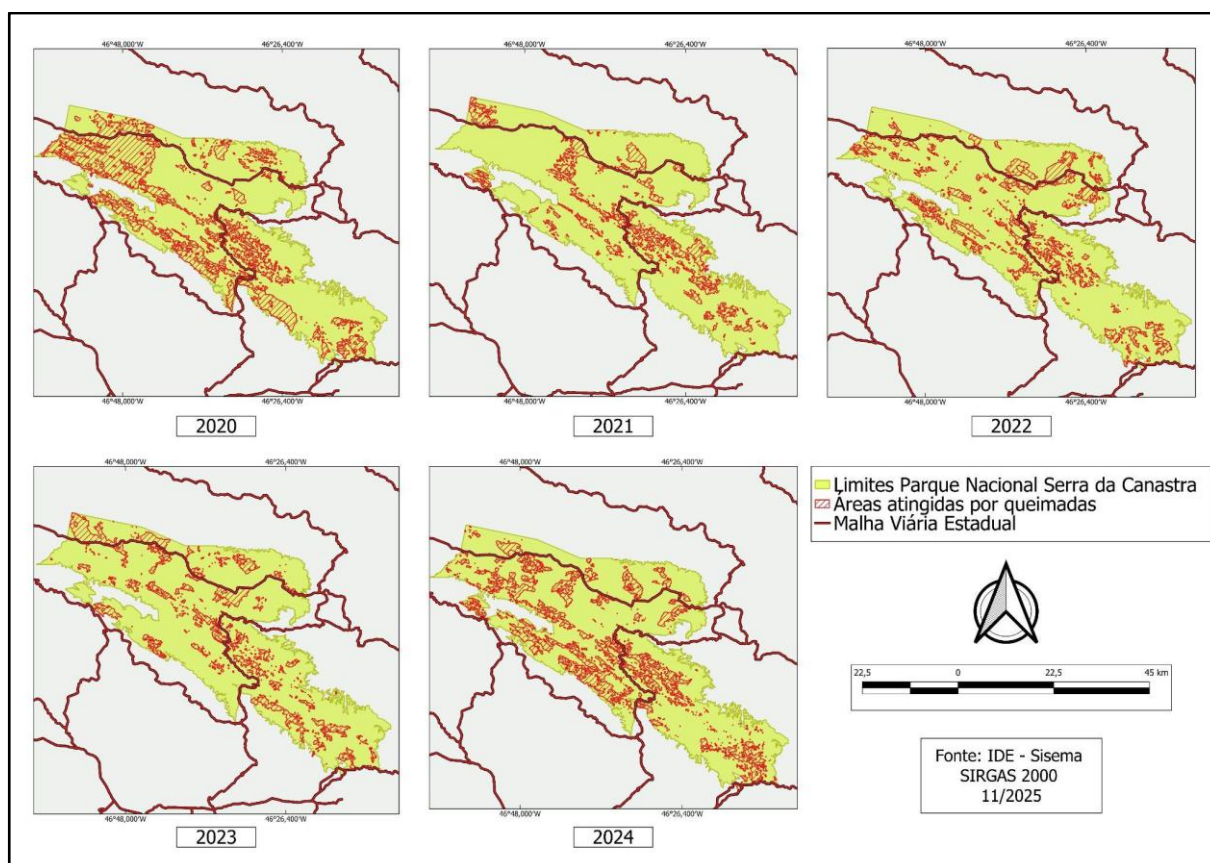
A utilização desses dados permitiu a contextualização do PNSC no cenário nacional de queimadas e a identificação dos anos de maior incidência no parque, fornecendo a base empírica para a discussão dos resultados.

Resultados e Discussão

O Cerrado, bioma em que o PNSC está totalmente inserido, é historicamente o mais afetado por queimadas do Brasil, em que aproximadamente 89,5 milhões de hectares foram queimados entre 1985 e 2024, equivalente à 45,1% de sua área total (MapBiomas, 2025).

Apesar de possuir um Plano de Manejo Integrado do Fogo (PMIF), que prevê queimadas prescritas visando a manutenção da biodiversidade, a unidade de conservação é constantemente afetada por incêndios florestais de grandes proporções, ligados às ações antrópicas criminosas (ICMBio, 2022). Assim, a análise das áreas queimadas do ano de 2020 a 2024 a partir dos dados do MapBiomas mostraram que o PARNA está entre as UCs que mais registraram ocorrências, com cerca de 154.000 hectares queimados, com 2020 possuindo a maior incidência (51.619 ha). Os anos seguintes apresentaram 21.303 ha (2021), 23.971 ha (2022), 23.970 ha (2023) e 33.616 ha (2024) hectares queimados, respectivamente. A figura a seguir espacializa a área queimada no parque nos anos de análise.

Figura 1 - Distribuição das Queimadas no PARNA Serra da Canastra (2020 - 2024)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de MapBiomias e IDE- Sisema (2025)

A partir das figuras, é possível observar que as áreas com maior ocorrência de queimadas estão próximas às beiradas de estradas, especialmente aquelas que passam por dentro do parque. Observa-se também que a porção central do PNSC é a que mais registrou focos de incêndio ao longo dos anos de análise, e que os usos da terra nesses locais estão atrelados principalmente à pastagem, segundo o MapBiomias (2025). Ressalta-se o ano de 2020 com uma dinâmica especial em relação ao extremo oeste da UC, visto que uma porção considerável registrou incêndios.

Desse modo, o Parque Nacional Serra da Canastra enfrenta um desafio contínuo em relação às queimadas. Embora o fogo seja uma característica tradicional do Cerrado, a frequência e origem dos incêndios florestais acabam por comprometer a integridade e os objetivos de conservação da UC.



Sob esse viés, a implementação do PMIF e o uso de tecnologias de sensoriamento remoto são essenciais para a gestão de áreas protegidas, mas a persistência de grandes áreas queimadas evidencia que os desafios vão além do técnico, abrangendo também questões de fiscalização, conscientização e regularização fundiária não apenas na área de estudo, mas nas áreas protegidas de modo geral.

Portanto, entender a dinâmica espaço-temporal do fogo, conforme a análise dos dados do MapBiomas permitiu, é o primeiro passo na formulação de políticas de conservação mais eficazes que busquem equilibrar a necessidade de queimas prescritas e/ou controladas com a prevenção dos incêndios criminosos.

Referências

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Plano de Manejo Integrado do Fogo - Parque Nacional Serra da Canastra. ICMBio, 2022.

BRASIL. Lei Nº 14.944, de 31 de julho de 2024. Institui a Política Nacional de Manejo Integrado do fogo. Brasília, DF, 2024.

PIVELLO, Vânia Regina et. al. Effect of fires on soil nutrient availability in an open savanna in Central Brazil. Plant and Soil. v. 337, n. 1, p. 111-123, 2010.

RAF 2024: Relatório Anual do Fogo - Resultados da Coleção 4 (1985 a 2024) - São Paulo, Brasil - MapBiomas, 2025 - 72 páginas.

RAMOS-NETO, Mário Barroso; PIVELLO, Vânia Regina. Lightning fires in a Brazilian savanna national park: rethinking management strategies. Environmental management, v. 26, n. 6, p.675-684, 2000.



ENVIRONMENTAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE (E-AI): Plataforma Integrada para Análises Geoespaciais e Suporte Avançado à Decisão Ambiental

Lucas Antônio Brasil Gonçalves Lacerda¹, Davi Daniel Fernandes Santos², Alceu Raposo Júnior³, Allan Christian Brandt⁴, Diego Soares Lara⁵

Resumo

A Plataforma E-AI foi desenvolvida para consolidar informações geoespaciais dispersas, oferecendo análises rápidas, integradas e consistentes por meio de uma arquitetura robusta e interface web intuitiva. O sistema integra diversas camadas de dados de acesso público, realiza processamento geoespacial estruturado e incorpora inteligência artificial para identificar restrições legais e normas ambientais, além de possibilitar análises multicritério baseadas no *Analytic Hierarchy Process* (AHP). O *backend* em Python com processamento assíncrono, banco PostgreSQL/PostGIS e serviços OGC via GeoServer garante escalabilidade e eficiência, enquanto o *frontend* em JavaScript/HTML permite amplo acesso online. Testes demonstraram que a plataforma fornece rapidamente mapas temáticos e figuras interpretáveis, mapas de potenciais multicritérios como espeleológico, arqueológico, aptidão, entre outros usos territoriais. A atualização contínua e inclusão de índices como NDVI reforçam seu papel como ferramenta integrada de monitoramento ambiental e apoio à tomada de decisão territorial.

Palavras-chave: Integração Geoespacial; Diagnóstico Territorial; Inteligência Artificial; Sistemas Ambientais.

Abstract

The E-AI Platform was developed to consolidate dispersed geospatial information, providing fast, integrated, and consistent analyses through a robust architecture and an intuitive web interface. The system integrates multiple layers of publicly available data, performs structured geospatial processing, and incorporates artificial intelligence to identify legal restrictions and environmental regulations, in addition to enabling multicriteria analyses based on the Analytic Hierarchy Process (AHP). The Python-based backend with asynchronous processing, a PostgreSQL/PostGIS database, and OGC services via GeoServer ensures scalability and efficiency, while the JavaScript/HTML frontend enables broad online access. Tests demonstrated that the platform quickly delivers thematic maps and interpretable visual outputs, as well as multicriteria potential maps such as speleological, archaeological, suitability, and other territorial uses. Continuous updates and the inclusion of indices such as NDVI reinforce its role as an integrated tool for environmental monitoring and territorial decision-making support.

Keywords: Geospatial Integration; Territorial Diagnostics; Artificial Intelligence; Environmental Systems.

¹ Msc. Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Brandt, llacerda@brandt.com.br

² Graduação em Análise de Sistemas, Brandt davi.santos@brandt.com.br



³ Phd. Geografia, UFMG, araposo@brandt.com.br

⁴ Graduado em Ciências da Computação, Brandt, abrandt@brandt.com.br

⁵ Graduado em Biologia, Brandt, dlara@brandt.com.br

Introdução

A disponibilidade, integração e acesso a dados geoespaciais são essenciais para avaliações ambientais, monitoramento territorial e suporte à tomada de decisões, conforme Dong *et al.*, 2025, sendo etapa fundamental em análises de ambientais, de acordo com Kross *et al.*, (2025). Segundo Beser *et al.*, (2011), os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) deve ser utilizada como ferramenta essencial para a realização de análises espaciais e possibilita o desenvolvimento de métodos de análise e planejamento sobre o espaço geográfico. Nesse contexto, a Plataforma E-AI foi desenvolvida com objetivo de para ampliar o acesso a informações geográficas e transformar bases públicas e outros dados cartográficos dispersos em análises rápidas, integradas e consistentes por meio de uma arquitetura de sistema robusta, aliada a interface web intuitiva, visando também, o fortalecimento da capacidade de tomada de decisão ambiental e planejamento territorial, através da democratização do uso de dados geoespaciais complexos e integrados. O sistema integra diversas camadas de dados públicos, gerando mapas e *insights* sobre o território, com módulo de análise multicritério e inteligência artificial baseada em modelos de linguagem capaz de identificar restrições legais e normas ambientais, como definição de GEOIA apresentado por HU *et al.*, (2025). Considerando a importância da sistematização de dados e arquiteturas eficientes para consultas geoespaciais, como demonstrado por Roy *et al.*, (2019), a plataforma adota estrutura de *backend* em Python com processamento assíncrono, banco PostgreSQL/PostGIS e serviços OGC via GeoServer, incluindo validação de GeoJSON, normalização de referenciais, consultas por *bounding box*, validação topológica e cálculos de interseção. Em contínua evolução, a Plataforma E-AI amplia seu potencial como ferramenta integrada de monitoramento territorial e suporte à decisão ambiental.

Materiais e Métodos

A Plataforma E-AI foi desenvolvida para integrar dados geoespaciais provenientes de diversas fontes públicas, incluindo uso e cobertura do solo e análise temporal através de dados do Mappbiomas, Cadastro Ambiental Rural (CAR), hidrografia, áreas de preservação permanente, unidades de conservação, geologia, pedologia, direitos minerários, cavidades naturais, terras indígenas e outras camadas relevantes. Seu desenvolvimento baseia-se em três pilares fundamentais: integração de bases geográficas, processamento geoespacial estruturado e automação analítica com inteligência artificial.

Considerando Roy *et al.*, (2019), *back-end* da plataforma foi implementado em Python, utilizando processamento assíncrono, garantindo escalabilidade e eficiência na manipulação de grandes volumes de dados e *Front-end* em JavaScript/HTML. O armazenamento e gerenciamento de informações espaciais são realizados em banco de dados PostgreSQL com extensão PostGIS, enquanto os serviços de mapas seguem padrões OGC (WMS/WFS) via GeoServer, permitindo interoperabilidade e visualização integrada em ambiente web, conforme



exemplificado por Singh *et al.*, (2012). O *pipeline* de processamento assegura integridade espacial e eficiência computacional, incluindo validação de arquivos GeoJSON, conversão e normalização de sistemas de referência (EPSG:4326), extração automática de *bounding boxes*, consultas WMS/WFS com recortes espaciais, validação topológica, cálculo de áreas, razões de sobreposição e interseção utilizando “*Unary Union*”, procedimentos estes discutidos, por exemplo, em Bertella *et al.*, (2021).

Portanto, a partir da inserção de área de interesse por parte de usuário, a arquitetura desenvolvida promove através de requisição no sistema, a validação de dados, verificação topológica e análise de interseções. caso da análise multicritério, integra diferentes variáveis ambientais e territoriais com pesos definidos pelo usuário, combinando-as em mapas de potencial, risco ou prioridade. Por fim, módulo de inteligência artificial, baseado no modelo Gemini, auxilia na interpretação automatizada da legislação ambiental aplicável, identificando normas restritivas, áreas sensíveis, condicionantes legais potenciais e recomendações preliminares para enquadramento de requisitos legais.

Todos os *scripts* foram desenvolvidos e integrados diretamente pelos autores, garantindo controle total sobre os processos de integração, processamento e análise de dados geoespaciais. A plataforma está disponível como sistema online acessível via <https://e-ai.eco.br/>, oferecendo diferentes níveis de usuário (Comercial e Gratuito). conforme perfil e necessidades de acesso, desde visualização básica até manipulação avançada de dados e consultas espaciais complexas.

Resultados e Discussão (incluindo a conclusão)

A implementação da Plataforma E-AI evidenciou a complexidade de estruturar um sistema completo de processamento geoespacial, onde a arquitetura precisa garantir consistência, escalabilidade e ausência de falhas, mesmo ao manipular grandes volumes de dados provenientes de múltiplas fontes. Um dos principais desafios enfrentados foi a integração de bases cartográficas heterogêneas, disponíveis em diferentes formatos e provedores, exigindo normalização de referenciais, validação topológica e padronização de atributos para permitir análises confiáveis.

Os testes demonstraram que a plataforma é capaz de fornecer análises detalhadas sobre o território de forma rápida e consistente, disponibilizando resultados em mapas temáticos e figuras com legendas interpretáveis, além de possibilidade de análise temporal comparativa de uso e cobertura do solo.

O módulo de análise multicritério, baseado no Analytic Hierarchy Process (AHP), mostrou-se eficiente na combinação de diferentes variáveis ambientais e territoriais, gerando rapidamente mapas de potencial espeleológico, arqueológico ou de áreas com maior aptidão para silvicultura, energia e outros usos territoriais, permitindo que usuários tomem decisões fundamentadas com base em critérios ponderados.

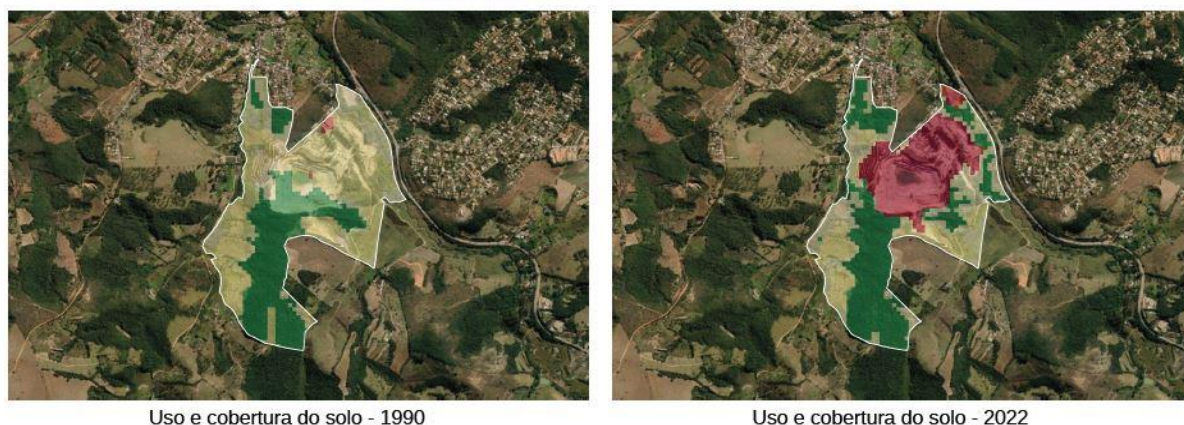


Figura 1 – Exemplo de mapa análise temporal de uso e cobertura do solo pela E-AI.
Fonte: Elaborado via plataforma E-AI (2025).

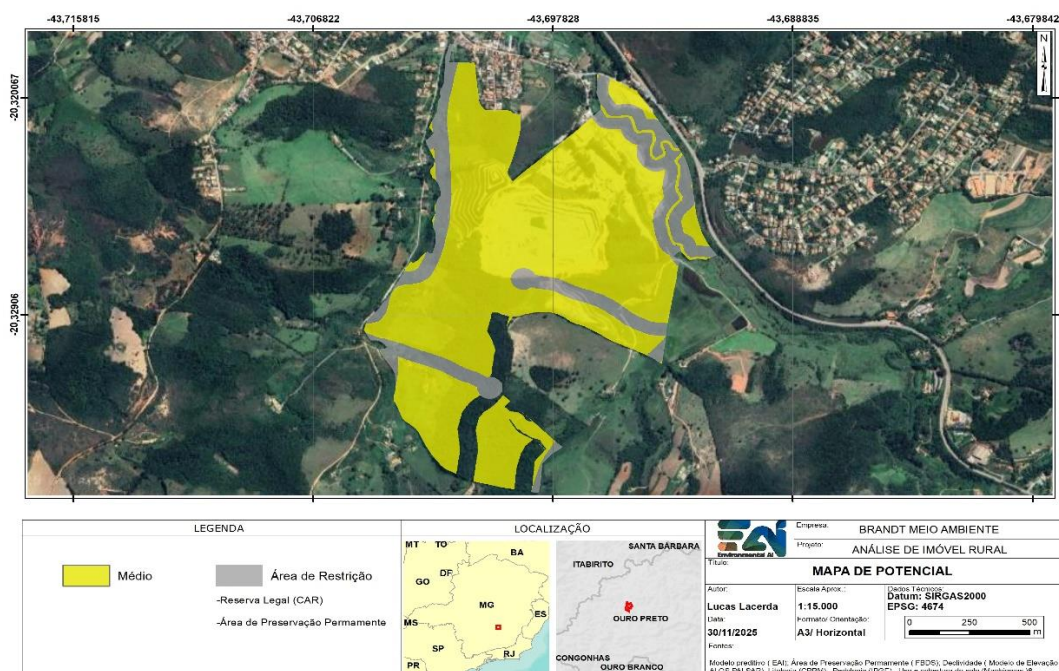


Figura 2 – Módulo de Atribuição de pesos e notas para análise de multicritérios no E-AI.
Fonte: Elaborado via plataforma E-AI (2025).

Como desafios em andamento, destaca-se a necessidade de atualização contínua das bases cartográficas e o aprimoramento do sistema com a inserção de novas informações, como índices espectrais (NDVI), que permitirão análises de monitoramento da vegetação e degradação ambiental em tempo quase real. Esses avanços reforçam o papel da E-AI como uma ferramenta robusta, escalável e flexível, capaz de integrar dados geoespaciais complexos, realizar análises multicritério e gerar resultados visuais rápidos.



Referências

BARATI, S.; BISWAS, A.; FRANKLIN, S. Applications of Geographic Information Systems in Ecological Impact Assessment: A Methods Landscape, Practical Bottlenecks, and Future Pathways. *Sustainability*, v. 17, n. 22, p. 10358, 2025.

DOI: 10.3390/su172210358.

BERTELLA, P. G. K.; LOPES, Y. K.; OLIVEIRA, R. A. P.; CARNIEL, A. C. The application of spatial approximations to spatial query processing: a systematic review of literature. *Anais do Simpósio Brasileiro de Banco de Dados – SBBD*, 2021, p. 229–240. DOI: 10.5753/sbbd.2021.17880.

BESER DE DEUS, L. A.; MOTTA DOS SANTOS, C. S.; VASCONCELOS DE FREITAS, M. A. A utilização de sistema de informação geográfica como suporte ao gerenciamento de bacias hidrográficas transfronteiriças — SIG GeoAmazonas. *Revista Geográfica de América Central*, v. 2, jul.–dez. 2011, p. 1–17.

DONG, J.; LIANG, X.; DU, B.; JU, Y.; WANG, Y.; GUO, H. Applications of Geographic Information Systems in Ecological Impact Assessment: a methods landscape, practical bottlenecks, and future pathways. *Sustainability*, v. 17, p. 10358, 2025.

DOI: 10.3390/su172210358.

HILL, M. J.; BRAATEN, R.; VEITCH, S. M.; LEES, B. G.; SHARMA, S. Multi criteria decision analysis in spatial decision support: the ASSESS analytic hierarchy process and the role of quantitative methods and spatially explicit analysis. *Environmental Modelling & Software*, v. 20, n. 7, p. 955–976, jul. 2005.

HU, L.; LI, W.; XU, J.; ZHU, Y. GeoEntity-type constrained knowledge graph embedding for predicting natural-language spatial relations. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 39, n. 2, p. 376–399, 2025. DOI: 10.1080/13658816.2024.2412731.

KROSS, A.; KAUR, G.; JAEGER, J. A. A geospatial framework for the assessment and monitoring of environmental impacts of agriculture. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 97, 2022. DOI: 10.1016/j.eiar.2022.106851.

ROY, A.; FOUCHÉ, E.; MORALES, R. R.; MÖHLER, G. In-Database Geospatial Analytics using Python. In: *2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Advances on Resilient and Intelligent Cities – ARIC’19*, Chicago, IL, USA, 5–8 Nov. 2019. New York: ACM, 2019. p. 17–24. DOI: 10.1145/3356395.3365598.

SINGH, P. S.; CHUTIA, D.; SUDHAKAR, S. Development of a web based GIS application for spatial natural resources information system using effective open source software and



standards. Journal of Geographic Information System, v. 4, n. 3, p. 261–266, jun. 2012. DOI: 10.4236/jgis.2012.43031.



INCIDÊNCIA DE DESMATAMENTO E QUEIMADAS NAS DIFERENTES CLASSES DE POTENCIAL AGRÍCOLA DE UM MUNICÍPIO DO ALTO JEQUITINHONHA

Josimar Rodrigues Oliveira¹, Getulio Fonseca Domingues²

Resumo

O bioma Cerrado vem sofrendo com desmatamento e aumento das queimadas ao longo da última década, especialmente com a abertura de novas fronteiras agrícolas. O objetivo do presente estudo foi avaliar a incidência das ocorrências de desmatamento e das queimadas dentro das diferentes classes de potencial agrícola identificadas para o município de Couto de Magalhães de Minas, ao longo das últimas quatro décadas, por meio do monitoramento contínuo disponibilizado pelo Projeto MapBiomias, em resolução de 30 metros. Para elaborar o presente estudo, foram adquiridos arquivos do tipo *raster*, em recorte compatível com a delimitação do município, contendo dados referentes ao desmatamento e às queimadas ocorridas de modo cumulativo no período de 1985 a 2024. Foram gerados mapas temáticos com as informações da incidência de desmatamento e queimadas em relação às classes de potencial agrícola atribuídas ao território municipal. Os resultados mostraram que, ao longo de 40 anos, a incidência de queimadas em Couto de Magalhães de Minas, foi o fator de degradação ambiental mais preocupante quando comparado ao desmatamento, visto que esse último suprimiu cerca de 13,41% da vegetação natural para dar lugar a atividades antrópicas, enquanto as queimadas acumuladas atingiram mais de 40% do território.

Palavras-chave: Agricultura, Cerrado, Geoprocessamento, Meio Ambiente, Silvicultura.

Abstract

The Cerrado biome has been suffering from deforestation and an increase in wildfires over the past decade, especially due to the expansion of new agricultural frontiers. The aim of this study was to assess the incidence of deforestation and fire events within the different classes of agricultural potential identified for the municipality of Couto de Magalhães de Minas over the last four decades, using continuous monitoring data provided by the MapBiomias Project, with a spatial resolution of 30 meters. For this study, raster files were obtained, clipped to the municipal boundaries, containing cumulative data on deforestation and fires that occurred between 1985 and 2024. Were generated thematic maps showing the incidence of deforestation and fires in relation to the agricultural potential classes assigned to the municipal territory. The results showed that, over 40 years, the incidence of fires in Couto de Magalhães de Minas was the most concerning environmental degradation factor when compared to deforestation. While deforestation removed about 13.41% of the natural vegetation to make way for human activities, cumulative fire occurrences affected more than 40% of the territory.

Keywords: Agriculture, Cerrado, Geoprocessing, Environment, Forestry.

¹ Pós-Doutorando Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, josimar.oliveira@ufvjm.edu.br

² Doutor em Ciência Florestal, docente na UFMG, getulio.floresta@gmail.com



Introdução

O Governo do Brasil propôs um novo compromisso para reduzir a perda da vegetação nativa na Amazônia e alcançar o desmatamento zero até 2030 (Brasil, 2023). Essa pauta ganhou ainda mais força e visibilidade com a realização da COP30 - Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, em Belém-PA, no ano de 2025. No entanto, em 2024, pelo segundo ano consecutivo e apesar da redução de 41%, o Cerrado permanece como o bioma com a maior área desmatada entre todos os biomas, com mais da metade do total da área desmatada do país (52,5%) totalizando 652.197 ha (MapBiomas, 2025a). Neste contexto, a avaliação da incidência de desmatamento acumulado ao longo de décadas em municípios inseridos no Cerrado é importante, pois, muitas das vezes, a informação genérica de que este bioma vem sendo suprimido não chega aos gabinetes dos gestores e dos legisladores municipais, para que sejam tomadas as decisões com base em dados, visando à adoção de políticas públicas assertivas e da (re)construção de planos municipais de desenvolvimento (urbano e rural) sustentável.

Para além da supressão de vegetação, o bioma Cerrado também sofre com as queimadas, sejam elas de origem espontânea ou antrópica. Arruda (2021), analisando as áreas queimadas no Cerrado de 2000 a 2019, estimou que o fogo ocorreu em 41% do bioma em pelo menos um dos anos dentro do período analisado e que a área média queimada anualmente foi correspondente a 5,4% do bioma. O Cerrado é um ambiente pirofítico, ou seja, um ecossistema que depende do fogo para diversos processos ecológicos (Costa *et al.*, 2023). No entanto, é importante monitorar a paisagem e entender a dinâmica e origem dessas cicatrizes de incêndios, para mitigar os efeitos adversos e adotar medidas para conter ocorrências de origem antrópica.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a incidência das ocorrências de desmatamento e das queimadas dentro das diferentes classes de potencial agrícola identificadas para o município de Couto de Magalhães de Minas, ao longo das últimas quatro décadas, por meio do monitoramento contínuo disponibilizado pelo Projeto MapBiomas, em resolução de 30 metros.

Materiais e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido com enfoque no município de Couto de Magalhães de Minas, que está localizado no Alto Jequitinhonha, com sua sede nas coordenadas geográficas 18° 04' 25" S e 43° 28' 16" W e possui área territorial de 485,654 km² (IBGE, 2025a). Faz limite com os municípios de Diamantina, São Gonçalo do Rio Preto, Senador Modestino Gonçalves, Felício dos Santos, Serra Azul de Minas, Rio Vermelho e Serro.

A altitude média do município é de 726 m, com precipitação anual estimada de 1261,5 mm (Guimarães *et al.*, 2010) e o clima é classificado como tropical de altitude, com inverno seco e verão mais ameno (Cwb) com temperatura média anual de 19,4 °C (Alvares *et al.*, 2013). A população estimada do município é de 4.351 habitantes (IBGE, 2025b).

Para realizar o presente estudo, os dados *raster* referentes a supressão da vegetação nativa (desmatamento) foram obtidos na Coleção 10 de uso e cobertura da terra do MapBiomas (2025b) e aqueles referentes às queimadas foram obtidos na Coleção 4 do MapBiomas Fogo (MapBiomas, 2025c), sendo estes vetorizados. O arquivo vetorial da primeira aproximação do Potencial Agrícola do município de Couto de Magalhães de Minas foi obtido por meio da Base de Dados Geográficos da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (Oliveira,



2021; UFVJM, 2022). Os arquivos foram reprojatados e realizou-se as operações de interseção, dissolução de camadas, criação de colunas de área (nominal e percentual) na tabela de atributos, categorização e elaboração do *layout* final do mapa temático.

Resultados e Discussão

As ocorrências de desmatamento e queimadas acumuladas de 1985 a 2024 são apresentadas espacializadas sobre o mapa de Potencial Agrícola do município de Couto de Magalhães de Minas (Figura 1). As manchas destacadas na Figura 1 - esquerda que estão espalhadas pelo território de Couto de Magalhães de Minas, mas em maior escala de concentração na região norte do município, representam um total equivalente a 65,14 km² de desmatamento acumulado no período de 40 anos. Isso representa um desmatamento de 13,41% em relação a toda a extensão territorial. Deste total desmatado, aproximadamente 8,87% foi substituído pela silvicultura, conforme mostram dados de uso e cobertura da terra, referentes ao ano de 2024 (MapBiomas, 2025b). Essa classe silvicultura, está representada predominantemente, pela cultura do *Eucalyptus* sp., conforme averiguado em incursões de campo. De acordo com Silva *et al.* (2022), o eucalipto começou a ser implantado no Vale do Jequitinhonha em meados de 1970, com a justificativa do Governo Militar de “ocupar” e “integrar” a região.

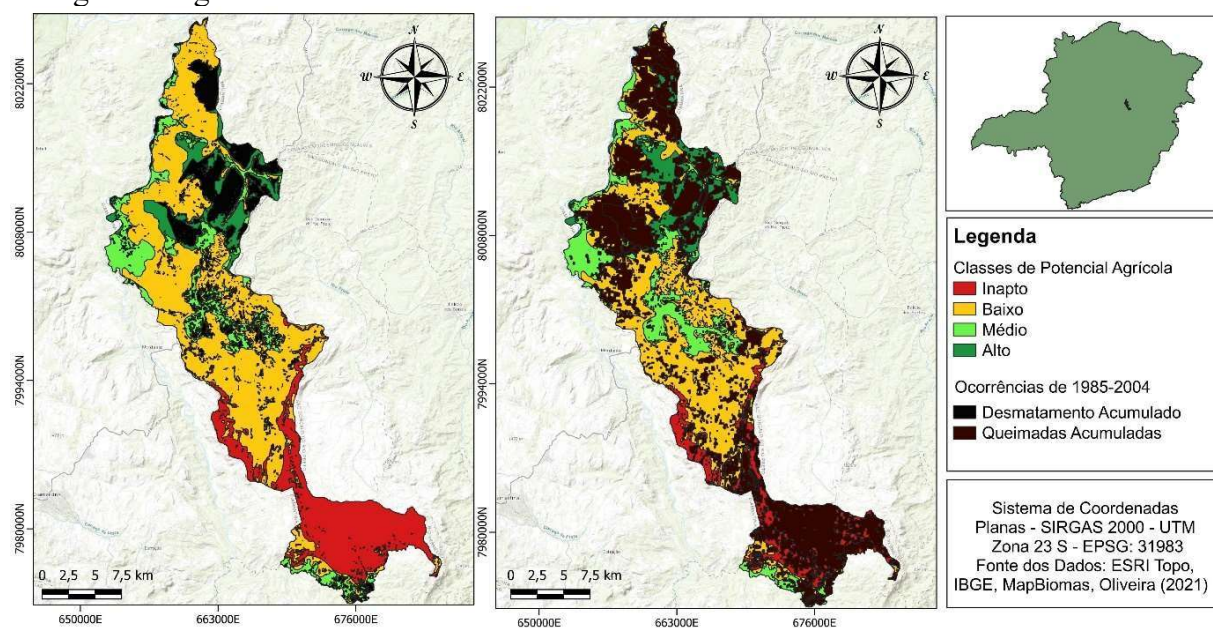


Figura 1 – Desmatamento e queimadas acumuladas em Couto de Magalhães de Minas (MG), ao longo de 40 anos *versus* Potencial Agrícola. Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Fazendo a associação do dado desmatamento acumulado *versus* potencial agrícola (Figura 1 - esquerda), verificou-se que 58,60% das áreas classificadas pela metodologia de Oliveira (2021) como potencial agrícola alto, já foram desmatadas ao longo das quatro décadas analisadas neste estudo; na classe de médio potencial agrícola, o desmatamento acumulado



equivale a 16,69% das áreas, enquanto nas áreas classificadas como baixo potencial agrícola, observou-se apenas 4,30% de desmatamento acumulado.

Mesmo dentro daquelas áreas consideradas como inaptas para o desenvolvimento de atividades agrícolas, há o registro de 0,56% de áreas desmatadas. Um desafio fundamental para alcançar a sustentabilidade agrícola é aumentar a produção sem intensificar o desmatamento e a perda de biodiversidade (IIS, 2025). As manchas projetadas sobre o mapa de potencial agrícola do município de Couto de Magalhães de Minas (Figura 1 - direita) representam as cicatrizes de queimadas acumuladas no período de 1985 a 2024 e representam o equivalente a 202,78 km². Esse dado é preocupante, visto que isso indica que 41,75% do território do município já sofreu com queimadas ao longo destes últimos 40 anos. Costa *et al.* (2023) destacam que o uso do fogo como prática agrícola ainda é comum no Brasil, pois, é um método rápido e barato para o preparo da terra para plantio, que elimina a vegetação da área e estimula o crescimento de gramíneas que servem como pasto.

Ao associar o dado queimada acumulada *versus* potencial agrícola, verificou-se que houve uma incidência de queimadas relevante em áreas consideradas inaptas a atividades agrícolas, posto que 65,55% das áreas classificadas como inaptas foram queimadas no período de 1985-2024. As áreas do território que foram classificadas como de alto potencial agrícola já registraram a ocorrência de queimadas em 42,81%, bem como 35% das áreas de baixo potencial agrícola também sofreram com a incidência do fogo. Já nas áreas classificadas como médio potencial agrícola, este registro foi de 18,95% das áreas queimadas ao longo dos 40 anos. Segundo Oliveira (2021), nas regiões onde estão delimitadas as Áreas de Preservação Ambiental Municipal Rio Manso e Estadual das Águas Vertentes, há predominância de terras com baixo potencial ou inaptas para atividades agrícolas. Portanto, a maioria das áreas queimadas citadas acima, encontram-se dentro de unidades de conservação.

Conclui-se que a incidência de queimadas, no âmbito do município de Couto de Magalhães de Minas, foi o fator de degradação ambiental mais relevante quando comparado ao desmatamento, visto que esse último suprimiu cerca de 13,41% da vegetação natural para dar lugar a atividades antrópicas, enquanto as queimadas acumuladas ao longo de 40 anos alcançaram mais de 40% do território. Mais da metade das áreas classificadas como alto potencial agrícola já foram desmatadas e pouco mais de 40% delas tiveram incidência de queimadas ao longo do período estudado. O desmatamento em áreas classificadas como baixo potencial agrícola ou inaptas à agricultura foi menor, porém houve maior incidência de fogo nestas localidades.

Referências

- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARRUDA, V. L S. Mapeamento de cicatrizes de áreas queimadas no Cerrado usando imagens Landsat, Google Earth Engine e Deep Learning. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, 2021.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): 5ª fase (2023 a



2027). Brasília, DF: MMA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/controle-ao-desmatamento-queimadas-e-ordenamento-ambiental-territorial>. Acesso em: 07 nov. 2025.

COSTA, J.P.; SILVA, I.C.; COSTA, G.M.; RODRIGUES, A.W. Efeito do regime de fogo nas espécies arbóreas de Cerrado *Sensu Stricto*. Revista GETEC, v. 12, n. 41, p. 61-69, 2023.

GUIMARÃES, D.P.; REIS, R.J.; LANDAU, E.C. Índices Pluviométricos em Minas Gerais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 90 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 30).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Território: área da unidade territorial. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2025a. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População estimada: Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2025. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2025b. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2025.

IIS - INSTITUTO INTERNACIONAL PARA SUSTENTABILIDADE. Soluções e estratégias para a redução do desmatamento legal no Cerrado: análise comportamental e financeira. Sumário Executivo. Projeto Incentivos e intervenções para políticas baseadas em comportamento para uma cadeia produtiva de soja sustentável e livre de desmatamento no Cerrado. Rio de Janeiro, 2025.

MAPBIOMAS. RAD2024: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2024 - São Paulo: MapBiomas, 2025a.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. 2025b. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 24 out. 2025.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – Coleção 4 do MapBiomas Fogo. 2025c. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 24 out. 2025.

OLIVEIRA, J.R. Classificação do potencial agrícola de Couto de Magalhães de Minas-MG utilizando ferramentas de geoprocessamento. 2021. Monografia (Especialização em Geoprocessamento Aplicado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Diamantina, MG. 2021.

SILVA, E.P.F.; GALIZONI, F.M.; LIMA, V.M.P.; RIBEIRO, E.M.; DE PAULA, E.J.S.; SANTOS, A.O.; SANTOS, A. F.R. Metamorfose da Chapada: monocultura de eucalipto e tomadas de terras e águas no Alto Jequitinhonha, Minas Gerais. CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária, v. 17, n. 44, p. 63-89, 2022.

UFVJM – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Base de Dados Geográficos: Potencial Agrícola para município de Couto de Magalhães de Minas. 2022. Disponível em: <https://geonode.ufvjm.edu.br/layers/geonode:PotencialAgro>. Acesso em: 30 out. 2025



RELAÇÕES E CONFLITOS ENTRE O URBANO E OS RECURSOS HÍDRICOS NA CIDADE DE CONTAGEM, MINAS GERAIS

Vitória Morais Moreira de Oliveira¹, Ursula Ruchkys de Azevedo², Ana Clara Mourão Moura³

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar as interações entre os espaços urbanos e os corpos hídricos na cidade de Contagem, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, buscando identificar áreas de conflito ou de potencial conflito entre as dinâmicas de ocupação urbana e os recursos hídricos. Para isso, adotou-se uma abordagem metodológica baseada em análise multicritério e análise combinatória, sendo os dados trabalhados por meio de álgebra de mapas no *software* livre Qgis. Os resultados indicam uma clara separação territorial entre as áreas de maior densidade urbana e as áreas com maior potencial hídrico, além da identificação de zonas críticas, que possuem fortes indícios de conflitos atuais ou futuros. Conclui-se que a análise espacial integrada contribui significativamente para o planejamento urbano e ambiental, oferecendo subsídios para políticas públicas mais equilibradas, capazes de conciliar o desenvolvimento urbano com a proteção dos recursos naturais.

Palavras-chave: Espaço urbano, Águas, Multicritério, Geoprocessamento

Abstract

This study aims to analyze the interactions between urban spaces and water bodies in the city of Contagem (MG), located in the metropolitan region of Belo Horizonte, Minas Gerais, seeking to identify areas of conflict or potential conflict between urban occupation dynamics and water resources. To achieve this, a methodological approach based on multicriteria and combinatorial analysis was adopted, with data processed through map algebra using the open-source *software* QGIS. The results indicate a clear territorial separation between areas of higher urban density and areas with greater water potential, as well as the identification of critical zones, which show strong evidence of current or future conflicts... It is concluded that integrated spatial analysis significantly contributes to urban and environmental planning, providing valuable input for more balanced public policies capable of reconciling urban development with the protection of natural resources.

Keywords: Urban space, Water, Multicriteria, Geoprocessing

¹ Mestranda em Geografia, UFMG, morais.vitoria@hotmail.com

² Doutora em Geologia, docente na UFMG, ursularuchkys@cart.igc.ufmg.br

³ Doutora em Geografia, docente na UFMG, anaclaramoura@yahoo.com



Introdução

As regiões urbanas são locais complexos, possuindo diversos elementos, processos e relações, sendo essas sociais, ambientais e econômicas, cercadas de conflitos e potencialidades. Dentre estas, na atualidade vem se destacando as interações urbano e os processos hídricos, muitas vezes conflituosas devido a dinâmica de crescimento das cidades. Como dito por Tucci (2008) a urbanização e todos os processos advindos com ela, geralmente acaba por gerar pressões significativas sobre os recursos hídricos, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade. Junto a isto, é cada vez mais comum a ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como enchentes, inundações, alagamentos ou mesmo secas. Com isso, a expansão urbana intensa, com o lema de crescimento a qualquer custo em detrimento dos recursos ambientais, gerou um cenário com onde não se encontra a natureza no urbano ou quando se encontra, geralmente é em um cenário conflituoso, estando ameaçada.

De acordo com Santos (2006) atualmente a configuração territorial é dita pelas obras dos homens, tendendo-se a negação da natureza natural. Assim, o urbano, nos moldes em que foi implementado a partir da revolução industrial, não condiz com rios a céu aberto, bosques ou mesmo nascentes, sendo estes afastados da área dita como urbana. Com isto, uma região urbana, tende a possuir vias asfaltadas, quadras delimitadas, saneamento urbano, comércio e serviços, ou seja, tudo o que o ser humano entende como progresso. Sob esta ótica, ou os corpos hídricos estão afastados do urbano ou estão em conflito, não a como coexistirem de forma harmoniosa. Sob essa perspectiva, o presente trabalho busca por estudar essas relações entre os espaços dito urbanos e os corpos d'água, presentes em um mesmo território e entender como se dá a existência de ambos nessa realidade compartilhada. Tendo como objetivo, visualizar áreas de conflito ou potencial conflito, que devem ser estudadas e manejadas, buscando remediar os problemas existentes e prevenir os futuros.

Materiais e Métodos

A área analisada foi a cidade de Contagem, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte, com quem faz divisa em diferentes pontos. O município possui, de acordo com o IBGE (2022), uma população de 621.863 habitantes, além de ter uma área urbanizada de 102,33 km², ou seja, 52,55% de sua área total. Desde 2023, a cidade possui quatro grandes macrozonas, que se subdividem em 11 zoneamentos, estando uma grande parcela do município presente na macrozona de proteção ambiental.

Para a realização da pesquisa se utilizou do método de análise multicritério para realização dos cálculos de potencial hídrico e de potencial urbano da localidade, sendo que cada uma das análises considerou uma gama de variáveis específicas, que impactam positivamente ou negativamente nos potenciais estudados. Sendo escolhida pois:

É um procedimento metodológico de cruzamento de variáveis amplamente aceito nas análises espaciais. Ela é também conhecida como Árvore de Decisões ou como Análise Hierárquica de Pesos. O procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do



resultado final. A matemática empregada é a simples Média Ponderada. (MOURA, 2007, p.2901).

Os dados utilizados para as análises foram todos arquivos *shapefiles* disponibilizadas pela cidade no portal GEOCONTAGEM, sendo que algumas delas foram agrupadas para formação de uma variável única. No cálculo de potencial hídrico foram consideradas as variáveis: zoneamento; parques e praças; unidades de conservação e vegetação; águas (lagoas, rios, alagados e nascentes). Enquanto para o cálculo de potencial urbano se utilizou destas mesmas, acrescidas das variáveis: equipamentos urbanos (saúde e educação) e quadras urbanísticas. Considerando o tipo existente para águas e para zoneamento, enquanto nas demais analisando a presença ou ausência do fenômeno.

A escolha dos pesos de cada uma das variáveis se deu a partir do método de DELPHI, ou seja, por meio da consulta à especialistas nas temáticas ambientais e urbanas. Além disso, cada componente das variáveis, foi reclassificada com notas de 0 a 5, sendo que quanto mais próximo a 5, maior a favorabilidade daquele componente em relação ao potencial analisado. Por fim, para entender as áreas de conflitos e de maiores potenciais, aplicou-se a análise combinatória, através da álgebra de mapas, combinando os resultados dos dois potenciais, urbano e hídrico, sendo que cada um dos cenários teve o peso de 50%, optando-se por não priorizar um em detrimento do outro, gerando uma análise em que ambos possuíram o mesmo grau de importância. Por cada cenário contar com cinco componentes, indo de muito alto a muito baixo, ao final se teve 25 possíveis resultados que, a depender da sua localização na matriz, correspondeu a um dos sete cenários mapeados.

Resultados e Discussão

O resultado do cálculo de potencial urbano é apresentado na Figura 1 do esquerdo, onde se vê na parcela sudeste um potencial muito alto. Realidade que nos remete a criação da Cidade Industrial de Contagem Coronel Juventino Dias na década de 1940, que de acordo com Bernardes (2013) gerou impactos sobre espacialidade urbana, em consequência da priorização dada ao setor industrial, em detrimento de aspectos socioambientais no local. Assim, por conta da implementação de um polo industrial no local, houve uma massiva ocupação das regiões ao entorno, localidades estas que se consolidaram como centro industrial e comercial da cidade, sendo então, até os dias atuais, a parte da cidade com maior ocupação espacial.

A região leste, apesar de uma distância um pouco maior com a Cidade Industrial, também apresenta características semelhantes, tendo tanto potencial muito alto quanto o alto, principalmente por fazer divisa com a cidade de Belo Horizonte, capital do estado. Fato que leva parte da população a residir no local, por estar perto de uma centralidade maior, mas com gastos relativamente menores. Enquanto na parcela central, se destaca manchas espalhadas com potencial médio a alto, mas sem conexões entre si, sendo cercadas por uma extensa região de potencial baixo a muito baixo, que não possuem ocupação urbana. Ainda, no extremo noroeste, há três locais de alto potencial levemente próximos, porém, separados do restante pela grande área sem potencial. Neste local se encontra as regiões de Nova Contagem e Icaivera, com grande ocupação urbana e que fazem divisa com outras cidades da região metropolitana de Belo Horizonte, RMBH.

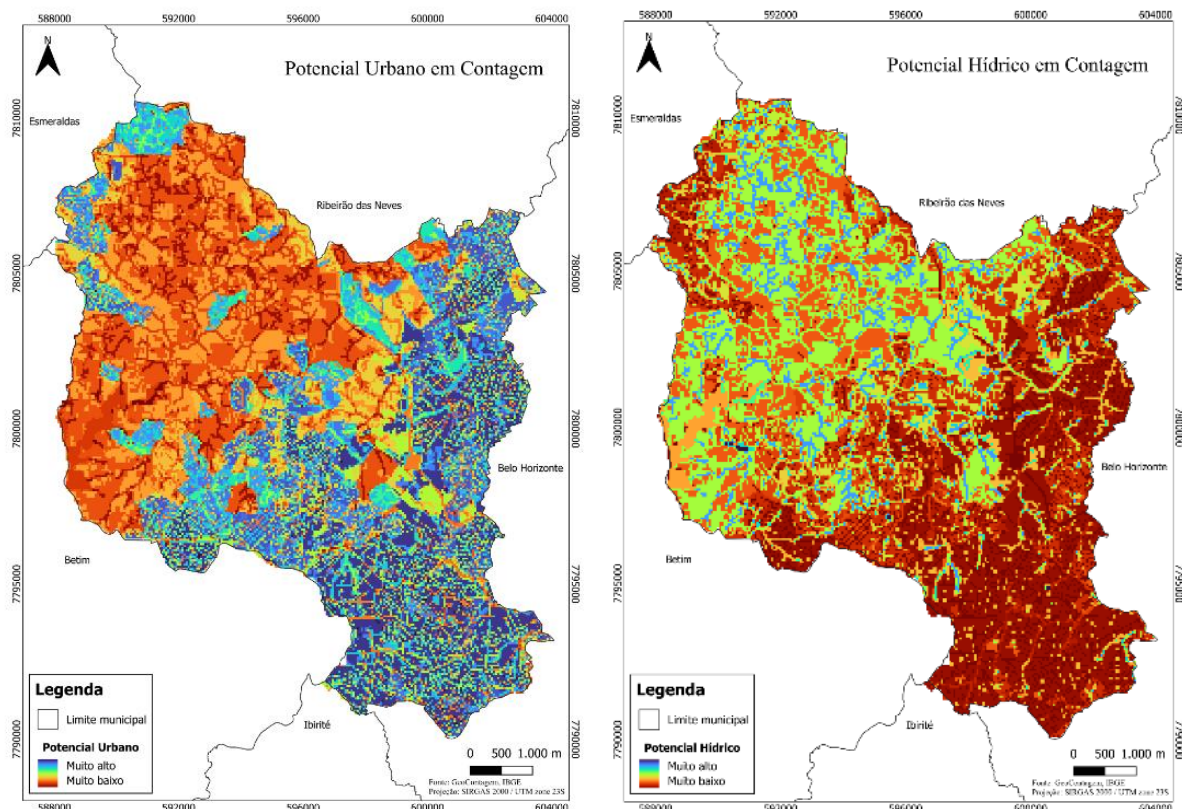


Figura 1 – Potenciais Urbano e Hídrico de Contagem, 2025.
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Um ponto de destaque e que pode causar certa estranheza nessa região, é a represa da Vargem das Flores, que possui grande importância hídrica para a RMBH, mas que aparece baixo potencial hídrico. Isso se deu, por conta de a porção de água em si, ter apenas dados na variável águas, pois não possui vegetação, parques ou mesmo zoneamento sobrepostos a massa de água da represa. Como visto na Figura 1, a parcela de água não é considerada pela prefeitura de Contagem, em nenhuma das zonas que dividem a cidade, diferente dos demais corpos hídricos da cidade. Apesar disso, a represa é imprescindível para as questões hídricas regionais, fazendo parte, segundo a ANA, do Sistema Paraopeba, que garante o abastecimento de água para cerca de 3,5 milhões de pessoas da RMBH.

Assim, é possível visualizar na Figura 2 os sete cenários finais da relação urbano x hídrico existente na cidade de Contagem. Assim como nos mapas anteriores, há uma clara distinção entre noroeste e sudeste, tendo a região sudeste uma predominância do cenário urbano, com pontos esparsos de conflito, possível conflito futuro ou mesmo sem interesse. As áreas sem interesse nesta região em específico, coincidem com grandes vias da cidade, principalmente por assim como no caso da represa Vargem das Flores, não apresentarem dados na variável de zoneamento.



VI SIMPÓSIO DE MODELAGEM
DE SISTEMAS AMBIENTAIS E
GESTÃO DA PAISAGEM

I SIMPÓSIO DE ESTUDOS
TERRITORIAIS



“O território em disputa: perspectivas e
possibilidades analíticas”

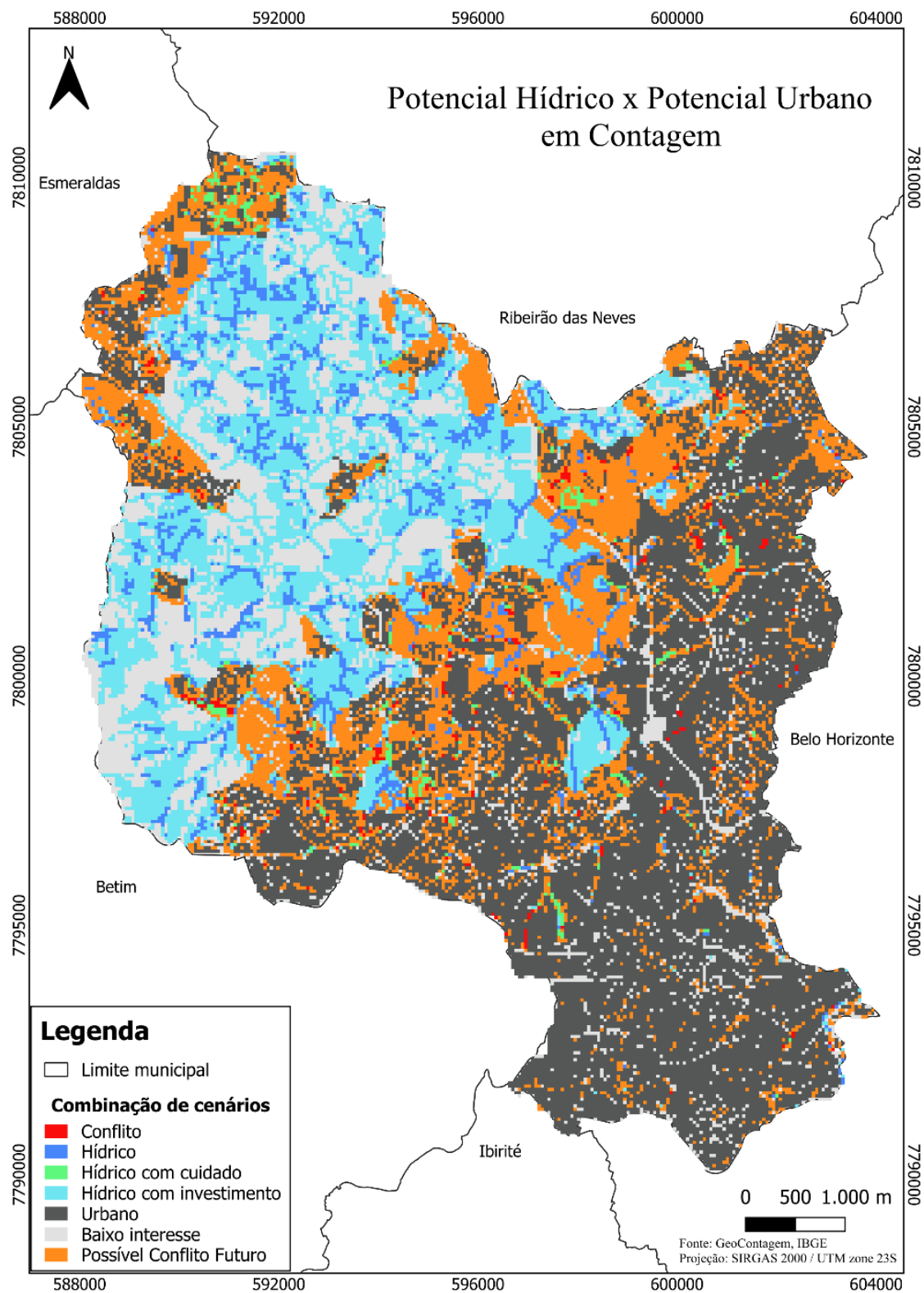


Figura 2 – Conflitos entre potencial Hídrico e Urbano em Contagem, 2025.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).



A região noroeste é o local que apresenta maior existência do cenário hídrico, geralmente envolvidos pelo cenário hídrico com investimento, por serem regiões importantes, mas que carecem de maiores investimentos para proteção e manutenção dos recursos hídricos.

Essa parte do território possui uma quantidade relativamente grande do cenário de possível conflito futuro, geralmente nas margens do urbano e indicando uma possível mancha de expansão urbana, que caso ocorra pode invadir áreas de potencial hídrico e criar áreas urbanas, com carência de investimentos, podendo gerar conflitos de interesse. É visível também uma parcela de urbano, envolta de possível conflito, no extremo noroeste, que como citado, corresponde a duas regiões de alto adensamento populacional, na divisa com outras cidades. Com relação as áreas de conflito, apesar de não estarem presentes em grande quantidade, estão geralmente em localizados próximos aos locais de potencial urbano ou de possível conflito futuro, estando afastadas de regiões com uma maior presença de potencial hídrico.

A análise integrada e aprofundada entre os potenciais hídrico e urbano da cidade de Contagem evidencia a complexidade e a importância das relações entre os processos naturais e a dinâmica de ocupação do espaço urbano. Os resultados obtidos deixam clara a segmentação territorial entre áreas de predominância urbana e aquelas de relevância ambiental, o que reforça a necessidade de um planejamento urbano sensível às questões ambientais, especialmente às relacionadas aos recursos hídricos. Identificou-se áreas de conflito, sobretudo na região sudeste do município, local de maior densidade urbana e menores indicadores de potencial hídrico, cenário que exige atenção e uma busca por soluções, que repense as relações já definidas entre ocupação urbana e os recursos hídricos, tão essenciais a sobrevivência humana.

Além disso, as zonas classificadas como de possível conflito futuro ressaltam a urgência de políticas públicas preventivas, que busquem integrar as duas dimensões, garantindo a preservação dos corpos hídricos e promovendo uma urbanização sustentável. Assim, o estudo reforça a relevância de análises espaciais por meio do geoprocessamento, como instrumentos eficazes para a identificação de áreas prioritárias para ações de gestão territorial e ambiental, buscando uma mudança positiva nas relações urbano e ambiental, de forma a não haver uma priorização de um, em detrimento de outro, mas sim, uma relação harmoniosa entre ambos.

Referências

ANA. Paraopeba. Agência Nacional das Águas, Brasília. Disponível em: < <https://www.ana.gov.br/sar/outros-sistemas-hidricos/paraopeba>>. Acesso em: 07 jun. 2025.

BERNARDES, B. O Bairro Cidade Jardim Eldorado: Contagem sob uma perspectiva da sustentabilidade urbana. 2013. Monografia (Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído) - Escola de Arquitetura da UFMG, Belo Horizonte, [2013]

IBGE. Contagem: Panorama. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. Disponível em: < cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/contagem/panorama>. Acesso em: 07 jul. 2025.

MOURA, A. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análises de Multicritérios. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, p. 2899-2906, [2007]

SANTOS, M. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. - 4. ed. 2. reimpr. [2006]

TUCCI, Carlos. Águas urbanas. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, p. 97-112. [2008]



VARIAÇÃO TÉRMICA E ILHAS DE CALOR URBANAS EM JUIZ DE FORA (MG)

Jhulie Corrêa Casali¹, Ana Carolina Lenz de Assis², Camila de Moraes Gomes Tavares³,
Cássia de Castro Martins Ferreira⁴

Resumo

A pesquisa analisa o Sistema Clima Urbano (SCU), com foco na intensificação das Ilhas de Calor Urbanas (ICU) em Juiz de Fora (MG). O estudo, que integra um projeto de mestrado, utilizou uma metodologia baseada na comparação de dados termométricos horários, coletados entre 19 e 22 de janeiro de 2025 (período de maior intensidade do verão e estabilidade atmosférica), em estações contrastantes: uma urbana e outra rural. Os resultados confirmaram a dinâmica da ICU, com a área urbana registrando temperaturas do ar sistematicamente superiores durante a noite devido à capacidade das superfícies construídas de armazenar e liberar calor. O contraste térmico máximo atingiu 11,7 °C na noite de 22/01/2025, caracterizando uma ilha de calor de magnitude muito forte. O trabalho reforça a necessidade de estratégias de planejamento urbano e mitigação do calor para a melhoria da qualidade ambiental na cidade, embora a limitação metodológica sugira a necessidade de mais pontos de medição e análise sazonal para uma avaliação mais abrangente.

Palavras-chave: clima urbano; campos térmicos; temperatura do ar.

Abstract

The research analyzes the Urban Climate System (UCS), focusing on the intensification of Urban Heat Islands (UHI) in Juiz de Fora (MG). The study, which is part of a Master's project, employed a methodology based on the comparison of hourly thermometric data, collected between January 19 and 22, 2025 (a period of high summer intensity and atmospheric stability), at two contrasting stations: one urban and one rural. The results confirmed the typical UHI dynamic, with the urban area recording systematically higher temperatures during the night due to the capacity of built surfaces to store and release heat. The maximum thermal contrast reached 11.7 °C on the night of 01/22/2025, characterizing a heat island of very strong magnitude. The work underscores the urgent need for urban planning and heat mitigation strategies to improve the city's environmental quality, although the methodological limitation suggests the necessity for more measurement points and seasonal analysis for a more comprehensive assessment.

Keywords: urban climate; rural; temperature.

Introdução

¹ Mestranda em Geografia, UFJF, jhuliecorrea.casali@estudante.ufjf.br

² Mestranda em Geografia, UNESP, ana.cassis.lenz@gmail.com

³ Doutora em Geografia, UFRJ, camila.tardelli.tavares@gmail.com

⁴ Doutora em Geografia, docente na UFJF, cassia.castro@ufjf.br



O Sistema Clima Urbano (SCU), conforme Monteiro (2003), destaca a importância de uma análise integrada dos diversos componentes do ambiente citadino na perspectiva do planejamento urbano. O desenvolvimento do clima urbano é resultado de alterações na paisagem natural que, por sua vez, geram modificações no clima intraurbano (Monteiro, 1993). Esse processo acarreta problemas socioambientais que são intensificados pela urbanização e industrialização (Mendonça, 2010). Embora as paisagens naturais sofram constantes transformações, os efeitos do ar comprometido no ambiente urbano produzem alterações nos elementos climáticos de maneira mais intensa quando comparados ao ambiente rural (Amorim, 2019). Essa alteração se manifesta, por exemplo, nas ilhas de calor atmosféricas, caracterizadas, segundo Amorim (2020) como bolsões de ar quente no ambiente urbano, decorrentes da capacidade diferenciada dos materiais de superfície de armazenar e refletir a energia solar, somada à produção de calor antropogênico. Além da diferença no balanço de energia entre urbano e rural, esse fenômeno pode causar distinções térmicas no interior do próprio meio citadino. A principal referência para se avaliar a interferência das cidades na formação de um clima propriamente urbano é a comparação com o entorno rural próximo, considerado menos alterado em relação à paisagem original (Amorim, 2020).

A intensidade da Ilha de Calor é uma característica fundamental, calculada como a diferença entre a temperatura máxima urbana e a mínima rural no mesmo instante (Oke, 1978). Tais diferenças térmicas permitem classificar a magnitude da ilha de calor, variando de fraca (0 °C a 2 °C) a muito forte (acima de 6 °C), o que viabiliza estudos comparativos entre diferentes cidades (García, 1996). Em regiões brasileiras como Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste, as ilhas de calor podem atingir altas magnitudes, especialmente em cidades médias e grandes (Mendonça, 2010).

A relevância desses fenômenos é amplificada pelo fato de que a maior parte da população brasileira e mundial reside em cidades, ambientes que enfrentam um processo de degradação com impactos diretos na qualidade de vida de seus habitantes (Amorim, 2019). Nas últimas décadas, em nações periféricas e semiperiféricas, as cidades médias ganharam notoriedade populacional, atraindo moradores tanto dos grandes centros quanto dos pequenos municípios. Essa atratividade se deve, principalmente, à moradia mais acessível e à redução do tempo de deslocamento (Pimentel, 2025). Contudo, mesmo as cidades de médio e pequeno porte não estão isentas de fortes transformações em suas paisagens naturais. Além disso, elas também possuem grande importância na economia nacional e concentram a maioria da população brasileira (Amorim, 2019).

Nessa perspectiva, a presente pesquisa visa analisar no município de Juiz de Fora (MG), município com maior extensão e expressão econômica da Zona da Mata Mineira e com considerável crescimento populacional nos últimos anos (Pimentel, 2025), a variação térmica existente a partir da sua variabilidade espaço-temporal, por meio da comparação entre um ponto localizado no perímetro urbano e outro no perímetro rural, verificando a existência e a magnitude de ilhas de calor/frescor.

Materiais e Métodos



Esta pesquisa é parte integrante de um projeto mais amplo de mestrado voltado à investigação do clima urbano e do fenômeno de Ilhas de Calor Urbanas (ICU) na cidade de Juiz de Fora (MG), localizada na região Sudeste do Brasil. O município apresenta um regime térmico sazonal, com temperaturas do ar mais elevadas entre dezembro e fevereiro — correspondentes ao verão — e valores mais baixos em junho e julho, período de inverno, enquanto o outono e a primavera configuram fases de transição entre esses extremos (Ferreira, 2023).

Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizados dados termométricos horários referentes ao mês de janeiro de 2025, provenientes de duas estações meteorológicas representativas de ambientes contrastantes: uma urbana e outra rural. A estação urbana corresponde à automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Já a estação rural é a IJUJZD16, pertencente ao LABCAA e com os dados disponibilizados na rede Weather Underground, situada no distrito de Rosário de Minas. As estações estão aproximadamente 50 km de distância uma da outra e podem ser observadas na figura 1.

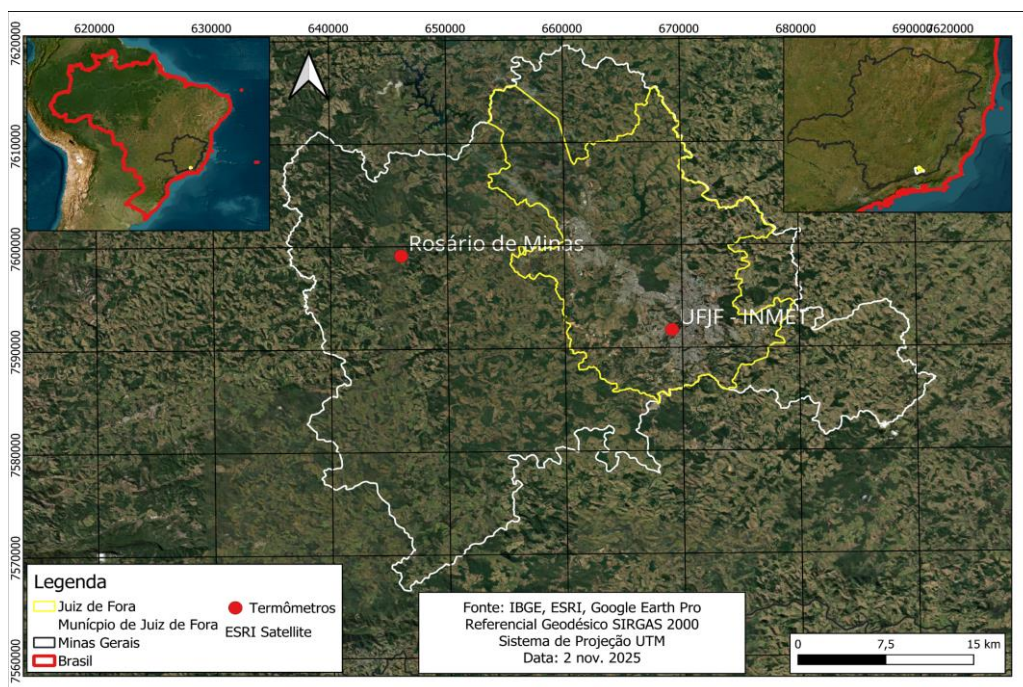


Figura 1 – Mapa de localização dos termômetros em Juiz de Fora-MG, 2025.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A análise foi conduzida por meio da comparação direta das temperaturas do ar registradas simultaneamente nas estações urbana e rural, com o objetivo de caracterizar a variação térmica entre esses ambientes. O período de 19 a 22 de janeiro de 2025 foi selecionado por apresentar condições atmosféricas relativamente estáveis, sob a influência predominante de sistemas de alta pressão, que favoreceram céu claro, ventos fracos e baixa nebulosidade —



fatores favoráveis à manifestação do fenômeno das ilhas de calor (Oke, 1982). Adicionalmente, como Oke (1982) afirma, o verão é uma das estações em que se observa maior intensidade das ilhas de calor, reforçando a relevância da escolha desse período para a análise.

Os dados foram organizados em planilhas do software Microsoft Excel, possibilitando a organização dos dados e gráficos comparativos diários.

Resultados e Discussão

A análise dos dados horários de temperatura do ar, obtidos entre os dias 19 e 22 de janeiro de 2025, está representada na Figura 2, a qual evidencia diferenças térmicas consistentes entre os ambientes urbano e rural. Em todos os dias analisados, a estação urbana apresentou temperaturas do ar sistematicamente superiores durante o período noturno, caracterizando a formação da Ilha de Calor Urbana (ICU). Essa diferença térmica tende a acentuar-se após o pôr do sol, quando o resfriamento radiativo é mais pronunciado nas áreas rurais, conforme descrito por Oke (1982).

Nas primeiras horas da madrugada, verifica-se uma queda mais acentuada da temperatura do ar em áreas rurais, enquanto o ambiente urbano mantém valores relativamente elevados, refletindo a capacidade das superfícies construídas de armazenar e liberar calor de forma gradual (Amorim, 2020). Esse fenômeno é claramente evidenciado nos gráficos analisados. Esse comportamento resulta em uma oscilação térmica diária mais atenuada no espaço urbano, com menores amplitudes térmicas e redução da taxa de resfriamento noturno.

Durante o período diurno, especialmente entre 9h e 15h, o padrão se inverte em diversos dias, com o ambiente rural apresentando temperaturas do ar ligeiramente mais altas. Tal situação decorre do aquecimento mais eficiente das superfícies vegetadas sob forte radiação solar direta e da menor inércia térmica do solo rural. Esse contraste diurno reduz a intensidade da ilha de calor, a qual volta a se intensificar nas horas subsequentes ao pôr do sol. Oke (1982) explica essas variações:

Diverging rates of cooling between the urban and rural environments around sunset produce a sharp increase in intensity to a maximum a few hours (typically 3 to 5 h) later. Thereafter slightly greater urban cooling reduces the intensity until the early daytime rural heating virtually erases the heat island. In some cities there are even reports of slightly lower temperatures in the central area in comparison with the countryside ('cool' islands) (p. 4).

A intensidade máxima da ilha de calor urbana (ICU) foi registrada no início do período noturno, entre 20h e 23h, quando as diferenças de temperatura do ar entre os ambientes urbano e rural atingem seus valores mais elevados. A noite de 22 janeiro apresentou os maiores contrastes térmicos: às 17h, o ambiente rural registrou 19 °C, enquanto o urbano alcançou 28 °C; às 18h, os valores foram 19 °C e 29,7 °C, respectivamente, resultando em uma diferença superior a 10 °C; e às 19h, observou-se o maior contraste, com 19,3 °C no rural e 31 °C no urbano, correspondendo a uma diferença de 11,7 °C, a maior entre os dias analisados. O aquecimento urbano persistiu ao longo da noite, conforme ilustrado no gráfico referente a 22 de janeiro.



VI SIMPÓSIO DE MODELAGEM
DE SISTEMAS AMBIENTAIS E
GESTÃO DA PAISAGEM

I SIMPÓSIO DE ESTUDOS
TERRITORIAIS



“O território em disputa: perspectivas e possibilidades analíticas”

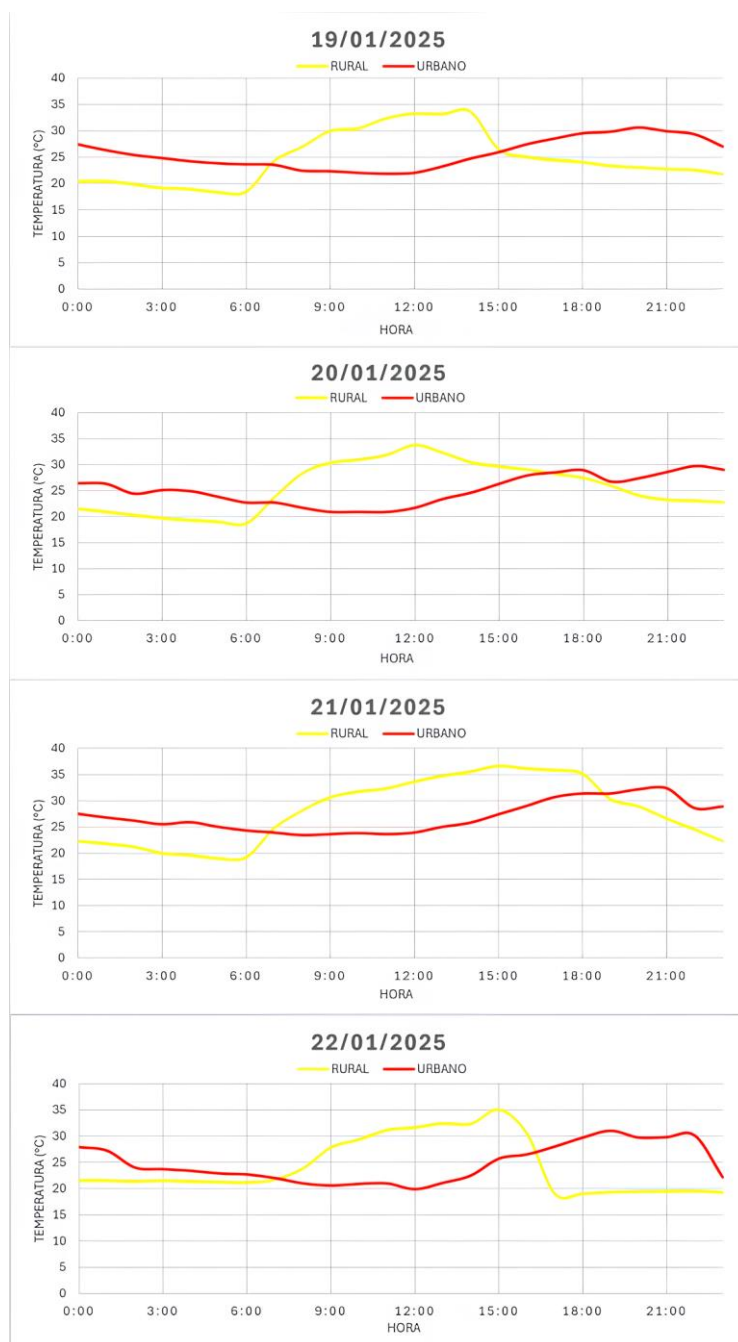


Figura 2 – Gráficos diários de temperatura, 2025.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).



A análise revelou que, durante o período noturno, o resfriamento ocorre de forma mais acentuada no ambiente rural, enquanto a área urbana mantém temperaturas do ar elevadas, com destaque para a noite de 22 de janeiro, quando a diferença entre urbano e rural atingiu 11,7 °C. Vale destacar que a estação do INMET está localizada em uma área de relevo mais elevado da cidade, com presença de cobertura vegetal, o que pode influenciar os resultados obtidos. Durante o dia, observa-se uma inversão momentânea do gradiente térmico, com o ambiente rural apresentando temperaturas do ar ligeiramente superiores devido ao aquecimento mais eficiente das superfícies vegetadas.

Esses padrões confirmam a dinâmica das Ilhas de Calor Urbanas e evidenciam que a magnitude do fenômeno está diretamente relacionada às características das superfícies urbanas e às condições atmosféricas locais. Para uma avaliação mais abrangente, seria recomendável a utilização de múltiplos termômetros distribuídos em diferentes áreas da cidade, especialmente em regiões mais densamente urbanizadas, e a realização de medições em outras estações do ano. Assim, os resultados reforçam a importância de estratégias de planejamento urbano voltadas à mitigação do calor, como a ampliação de áreas verdes e o manejo adequado de materiais de construção, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental da cidade.

Referências

AMORIM, Margarete Cristiane de C Trindade. Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática. Curitiba: Appris, 2020.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 25, p. 22–46, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14136>. Acesso em: 2 nov. 2025.

FERREIRA, Cássia de Castro Martins et al. (org.). Clima de Juiz de Fora 50 anos de dados meteorológicos. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2023.

GARCÍA, Felipe Fernández. Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1996.

MENDONÇA, Francisco. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos a contingência climática. Mercator-Revista de Geografia da UFC, v. 9, n. 1, p. 153-163, 2010.

MONTEIRO, Carlos A. F. e MENDONÇA, Francisco. Clima Urbano. São Paulo: Contexto, 2003.

OKE, T. R. Boundary Layer Climates. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 108, n. 455, p. 1–24, 1982.



ANAIIS DO VI SIMPÓSIO DE MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS E GESTÃO DA PAISAGEM E I SIMPÓSIO DE ESTUDOS TERRITORIAIS

EIXO IV - MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE À EROSIÃO LAMINAR EM BACIA HIDROGRÁFICA NO DOMÍNIO DOS MARES DE MORROS POR MEIO DO MÉTODO WEIGHTED OVERLAY	87
ANÁLISE E PREVISÃO DE OCORRÊNCIAS DE FOGO COM MODELO STARMA: Estudo de caso em oito municípios mineiros	92
APRENDIZADO DE MÁQUINA NA PREDIÇÃO DA TEMPERATURA POR FATORES SOCIOAMBIENTAIS NO RIO DE JANEIRO-RJ	97
AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA BRUTA DO MODIS EM COMPARAÇÃO A DADOS OBSERVACIONAIS EM PLANTIOS DE PALMA DE ÓLEO NO LESTE DA AMAZÔNIA	103
AVALIAÇÃO TEMPORAL DO NDVI EM PROPRIEDADES RURAIS PARTICIPANTES DO PROGRAMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM CAMPO GRANDE-MS	108
MAPEAMENTO DA APTIDÃO TERRITORIAL E ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO FUTURO PARA O PEQUI (Caryocar brasiliense) NA RESTAURAÇÃO BIOECONÔMICA DE ÁREAS DEGRADADAS EM MINAS GERAIS	113
MAPEAMENTO DE POTENCIAL À EROSIÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MANANCIAL SERRA AZUL	119
MAPEAMENTO GLOBAL DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS: Uma abordagem de geointeligência para infraestruturas críticas	124

Patrocínio:



Organização:



Programa de Pós-Graduação
em Análise e Modelagem
de Sistemas Ambientais
Universidade Federal de Minas Gerais



PROGRAMA de
PÓS-GRADUAÇÃO
em GEOGRAFIA





ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LAMINAR EM BACIA HIDROGRÁFICA NO DOMÍNIO DOS MARES DE MORROS POR MEIO DO MÉTODO *WEIGHTED OVERLAY*

Wesley Oliveira Soares ¹, Heitor Carvalho Lacerda ², Geovanna Aparecida de Almeida ³
André Luiz Lopes de Faria ⁴

Resumo

Este estudo teve como objetivo identificar áreas suscetíveis à erosão laminar na Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó (BHRX) utilizando o método *Weighted Overlay*. Foram utilizadas as variáveis uso da terra, formas de relevo, declividade, orientação das vertentes e altitude relativa. A validação por meio da Curva ROC resultou em AUC média de 0,7723, indicando boa capacidade preditiva. A mediana (0,7719) muito próxima da média mostrou a ausência de valores extremos que pudessem distorcer a distribuição. O desvio padrão baixo (0,0021) demonstrou a boa estabilidade do modelo, mesmo com a variação aleatória das amostras de não erosão. De acordo com o modelo, a bacia apresenta as seguintes classes de suscetibilidade: 6,5% muito alta, 20% alta, 26,6% média, 22,3% baixa e 24,6% muito baixa. Conclui-se que o modelo obteve bom desempenho e que o método *Weighted Overlay*, embora simples, é uma ferramenta válida para a análise da suscetibilidade à erosão. Para estudos futuros, recomenda-se aplicar métodos capazes de modelar relações não lineares entre as variáveis, de modo a potencialmente aumentar o poder preditivo do modelo.

Palavras-chave: erosão do solo; modelagem ambiental; análise multicritério; Curva ROC.

Abstract

This study aimed to identify areas susceptible to erosion in the Xopotó River Basin (BHRX) using the Weighted Overlay method. The variables employed were land use, geomorphological forms, slope, aspect, and relative elevation. Model validation through the ROC Curve yielded a mean AUC of 0.7723, indicating good predictive performance. The median value (0.7719), very close to the mean, reflected the absence of extreme values that could distort the distribution. The low standard deviation (0.0021) demonstrated strong model stability, even under random variation of the non-erosion samples. According to the model, the basin exhibits the following susceptibility classes: 6.5% extremely high, 20% high, 26.6% moderate, 22.3% low, and 24.6% very low. Overall, the model presented satisfactory performance, confirming that the Weighted Overlay method—despite its simplicity—is a valid tool for erosion susceptibility assessment. For future studies, it is recommended to apply methods capable of modeling nonlinear relationships among variables, potentially enhancing the model's predictive performance.

Keywords: soil erosion; environmental modeling; multicriteria analysis; ROC Curve.

¹ Mestre em Geografia, UFV, wesleyoliveira.geo@gmail.com

² Doutorando em Geografia, UFMG, heitorcarvalho7@gmail.com

³ Graduanda em Geografia, UFV, geovanna.almeida@ufv.br

⁴ Professor do Departamento de Geografia, UFV, andre@ufv.br



Introdução

A erosão dos solos constitui grande ameaça aos sistemas agrícolas, podendo reduzir em até 10% a produção mundial e remover cerca de 75 bilhões de toneladas de solo até 2050 (FAO, 2021). Dentre as regiões amplamente impactadas pelos processos erosivos, destaca-se a Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó (BHRX) em Minas Gerais, Brasil, como já apontado por Lacerda et al. (2021) e Soares (2023).

Uma das ferramentas úteis para se estudar os processos erosivos são os modelos de suscetibilidade à erosão, que permitem entender a espacialização e intensidade do evento a partir de métodos como os de análise multicritério.

Dentre os métodos multicritérios, destaca-se o *Weighted Overlay*, que se mostra uma técnica simples, porém eficaz em estudos ambientais. Portanto, o objetivo deste estudo foi elaborar um modelo de suscetibilidade à erosão para a BHRX, visando identificar as áreas mais suscetíveis à erosão laminar, bem como compreender o padrão espacial dos processos erosivos.

Materiais e Métodos

As variáveis foram definidas com base em Soares (2023), a saber: declividade, orientação das vertentes, altitude, formas de relevo e uso da terra. Diferentemente de Soares (2023), no presente trabalho optou-se pela utilização da altitude relativa, visando melhor representar as variações altimétricas da bacia.

As variáveis de cunho topográfico foram obtidas utilizando o Modelo Digital de Elevação Copernicus (COPERNICUS, 2019). A variável uso da terra foi gerada a partir de imagem MSI/Sentinel-2 (COPERNICUS, 2017) no nível de processamento 2A e variáveis altimétricas. A classificação foi realizada pelo método *Random Forest*. As classes definidas foram: Mata, Pastagem, Água, Agricultura, Área Construída e Solo Exposto.

A declividade foi reclassificada a partir do método *Natural Breaks*. A orientação das vertentes foi reclassificada conforme o modelo de orientação cardinal (norte, sul, leste, oeste) e plano. A variável formas de relevo foi gerada e reclassificada com base no método de Jasiewicz e Stepinski (2013) e, em seguida, ajustando-se às classes manualmente conforme a relação entre o relevo local e os objetivos e metodologia do presente estudo. A altitude relativa foi reclassificada pelo método *Natural Breaks* e posteriormente ajustada manualmente, para melhor representar os compartimentos geomorfológicos da bacia. O uso da terra foi reclassificado substituindo a classe solo exposto por pastagem, uma vez que o solo exposto corresponde à variável resposta do estudo e sua inclusão como preditor introduziria viés e violaria a independência entre variáveis explicativas e resposta.

O método utilizado para integrar as variáveis foi o *Weighted Overlay*, disponível no software ArcGIS Pro 3.5 (ESRI, 2025). Os pesos globais das variáveis foram: altitude relativa (14%), orientação das vertentes (19%), uso da terra (33%), declividade (23%) e formas de relevo (11%), baseado no estudo de Soares (2023).

As classes e pesos de cada variável foram definidas da seguinte forma:

- (1) **Altitude relativa:** classe 1, vale fluvial / fundo de vale (peso 2); classe 2, pé de encosta / terço inferior (peso 8); classe 3, encosta / terço médio / terço superior / ombro (peso 8); classe 4, topo / Interflúvio (peso 4); classe 5, topos mais altos / Interflúvio nas áreas mais altas (peso 4).

- (2) **Orientação das vertentes:** classe 1, plano (peso 1); classe 2, norte (peso 9); classe 3, leste (peso 6); classe 4, sul (peso 2); classe 5, oeste (peso 4). Conforme Lacerda et al. (2021).
- (3) **Uso da terra:** classe 1, agricultura (peso 5); classe 2, água (peso 1); classe 3, floresta (peso 1); classe 4, pastagem (peso 8); classe 5, área construída (peso 1).
- (4) **Declividade:** classe 1, muito baixa (peso 1); classe 2, baixa (peso 3); classe 3, moderada (peso 5); classe 4, alta (peso 7); classe 5, muito alta (peso 9).
- (5) **Formas de relevo :** classe 1, plano (peso 1); classe 2, topo de morro (peso 5); classe 3, vertentes convexas (peso 9); classe 4, pé de encosta (peso 7); classe 5, vale / depressão / vertentes côncavas / concavidade (peso 3).

Para validação foi utilizada a *Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve* (AUC). Conforme Yesilnacar (2005), valores de AUC entre 70–80% indicam boa predição, 80–90% muito boa e 90–100% excelente. Foram vetorizados 3.889 polígonos (1.796 com erosão e 2.093 sem erosão). Devido este desequilíbrio amostral, aplicou-se *undersampling* da classe majoritária em cada uma das 30 repetições. Após o balanceamento, calcularam-se a média, a mediana e o desvio padrão das AUC.

Resultados e Discussão

A suscetibilidade à erosão (Figura 1) apresentou a seguinte distribuição: 6,5% de áreas com muito alta suscetibilidade, 20% alta, 26,6% média, 22,3% baixa e 24,6% muito baixa.

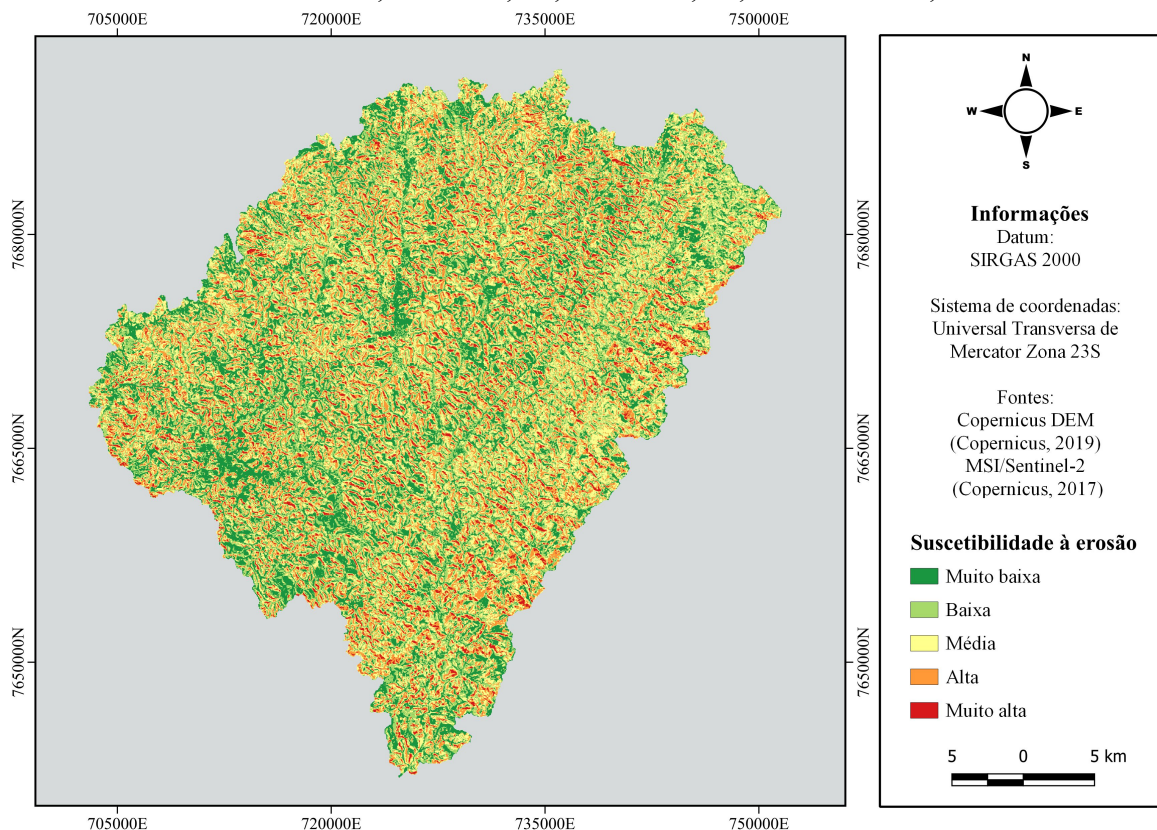


Figura 1 - Suscetibilidade à erosão dos solos na Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó, 2025.
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).



A validação resultou em uma AUC média de 0,7723, valor que, segundo Yesilnacar (2005), indica boa capacidade preditiva. A mediana da AUC (0,7719), praticamente idêntica à média, evidencia a ausência de influência de valores extremos no conjunto de repetições. Além disso, o desvio padrão reduzido (0,0021) confirma a consistência do modelo.

As áreas mais suscetíveis a erosão estão amplamente distribuídas na BHRX, sendo difícil determinar uma grande área focalizada para gestão dos processos erosivos. Dessa forma, a análise da área de estudo deve ser conduzida na escala geográfica de vertente, por ser esse o nível em que os principais controles topográficos e ambientais da erosão se expressam de maneira mais clara. Nesse sentido, devem ser observadas encostas voltadas para o norte, que recebem maior radiação solar, apresentando maior intensidade de processos erosivos (Lacerda et al., 2021); encostas com alta declividade, sendo que 20,3% da BHRX possui áreas com alta ou muito alta inclinação, fato justificado pela rugosidade do terreno impressa na paisagem de Mares de Morros. A análise das formas de relevo evidencia a predominância de vertentes convexas, que representam 48,8% da área e se caracterizam por superfícies inclinadas, onde quanto maior a inclinação da vertente, maior a tendência de ocorrência de processos erosivos (Lacerda et al., 2021); por fim, destaca-se a necessidade de manejo adequado das pastagens, que ocupam aproximadamente 70% da área da bacia. Essa predominância de pastagens e presença de solos expostos está diretamente associada à maior suscetibilidade à erosão ao favorecer a compactação do solo e intensificar o escoamento superficial (Centeri, 2022).

O histórico de uso da terra na BHRX e região indica que a atual degradação resulta de longos períodos de atividade antrópica. Após sucessivos ciclos de desmatamento ao longo dos últimos séculos, a paisagem foi submetida a diferentes fases agrícolas, com destaque para o cultivo de café e cana-de-açúcar (Resende et al., 1996). No cenário atual, predominam pastagens, muitas degradadas e remanescentes esparsos de florestas secundárias.

Em relação ao modelo, no estudo de Lacerda et al. (2021) é possível observar maior homogeneidade e concentração espacial no zoneamento da suscetibilidade a erosão. Tais diferenças resultam diretamente de escolhas metodológicas específicas, podendo também estarem relacionadas a menor extensão da área analisada pelo autor, o que reduz a variabilidade ambiental. Em relação a questão metodológica, esse resultado evidencia a sensibilidade dos métodos multicritério, cujos produtos finais são profundamente influenciados pelas escolhas do pesquisador, como seleção de variáveis, critérios de reclassificação e definição de pesos.

Dessa forma, recomenda-se que estudos futuros adotem abordagens estatisticamente mais robustas, incluindo a seleção prévia de variáveis mais relevantes e com baixa multicolinearidade, bem como procedimentos capazes de lidar com autocorrelação espacial. Também se sugere testar modelos que capturem relações não lineares entre os fatores condicionantes da erosão, além de comparar diferentes técnicas de modelagem e aplicar validações, tanto quantitativas quanto qualitativas. Assim, será possível encontrar a parcimônia entre modelos mais simples de uso por tomadores de decisões e resultados robustos e consistentes com a realidade do ambiente espacialmente modelado.

Apesar das limitações inerentes aos métodos multicritério, ressalta-se que o *Weighted Overlay*, mesmo apresentando estrutura operacional simples, mostra-se uma ferramenta eficaz na análise espacial da suscetibilidade à erosão.

Por fim, com base nos resultados, considera-se que o modelo de suscetibilidade à erosão da BHRX apresenta potencial para auxiliar o planejamento territorial e orientar a atuação de



diferentes *stakeholders*. Entre esses atores, incluem-se órgãos governamentais (como EMBRAPA, EPAMIG e EMATER), comitês de bacias hidrográficas, administrações municipais e produtores rurais, que podem utilizar o produto para apoiar decisões estratégicas relacionadas ao manejo do solo e à mitigação de processos erosivos.

Referências

CENTERI, C. Effects of grazing on water erosion, compaction and infiltration on grasslands. *Hydrology*, v. 9, n. 2, art. 34, 2022.

COPERNICUS DIGITAL ELEVATION MODEL. Copernicus Data Space Ecosystem, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5270/ESA-c5d3d65>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

COPERNICUS PROGRAMME. Sentinel-2/MSI Level-2A Product. 2017. Disponível em: https://doi.org/10.5270/S2_-znk9xsj. Acesso em: 25 de out. de 2021.

ESRI. ArcGIS Pro: versão 3.5. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2025. Software.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Solos saudáveis para as pessoas e para o planeta: FAO pede reversão da degradação do solo. FAO, 2021.

JASIEWICZ, J; STEPINSKI, T. F. Geomorphons: a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, v. 182, p. 147–156, 2013.

LACERDA, H. C.; FARIA, A. L. L. de; FONSECA, H. P.; SILVA, M. A. S. da; SOARES, W. O.; TORRES, F. T. P.; COSTA, L. M. da. Estudo da susceptibilidade à erosão laminar em bacia hidrográfica da Zona da Mata, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 3, p. 1707–1723, 2021.

RESENDE, M.; KER, J. C.; BAHIA FILHO, A. F. C. Desenvolvimento sustentado do Cerrado. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 1996. p. 169–199.

SOARES, W. O. Modelagem da suscetibilidade à erosão laminar (sheet erosion) na bacia hidrográfica do rio Xopotó (MG) através de análise multicritério e machine learning. 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.

YESILNACAR, E. K. The application of computational intelligence to landslide susceptibility mapping in Turkey. 2005. Thesis (PhD) – University of Melbourne, Melbourne, 2005.



ANÁLISE E PREVISÃO DE OCORRÊNCIAS DE FOGO COM MODELO STARMA: Estudo de caso em oito municípios mineiros

Cleide Lana Carneiro de Moraes¹, Evaldo dos Santos Teixeira², Bruna Cristina Pinto³

Resumo

Este estudo aplica o modelo espaço-temporal STARMA para prever focos de incêndio na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), utilizando dados mensais de queimadas registrados entre 2014 e 2023. A área de estudo abrange oito municípios centrais da metrópole e foi estruturada por meio da malha hexagonal H3, resolução 7, cuja geometria regular proporciona maior homogeneidade espacial e precisão na análise. Os dados foram transformados, padronizados e avaliados quanto à estacionariedade e autocorrelação antes do ajuste dos modelos. Foram testadas diversas especificações STARMA, sendo selecionado o modelo de melhor desempenho com base no MAE e no RMSE. Os resultados evidenciam dependências espaço-temporais significativas, com predominância de efeitos negativos associados às vizinhanças próximas. Embora o modelo tenha capturado adequadamente os padrões gerais de dispersão e concentração dos focos de fogo, observou-se tendência de subestimação em áreas com maior intensidade de eventos. Conclui-se que o STARMA é adequado para modelar a dinâmica espaço-temporal das queimadas, mas requer aprimoramentos para melhorar sua precisão preditiva, especialmente em regiões críticas.

Palavras-chave: Modelagem espaço-temporal, previsão, focos de incêndio, malha H3.

Abstract

This study applies the space-time STARMA model to forecast fire outbreaks in the Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH), using monthly burn data recorded between 2014 and 2023. The study area covers eight central municipalities of the metropolis and was structured using the H3 hexagonal grid, resolution 7, whose regular geometry provides greater spatial homogeneity and analytical precision. The data were differenced, standardized, and evaluated for stationarity and autocorrelation prior to model fitting. Several STARMA specifications were tested, and the best-performing model was selected based on MAE and RMSE. The results show significant space-time dependencies, with a predominance of negative effects associated with nearby neighbors. Although the model adequately captured the general patterns of dispersion and concentration of fire outbreaks, a tendency toward underestimation was observed in areas with higher event intensity. It is concluded that STARMA is suitable for modeling the space-time dynamics of fire occurrences but requires improvements to enhance its predictive accuracy, especially in critical regions.

Keywords: Space-time modeling, STARMA, fire outbreaks, H3 grid.

¹ Doutoranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, clcm2024@ufmg.br

² Mestrando em Demografia, UFMG, steixeira05@ufmg.br

³ Doutoranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, brunapinto@ufmg.br



Introdução

Os incêndios florestais e urbanos são eventos que causam impactos socioambientais significativos, especialmente em regiões periurbanas de grandes centros urbanos (Alencar *et al.*, 2015). A literatura internacional apresenta aplicações do STARMA em áreas como meteorologia, criminalidade e qualidade do ar (Anselin *et al.*, 2004; Kang *et al.*, 2010), mas seu uso para previsão de incêndios ainda é incipiente. No contexto brasileiro, não foram encontradas publicações que explorem este modelo para fins preditivos em séries de queimadas. Diante disso, este artigo tem como objetivo aplicar e avaliar o desempenho do modelo STARMA para a previsão de focos de incêndio na RMBH.

Materiais e Métodos

Área de estudo e estrutura espacial

Para fins desta pesquisa, foi adotado um recorte territorial composto por oito municípios centrais da RMBH, incluindo a capital Belo Horizonte, além de Contagem, Betim, Ibirité, Ribeirão das Neves, Santa Luzia, Vespasiano e Sabará. Essa delimitação concentra a maior parte da população, da infraestrutura urbana e da dinâmica de mobilidade e uso do solo da metrópole (IBGE, 2022). Esses contrastes espaciais tornam a RMBH um contexto adequado para análise espaço-temporal de eventos.

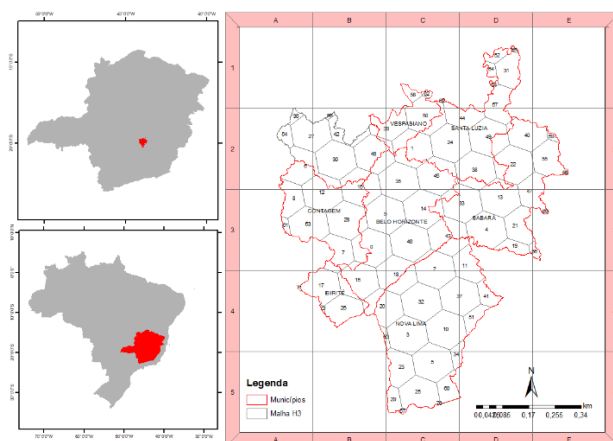


Figura 1: Delimitação da área de estudo e estrutura espacial H3 adotada
Fonte: Elaboração com base em dados do IBGE (2022) e estrutura H3 (Uber, 2020).

A adoção da malha hexagonal H3 desenvolvida pela Uber como estrutura espacial de referência para a análise é uma forma mais robusta e comparável entre diferentes porções do território. O sistema H3, em especial, destaca-se por sua estrutura hierárquica baseada em hexágonos, os quais apresentam a vantagem geométrica de possuírem distâncias equidistantes entre centros vizinhos e compartilhar arestas entre si. Isso garante uma análise espacial mais homogênea, sem a necessidade de distinguir entre vizinhos de aresta ou vértice, como ocorre em outras tesselações. Assim, a escolha pela malha H3-7, neste estudo proporcionou uma representação espacial eficiente, regular e escalável, composta por 70 células adequando-se perfeitamente aos requisitos da modelagem espaço-temporal proposta.

Obtenção de dados e pré-processamento

Os dados foram obtidos do BDQueimadas/INPE, referentes aos meses de julho a outubro, totalizando 40 observações mensais entre 2014 e 2023. A Figura 2 mostra a distribuição espacial dos eventos de fogo sobre a malha hexagonal H3 na RMBH, na qual os pontos representam ocorrências registradas e os hexágonos delimitam as células de agregação espacial.

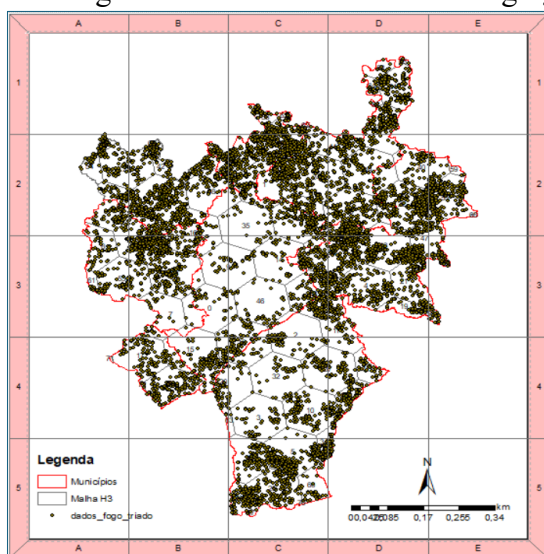


Figura 2: Distribuição espacial dos eventos de fogo registrados na RMBH

Fonte: Elaboração com base em dados do INPE

O conjunto de dados foi transformado por diferença de primeira ordem para remover tendência temporal e padronizado com *stcenter()*. A estacionariedade foi verificada pelo teste ADF, e a autocorrelação analisada por meio de *stacf*, *stpacf* e *stcor.test*. Diferentes modelos STARMA foram ajustados, variando-se as defasagens AR e MA, sendo escolhido aquele com melhor desempenho segundo as métricas MAE e RMSE.

Especificação do modelo STARMA

Os modelos STARMA constituem uma classe específica de métodos destinados à análise de séries temporais espacialmente localizadas. Segundo Pfeifer e Deutsch (1980b), esses modelos são adequados quando se dispõe de observações distribuídas em N locais fixos no espaço, nos quais a dependência temporal está diretamente associada à localização geográfica. A utilização de uma grade espacial regular torna o processo computacionalmente mais eficiente, reduzindo a complexidade necessária para projeções futuras (Glasbey; Allcroft, 2008).

Formalmente, o modelo STARMA incorpora componentes autorregressivos e de médias móveis em múltiplas ordens temporais e espaciais, conforme representado na equação fundamental proposta por Pfeifer e Deutsch (1981). Nessa formulação, p e q representam as ordens temporal autorregressiva e de média móvel, enquanto λ e m descrevem suas respectivas ordens espaciais. Os coeficientes ϕ e θ capturam a intensidade da dependência espaço-temporal, e os termos de erro assumem distribuição normal com média zero e variância constante. O primeiro termo da equação define o modelo STAR, enquanto o segundo representa o modelo STMA; sua



combinação resulta no modelo STARMA geral (Kurt; Tunay, 2015). As subclasses especiais incluem os modelos puramente autorregressivos (AR) e puramente de média móvel (MA), que se obtêm quando $q=0$ ou $p=0$, respectivamente (Pfeifer; Deutsch, 1981).

A vizinhança espacial foi definida a partir da malha hexagonal H3-7, composta por 70 células regulares. A vizinhança de primeira ordem corresponde aos hexágonos contíguos identificados via $k_ring(1)$. A partir disso, foram construídas matrizes de pesos espaciais padronizadas por linha, utilizadas nos termos W_{lyt-k} do modelo STARMA.

Resultados e Discussão

Nesta etapa do estudo, inicialmente buscou-se ajustar um modelo STARMA de baixa ordem, adotando-se um modelo STARMA $(2_1, 2_1)$ por razões de parcimônia. O período analisado compreende 40 observações mensais (2014-2023), o que caracteriza um horizonte de previsão de curto prazo. Antes da definição das ordens autorregressiva e de média móvel, aplicou-se a extensão espaço-temporal do teste de Box-Pierce, cuja finalidade é identificar dependência espaço-temporal residual. Os resultados indicaram rejeição da hipótese de ausência de autocorrelação, confirmando a adequação do uso de modelos espaço-temporais.

O processo de estimação utilizou o filtro de Kalman, dada sua eficiência reconhecida para modelos STARMA (Cheysson, 2016). Diferentes quantidades de iterações foram avaliadas (2, 5, 10 e 50), verificando-se que apenas duas iterações foram suficientes para garantir convergência, conforme inspeção dos coeficientes estimados e do critério BIC. O modelo selecionado apresentou defasagens AR(1,2,3) e MA(1,2,3), resultando nos parâmetros apresentados na Tabela 1, com destaque para coeficientes estatisticamente significativos.

Tabela 1 - Resultado do ajuste para o Modelo STARMA

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	p-valor
$\phi_{1,0}$	-0,871727	0,021850	2,2e-16
$\phi_{2,0}$	0,093776	0,028243	0,0009109
$\phi_{3,1}$	-0,092106	0,022044	3,030e-05
$\phi_{6,1}$	-0,158600	0,021383	1,589e-13
$\theta_{2,0}$	-0,947219	0,044065	2,2e-16

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os coeficientes autorregressivos revelaram predominância de efeitos negativos associados às vizinhanças espaciais próximas, especialmente o parâmetro ϕ_{10} (-0,872; $p < 2,2e-16$), sugerindo comportamento autorregressivo no tempo e no espaço. Termos espaciais mais distantes, como ϕ_{20} e ϕ_{61} , também influenciaram o processo, ainda que em menor magnitude. O componente de média móvel θ_{20} mostrou impacto negativo marcante, indicando persistência dos choques espaço-temporais. De forma geral, o modelo capturou um padrão misto de dependência espacial e temporal, com prevalência de efeitos inibitórios.



As métricas de desempenho obtidas ($MAE=1,47$; $RMSE=2,56$) indicam erro relativamente baixo para previsões agregadas, o que permitiu identificar as áreas mais críticas. A comparação entre valores reais e estimados mostrou que o modelo reproduziu a distribuição espacial dos focos de incêndio, embora com tendência à subestimação em regiões com maior número de ocorrências. Na malha H3 de resolução 7, composta por 70 células, o modelo foi capaz de representar adequadamente o padrão geral, ainda que erros locais tenham ocorrido.

A aplicação da malha H3 contribuiu para uma estrutura espacial mais homogênea, reduzindo distorções de área típicas de unidades administrativas. O desempenho obtido evidencia o potencial do STARMA para capturar dependências espaço-temporais em séries ambientais, em consonância com estudos clássicos de modelagem espaço-temporal (Wikle, 2011; Gelfand *et al.*, 2004). No entanto, limitações quanto à acurácia preditiva sugerem a necessidade de ajustes futuros, como refinamento da padronização, uso de malhas de maior resolução, inclusão de covariáveis ambientais e comparação com técnicas de aprendizado de máquina espacial.

Referências

- ALENCAR, A.; et al. Desmatamento e incêndios florestais na Amazônia: impactos, causas e tendências. *Revista de Estudos Ambientais*, v. 17, n. 2, p. 45–62, 2015.
- ANSELIN, L.; SYABRI, I.; KHO, Y. GeoDa: an introduction to spatial data analysis. *Geographical Analysis*, v. 38, n. 1, p. 5–22, 2006.
- CHEYSSON, A. State-space methods for spatio-temporal models: Kalman filtering and smoothing. *Journal of Time Series Analysis*, v. 37, n. 4, p. 475–497, 2016.
- GELFAND, A. E.; DIGGLE, P.; FUENTES, M.; GUTTORP, P. (ed.). *Handbook of spatial statistics*. Boca Raton: CRC Press, 2004.
- GLASBEY, C. A.; ALLCROFT, D. J. A spatiotemporal autoregressive moving average model for solar radiation. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C*, v. 57, n. 3, p. 343–355, 2008.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estimativas da população e base territorial*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *BDQueimadas: Banco de Dados de Queimadas*. São José dos Campos: INPE, 2024. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- KAMARIANAKIS, Y.; PRASTACOS, P. D. Space-time modeling of traffic flow. *Computers & Geosciences*, v. 31, p. 119–133, 2005.
- KANG, D.; LEE, Y.; LEE, S. Applying STARMA models for air pollution prediction in metropolitan areas. *Environmental Modelling & Software*, v. 25, n. 10, p. 1499–1509, 2010.
- KURT, S.; TUNAY, K. Modeling spatial and temporal dependence: STARMA models. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, v. 4, n. 2, p. 21–36, 2015.
- PFEIFER, P. E.; DEUTSCH, S. J. Three-stage identification of spatio-temporal autoregressive-moving average models. *Technometrics*, v. 22, n. 1, p. 35–47, 1980.
- PFEIFER, P. E.; DEUTSCH, S. J. Identification and interpretation of first-order space-time ARMA models. *Technometrics*, v. 23, n. 2, p. 169–177, 1981.
- UBER. *H3: Hexagonal hierarchical geospatial indexing system*. San Francisco: Uber Technologies, 2020. Disponível em: <https://h3geo.org>. Acesso em: 9 jun. 2025.



APRENDIZADO DE MÁQUINA NA PREDIÇÃO DA TEMPERATURA POR FATORES SOCIOAMBIENTAIS NO RIO DE JANEIRO – RJ

Bruna Cristina Pinto¹, Cleide Lana Carneiro de Moraes², Victor César Gonçalves Silva³

Resumo

O aumento das temperaturas extremas tem se intensificado nos últimos anos, agravando as desigualdades socioambientais nas cidades. Este estudo teve como objetivo analisar a influência de fatores socioambientais na temperatura de superfície no município do Rio de Janeiro - RJ, utilizando modelos de aprendizado de máquina. A partir de imagens da coleção Landsat 08 (2023) e dados socioeconômicos do Censo IBGE 2022, foram obtidas as variáveis temperatura de superfície, NDVI, densidade demográfica, renda média, domicílios sem energia elétrica e queima de lixo, agregadas ao nível de setor censitário. Foram ajustados os modelos de Regressão Linear Múltipla e Random Forest, avaliados por meio de R^2 , RMSE e MAE, com validação cruzada 10-fold. Os resultados indicam que o Random Forest apresentou melhor desempenho preditivo ($R^2 = 0,7621$), enquanto a regressão destacou a influência negativa e significativa do NDVI e da interação entre renda e queima de lixo na temperatura. A vegetação se mostrou um fator-chave na redução da temperatura, e variáveis socioeconômicas indicaram vulnerabilidades territoriais. Conclui-se que a temperatura é modulada por fatores ambientais e sociais interligados e que modelos de aprendizado de máquina são ferramentas eficazes para apoiar o planejamento urbano e políticas de adaptação climática em contextos de desigualdade.

Palavras-chave: Ilhas de Calor Urbanas, NDVI, Vulnerabilidade Social.

Abstract

The increase in extreme temperatures has intensified in recent years, exacerbating socio-environmental inequalities in cities. This study aimed to analyze the influence of socio-environmental factors on land surface temperature in the municipality of Rio de Janeiro, Brazil, using machine learning models. Based on Landsat 08 imagery (2023) and socioeconomic data from the 2022 IBGE Census, the variables extracted included land surface temperature, NDVI, population density, average income, households without electricity, and waste burning, all aggregated at the census tract level. Multiple Linear Regression and Random Forest models were fitted and evaluated using R^2 , RMSE, and MAE, with 10-fold cross-validation. The results show that the Random Forest achieved the best predictive performance ($R^2 = 0.7621$), while the regression model highlighted the negative and significant influence of NDVI and the interaction between income and waste burning on

¹ Doutoranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais. UFMG. bruna.estudoepesquisa@gmail.com

² Doutoranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais. UFMG. clcm2024@ufmg.br

³ Mestrando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais. UFMG. vcgs17@gmail.com



temperature. Vegetation proved a key factor in reducing surface temperatures, while socioeconomic variables revealed territorial vulnerabilities. It is concluded that temperature is modulated by interconnected environmental and social factors, and that machine learning models are effective tools to support urban planning and climate adaptation policies in contexts of socio-spatial inequality.

Keywords: Urban Heat Islands, NDVI, Social Vulnerability.

Introdução

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) registrou 2023 como o ano mais quente da série histórica. A temperatura média anual foi de 24,92 °C, o que representa um aumento de 0,69 °C em relação à média histórica do período de 1991 a 2020, de 24,23 °C. Em 2024, as temperaturas atingiram novos recordes, ficando 0,79 °C acima da média histórica nacional. Segundo o INMET, o aumento das temperaturas nesses anos foi forte, influenciado pelo fenômeno El Niño (INMET, 2025).

Os registros de aumento de temperatura por parte de instituições nacionais estão intimamente ligados ao processo de aquecimento global. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) aponta que o período de 2015 a 2024 corresponde aos dez anos mais quentes já registrados, o que tem contribuído para o aumento da ocorrência de eventos de temperatura extrema em diversas regiões do mundo (OMM, 2025).

Diante de um cenário global de aumento das temperaturas, os processos locais também exercem influência e contribuem para a amplificação dos registros de calor extremo. O avanço da urbanização, a supressão da vegetação e o adensamento das cidades têm favorecido a formação de ilhas de calor, um fenômeno que ocorre principalmente em grandes capitais brasileiras, marcadas por processos de urbanização rápida e desordenada (ALMEIDA; RIBEIRO, 2024).

Eventos relacionados ao calor impactam diretamente a saúde da população, podendo causar desidratação, mal-estar geral e, em casos mais graves, levar à morte. Além disso, segundo estudo da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro, o calor extremo está relacionado ao aumento da mortalidade de idosos e pessoas com doenças crônicas (SMS-RJ, 2024).

Diante desse contexto, esta pesquisa analisa a influência de fatores socioambientais sobre a temperatura de superfície no município do Rio de Janeiro, utilizando modelos de aprendizado de máquina. Os objetivos incluem: estimar temperatura e NDVI a partir de imagens Landsat 2023; integrar dados do Censo 2022 (IBGE); ajustar modelos de Regressão Linear Múltipla e Random Forest; comparar métricas de desempenho (R^2 , RMSE e MAE); e identificar os principais fatores associados às áreas mais quentes da cidade.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

O Rio de Janeiro - RJ foi escolhido considerando a variação e a desigualdade na distribuição de grupos sociais e de suas condições de vida em diferentes áreas do município, bem como a exposição aos eventos de calor extremo. A unidade de análise adotada foi o setor censitário urbano (Figura 1), conforme a divisão do IBGE (2022).

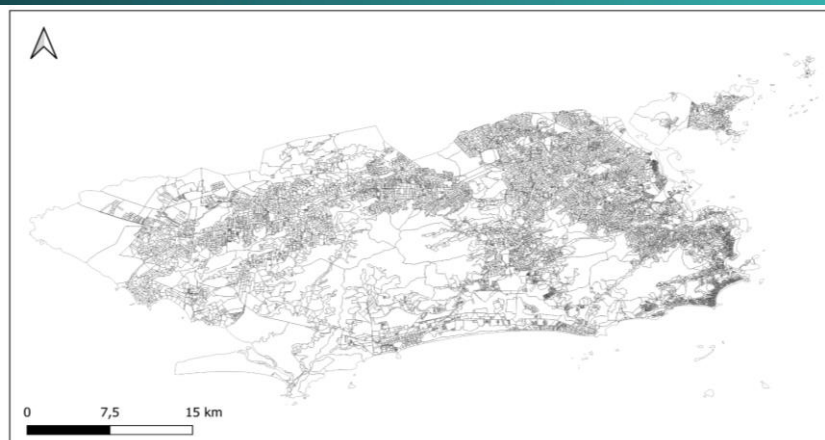


Figura 1 - Setores Censitários do Município do Rio de Janeiro - RJ.
Fonte: IBGE, 2022.

Obtenção de dados e pré-processamento

Os dados ambientais (temperatura da superfície da terra e o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)) para o município do Rio de Janeiro - RJ, foram adquiridos na coleção 1 nível 2 do Landsat 08 disponível no Google Earth Engine (GEE) (Figura2). As imagens foram processadas considerando o ano de 2023 e a filtragem por baixa cobertura de nuvem (<10%) (Figura 2). O NDVI foi calculado a partir das bandas SR_B5 (infravermelho próximo) e SR_B4 (vermelho). A temperatura de superfície foi estimada a partir da banda termal (B10), convertida de kelvin para Celsius.

```
Temperatura
1 // 1. Importar o shapefile do município (substitua pelo seu asset se necessário)
2 var municipios = ee.FeatureCollection('users/brunapinto/municipios'); // Substitua pelo nome do seu asset
3 var rio = municipios.filter(ee.Filter.eq('NM_MUN', 'Rio de Janeiro')); // Nome conforme tabela do shapefile
4
5 // 2. Filtrar coleção Landsat 8 (SR = Surface Reflectance; ST = Surface Temperature)
6 var colecao = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2")
7   .filterBounds(rio)
8   .filterDate('2023-01-01', '2023-12-31')
9   .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 10));
10
11 // 3. Mosaico anual (mediana das imagens do ano)
12 var imagem = colecao.median();
13
14 // 4. Selecionar as bandas desejadas
15 var banda5 = imagem.select('SR_B5'); // Infravermelho próximo
16 var banda10_K = imagem.select('ST_B10'); // Temperatura em Kelvin * 100
17
18 // 5. Converter ST_B10 para °C
19 var banda10_C = banda10_K.multiply(0.00341802).add(149.0).subtract(273.15)
20   .rename('Temp_C');
21
22 // 6. Empilhar bandas para exportação
23 var bandasExportar = banda5.addBands(banda10_C);
24
25 // 7. Visualizar (opcional)
26 Map.centerObject(rio, 10);
27 Map.addLayer(banda5, {min: 0, max: 3000}, 'Banda 5 - NIR');
28 Map.addLayer(banda10_C, {min: 15, max: 40, palette: ['blue', 'yellow', 'red']}, 'Temperatura °C');
29
30 // 8. Exportar imagem para Google Drive
31 Export.image.toDrive({
32   image: bandasExportar.clip(rio),
33   description: 'Landsat8_Rio_B5_TempC_2023',
34   folder: 'ArtigoML',
35   fileNamePrefix: 'rio_b5_tempC_2023',
36   region: rio.geometry(),
37   scale: 30,
38   crs: 'EPSG:4326',
39   maxPixels: 1e13
40 });
```



```

NDVI
1 // 1. Definir área de interesse (retângulo aproximado do município)
2 var municipios = ee.FeatureCollection('users/brunapinto/municipios'); // Substitua pelo nome do seu asset
3 var rio = municipios.filter(ee.Filter.eq('NM_MUN', 'Rio de Janeiro')); // Nome conforme tabela do shapefile
4
5 // 2. Selecionar a coleção Landsat 8 (Surface Reflectance)
6 var colecao = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2")
7   .filterBounds(rio)
8   .filterDate('2023-01-01', '2023-12-31')
9   .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 10));
10
11 // 3. Gerar uma imagem composta (mediana das imagens do ano)
12 var imagem = colecao.median();
13
14 // 4. Selecionar bandas necessárias para o NDVI: NIR e RED
15 var nir = imagem.select('SR_B5');
16 var red = imagem.select('SR_B4');
17
18 // 5. Calcular o NDVI: (NIR - Red) / (NIR + Red)
19 var ndvi = nir.subtract(red).divide(nir.add(red)).rename('NDVI');
20
21 // 6. Visualizar NDVI no mapa
22 Map.centerObject(rio, 10);
23 Map.addLayer(ndvi, {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'green', 'red']}, 'NDVI 2023');
24
25 // 7. Exportar NDVI para Google Drive
26 Export.image.toDrive({
27   image: ndvi.clip(rio),
28   description: 'NDVI_Rio_2023',
29   folder: 'Trabalho do Projeto de Pesquisa',
30   fileNamePrefix: 'ndvi_rio_2023',
31   region: rio,
32   scale: 30,
33   crs: 'EPSG:4326',
34   maxPixels: 1e13,
35 });

```

Figura 2 - Scripts utilizados para adquirir imagens no GEE

Fonte: Colção 1, Nível 2, Landsat 08, GEE.

Já os dados sociais (densidade demográfica, renda domiciliar média, domicílios sem energia elétrica e domicílios que queimam lixo) foram obtidos no censo do IBGE de 2022. Todos os dados foram espacialmente agregados ao nível do setor censitário, utilizando operações zonais de média para as variáveis raster (temperatura e NDVI) no software QGIS. Em seguida, os dados foram unidos, por meio do identificador do setor censitário, aos dados sociais, gerando a tabela a ser utilizada nos modelos de aprendizado de máquina (Figura 3).

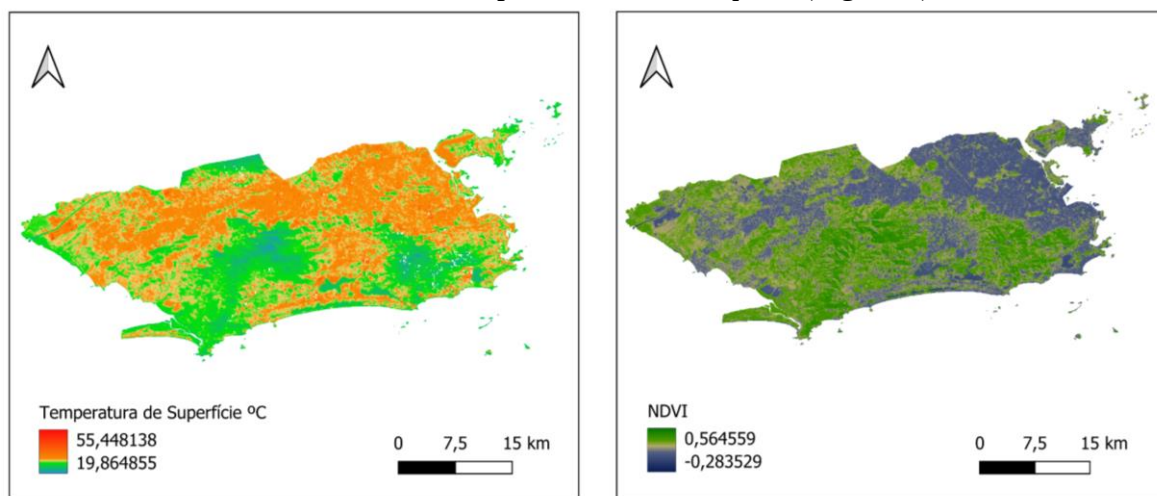


Figura 3 - Mapa de temperatura e NDVI do Rio de Janeiro (RJ) em 2023.

Fonte: Colção 1, Nível 2, Landsat 08, GEE.

Aprendizado de Máquina



Para estimar a temperatura média (Temp_mean) a partir de variáveis socioambientais, foram ajustados os modelos de Regressão Linear Múltipla e Random Forest, considerando como preditoras a densidade demográfica (Dens_Dem), a renda média (Renda_mean), o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI_mean), o número de domicílios sem energia elétrica (Sem_energia) e o número de domicílios com queima de lixo (lixo_em_queima), utilizando o software R.

Forma de Validação

A robustez e a generalização dos modelos foram avaliadas por meio da validação cruzada k-fold, técnica amplamente reconhecida para avaliação de desempenho em modelagem estatística e aprendizado de máquina (Kuhn; Johnson, 2013). Foi empregada a validação cruzada com 10 partições (10-fold cross-validation), na qual os dados foram divididos em 10 subconjuntos. Em cada iteração, nove subconjuntos serviram para o treinamento e um para validação, repetindo-se o processo até que todas as partições fossem utilizadas. Essa estratégia resultou em métricas mais estáveis e menos sensíveis à divisão específica dos dados (James et al., 2021).

As métricas utilizadas na avaliação incluíram o coeficiente de determinação (R^2), o erro absoluto médio (MAE) e a raiz do erro quadrático médio (RMSE). O R^2 expressa a proporção da variância explicada pelo modelo, enquanto MAE e RMSE mensuram a magnitude dos erros de previsão, sendo o último mais sensível a valores extremos. A aplicação conjunta dessas métricas e da validação cruzada assegurou a confiabilidade dos resultados e evitou problemas de sobreajuste (overfitting).

Resultados e Discussão

Modelo de Regressão Linear Múltipla

O modelo de Regressão Linear Múltipla apresentou bom ajuste estatístico, com R^2 ajustado de 0,737, indicando que aproximadamente 73% da variância do logaritmo da temperatura média foi explicada pelas variáveis preditoras. O erro padrão residual foi baixo (0,051) e a significância global do modelo foi confirmada ($p < 2,2e-16$). A interação entre domicílios sem energia elétrica e densidade demográfica apresentou efeito negativo, porém não significativo ($p=0,122$). Já a interação entre renda média e queima de lixo mostrou-se estatisticamente significativa e negativamente associada à temperatura, sugerindo que áreas de maior renda, mesmo em contextos de práticas ambientais inadequadas, dispõem de infraestrutura que mitiga o aquecimento urbano.

Modelo Random Forest

O modelo Random Forest foi treinado com 70% da base de dados e validado com os 30% restantes, utilizando 500 árvores (ntree=500) e três variáveis por divisão (mtry=3). O desempenho foi robusto, com R^2 de 0,7621, o que explica cerca de 76% da variância da temperatura média. O erro médio absoluto (MAE) foi de 472,07, e o erro quadrático médio (MSE) de 448.720,3, ambos compatíveis com a escala da variável resposta. A análise da importância das variáveis indicou o NDVI_mean como o principal preditor da temperatura, reforçando a relação entre a cobertura vegetal e o microclima urbano. A renda média também teve alta relevância, refletindo o papel da infraestrutura urbana na regulação térmica. A densidade demográfica e a queima de lixo contribuíram significativamente, evidenciando interações complexas entre fatores ambientais e socioeconômicos. A variável “Sem energia” apresentou menor importância, mas, ainda assim, representou um indicador de vulnerabilidade urbana.



Comparação de Desempenho

A comparação dos modelos demonstrou que tanto a Regressão Linear Múltipla quanto o Random Forest apresentaram bom desempenho na previsão da temperatura média, com características complementares. O Random Forest mostrou-se mais eficaz para capturar relações não lineares e interações complexas, o que justifica seu melhor desempenho no R^2 . Por outro lado, o modelo linear oferece maior interpretabilidade e clareza sobre os efeitos individuais das variáveis. Assim, o Random Forest é mais adequado para fins preditivos, enquanto a regressão linear é mais indicada para análises explicativas.

Os resultados reforçam que a vegetação urbana é essencial na mitigar as ilhas de calor, enquanto fatores socioeconômicos influenciam a distribuição das temperaturas. Áreas mais adensadas, com menor cobertura vegetal e maior vulnerabilidade social, tendem a registrar temperaturas mais elevadas. Dessa forma, investir em infraestrutura verde e reduzir as desigualdades socioespaciais são estratégias fundamentais para mitigar os efeitos das mudanças climáticas nas cidades brasileiras.

Referências

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Ano de 2023 é o mais quente da série histórica no Brasil. Brasília, 09 jan. 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de-2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-s%C3%A9rie-hist%C3%B3rica-no-brasil>. Acesso em: 01 jul. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). El Niño 2023. Brasília, 25 abr. 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-2023>. Acesso em: 01 jul. 2025.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). WMO confirms 2024 as warmest year on record at about 1.55 °C above pre-industrial level. Genebra, 10 jan. 2025. Disponível em: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>. Acesso em: 01 jul. 2025.

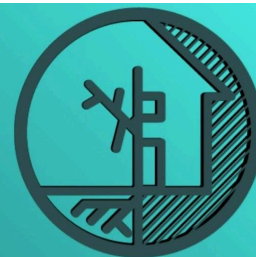
ALMEIDA, P. L. B.; RIBEIRO, F. N. D. Multivariate Analysis of the Urban Heat Island of the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 39, 2024.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DO RIO DE JANEIRO (SMS-Rio). Protocolo de Enfrentamento ao Calor Extremo. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://saude.prefeitura.rio/wp-content/uploads/sites/47/2024/10/Livro_PlanoContingenciaEnfrentamentoCalorExtremo_PDF_Digital_20241024.pdf. Acesso em: 01 jul. 2025.



VI SIMPÓSIO DE MODELAGEM
DE SISTEMAS AMBIENTAIS E
GESTÃO DA PAISAGEM

I SIMPÓSIO DE ESTUDOS
TERRITORIAIS



“O território em disputa: perspectivas e
possibilidades analíticas”

AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA BRUTA DO MODIS EM COMPARAÇÃO A DADOS OBSERVACIONAIS EM PLANTIOS DE PALMA DE ÓLEO NO LESTE DA AMAZÔNIA

Lucas Rangel Coringa Barros¹, Alessandro Carioca de Araújo²

Resumo

A Produtividade Primária Bruta (PPB) é considerada um indicador fundamental para a avaliação da captação do carbono atmosférico. O sensoriamento remoto pode ser uma alternativa ao método das torres para estimar a PPB, embora ainda apresente incertezas em relação às observações *in situ*. Uma avaliação comparativa entre as estimativas de PPB obtidas pelo MODIS e os dados observacionais de uma torre de fluxo em cultivo de palma de óleo no município de Moju-PA revelou discrepâncias significativas. A avaliação estatística baseada no Erro Médio Absoluto (EMA) indicou um erro de $25,3 \text{ gC m}^{-2} \text{ 8 d}^{-1}$. Observou-se ainda que o MODIS apresentou maior erro durante os primeiros anos da série, que coincidem com eventos de El Niño, com EMA de $31,02 \text{ gC m}^{-2} \text{ 8 d}^{-1}$ em 2015–2016, em comparação a $19,05 \text{ gC m}^{-2} \text{ 8 d}^{-1}$ em 2017–2018. Assim como em outros estudos, as divergências entre o MODIS e as medições de torre estão relacionadas à classificação generalizada do solo e à eficiência do uso da luz adotada pelo modelo. A melhoria na classificação de uso e cobertura do solo pode ajustar o valor de eficiência máxima do uso da luz, aprimorando a acurácia das estimativas de PPB para a palma de óleo.

Palavras-chave: PPB, Sensoriamento remoto, El Niño.

Abstract

Gross Primary Productivity (GPP) is considered a key indicator for assessing atmospheric carbon sequestration. Remote sensing can be an alternative to the flux tower method for estimating GPP, although it still presents uncertainties compared to *in situ* observations. A comparative evaluation between GPP estimates obtained by MODIS and observational data from a flux tower in an oil palm plantation in the municipality of Moju-PA revealed significant discrepancies. Statistical evaluation based on the Mean Absolute Error (MAE) indicated an error of $25.3 \text{ gC m}^{-2} \text{ 8 d}^{-1}$. It was also observed that MODIS presented a greater error during the first years of the series, which coincide with El Niño events, with an EMA of $31.02 \text{ gC m}^{-2} \text{ 8 d}^{-1}$ in 2015–2016, compared to $19.05 \text{ gC m}^{-2} \text{ 8 d}^{-1}$ in 2017–2018. As in other studies, the discrepancies between MODIS and tower measurements are related to the generalized soil classification and the light use efficiency adopted by the model. Improvements in land use and land cover classification can adjust the maximum light use efficiency value, enhancing the accuracy of PPB estimates for oil palm.

Keywords: GPP, Remote sensing, El Niño.

¹Mestrando em Ciências Ambientais, UFPA, lucas.barros@ig.ufpa.br

²Doutor em Ciências Geoambientais, docente na EMBRAPA, alessandro.araujo@embrapa.br



Introdução

Segundo Odum (2001), a produtividade primária pode ser definida como a taxa com que a radiação é armazenada, por meio da fotossíntese ou quimiossíntese realizada pelos organismos produtores, na forma de substâncias orgânicas passíveis de serem utilizadas como matéria alimentar. A PPB é fortemente influenciada por variáveis climáticas, como radiação, temperatura, umidade do solo e déficit de pressão de vapor (Chen et al., 2024), além de concentração de CO₂ e características fisiológicas das plantas. Assim, pode ser considerada como a soma da fotossíntese realizada por todas as folhas em escala ecossistêmica (Silva, 2013), sendo expressa na unidade de g C m⁻² ano⁻¹ (Chong et al., 2017). Sua avaliação é fundamental para compreender as relações entre produtividade e condições climáticas.

Nos últimos anos, aumentou a preocupação com os efeitos das mudanças climáticas sobre a agricultura (Abubakar et al., 2022). Entre os principais moduladores climáticos destaca-se o ENOS, cujas fases El Niño e La Niña alteram a temperatura do Pacífico equatorial e afetam o regime de chuvas e a temperatura em regiões tropicais. Essas variações influenciam diretamente a produtividade de culturas como a palma de óleo (Abubakar et al., 2021).

A palma de óleo é uma planta monóica adaptada ao clima tropical, resistente à elevada precipitação, intensa radiação e altas temperaturas (Corley e Tinker, 2007; Chong et al., 2017). O crescimento ideal ocorre entre 24 °C e 28 °C, com 2.000–3.000 mm de chuva anual, podendo tolerar até três meses de seca (Corley e Tinker, 2007; Abubakar et al., 2022). As principais regiões tropicais produtoras incluem África, Sudeste Asiático e Américas, com Indonésia, Malásia e Tailândia liderando a produção global (USDA, 2024). Nesses países, a expansão do cultivo tem sido associada ao desmatamento, perda de biodiversidade e redução dos estoques de carbono (Beese et al., 2022).

No Brasil, a palma de óleo tem ganhado importância no Pará, responsável por cerca de 90% da produção nacional (IBGE), especialmente após a política ZAE, que impulsionou a expansão sobre áreas de pastagem.

A PPB pode ser estimada por torres de fluxo usando eddy covariance, mas o método possui limitações, sobretudo pela representatividade espacial reduzida.

Neste contexto, o sensoriamento remoto surge como alternativa ao método de covariância de vórtices turbulentos, permitindo estimativas espaciais e temporais dos fluxos em diferentes escalas (Chong et al., 2017). Seu uso em palma de óleo tem crescido no Sudeste Asiático (Cracknell et al., 2013; Tan et al., 2014; Fatin et al., 2019; Artika et al., 2023), mas ainda é pouco explorado na Amazônia, o que amplia as incertezas sobre a acurácia das estimativas de PPB por satélite. Diante disso, este estudo avalia a confiabilidade das estimativas de PPB do produto MOD17A2HGF em comparação a dados de torre de fluxo em plantios de palma de óleo no leste da Amazônia.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em um cultivo de palma de óleo híbrida interespecífica (HIE), resultante do cruzamento entre *Elaeis guineensis* e *Elaeis oleifera*. O cultivo pertence à empresa Marborges Agroindústria S.A., uma das principais produtoras de óleo de palma no Brasil, localizada em Moju-PA, com área de 7.700 hectares de palma HIE (Menezes, 2024).



A área de estudo (Figura 1) situa-se em região de clima equatorial úmido, classificada como Af segundo Köppen. Apresenta precipitação média anual de 2403 mm, com estação menos chuvosa entre julho e novembro, e temperatura média anual de 26,5 °C (Menezes, 2024).

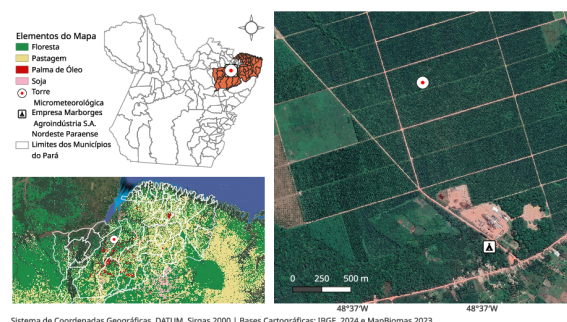


Figura 1 – Mapa da localização da torre micrometeorológica em Moju - PA.

Fonte: Autores (2025).

Uma torre de alumínio foi instalada em dezembro de 2013 (1°58'43,2" S; 48°36'52,8" O) para medições micrometeorológicas, equipada com analisadores de gás por infravermelho e anemômetro ultrassônico 3D, utilizados na estimativa da PPB. A coleta foi realizada por equipes da Embrapa Amazônia Oriental e do Programa LBA. Os dados foram processados no software EddyPRO para obter médias, covariâncias e fluxos necessários ao cálculo da PPB. Para comparação, estimativas de PPB foram obtidas a partir do produto MOD17A2HGF do sensor MODIS acoplado ao satélite Terra da NASA. O produto integra a coleção 6.1 (C61), a versão mais recente. A PPB é estimada para cada pixel, que representa 500 m da superfície, usando um modelo baseado na eficiência da conversão de radiação (Running et al., 1999). Além disso, foram utilizados dados de precipitação acumulada de Belém-PA, por ser a localidade mais próxima de Moju com registros consistentes e disponíveis, permitindo representar adequadamente a variabilidade pluviométrica ao longo do período de estudo. A PPB estimada pelo MODIS foi comparada aos dados observacionais por meio do Erro Médio Absoluto (EMA) e do Erro Médio Quadrático (EMQ). O EMA é mais simples de interpretar e menos sensível a outliers, pois reflete a mediana. O EMQ, embora amplamente usado, é mais sensível a valores extremos e reflete a média (Hyndman; Athanasopoulos, 2016).

Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta as séries temporais da PPB estimada pelos dados de fluxo de CO₂ da torre (curva verde), pelo produto MODIS (curva laranja), e a precipitação acumulada diária para Belém - PA.

As estimativas de PPB do MODIS mostram boa concordância sazonal com os dados da torre, embora haja defasagens nos picos anuais e uma tendência de subestimação pelo satélite. As maiores discrepâncias ocorreram nos primeiros anos, marcados pelo El Niño. A precipitação se relaciona bem com a PPB do MODIS, que aumenta no período seco. Já na torre, essa relação não é clara, pois em 2016 os maiores valores aparecem na estação chuvosa,



provavelmente devido à redução da nebulosidade pelo El Niño, que aumentou a disponibilidade de radiação solar.

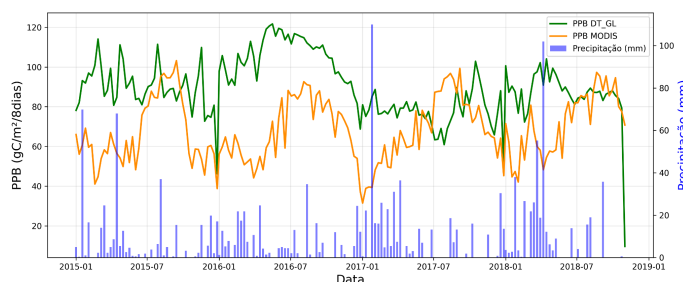


Figura 2 –Série Temporal da PPB acumulada a cada 8 dias obtida por torre de fluxo (verde) e pelo MODIS (laranja), assim como a precipitação diária acumulada (azul) entre 2015 e 2018.

Fonte: Autores (2025).

Essas discrepâncias entre as estimativas do MODIS e as medições *in situ* têm sido atribuídas, sobretudo, à classificação inadequada da cobertura do solo. Cracknell et al. (2013) observaram EMQ de 18% em pixels totalmente cobertos por palma de óleo madura e de até 27% em áreas mistas. No presente estudo, o EMQ entre o MODIS e os dados de torre foi de 30,2%. Observou-se ainda que o MODIS apresentou maior erro durante os primeiros anos da série, que coincidem com eventos de El Niño, com EMA de $31,02 \text{ gC m}^{-2} \text{ 8 d}^{-1}$ em 2015–2016, em comparação a $19,05 \text{ gC m}^{-2} \text{ 8 d}^{-1}$ em 2017–2018.

Tan et al. (2014) identificaram limitações no MODIS Land Cover para áreas de palma de óleo, incluindo acurácia moderada (78,8%), incertezas em variáveis meteorológicas (DPV e RFA) e subestimação da Eficiência do Uso da Luz (EUL). Ajustes locais desses parâmetros melhoraram substancialmente as estimativas de PPB. De forma semelhante, Turner et al. (2006) observaram superestimação do MODIS em áreas de baixa produtividade e subestimação em áreas de alta produtividade, principalmente devido à RFA elevada. Em Moju-PA, condição típica de regiões tropicais, essa alta RFA ajuda a explicar os padrões encontrados neste estudo. De modo complementar, Danelichen et al. (2015) mostraram que sensores de maior resolução espacial, como o Landsat 5 TM, podem fornecer estimativas de PPB mais precisas que o MODIS em ambientes tropicais e de transição.

Assim, os resultados obtidos em Moju seguem a tendência observada em outros estudos, evidenciando que as discrepâncias entre as estimativas do MODIS e as medições de torre estão relacionadas principalmente à classificação generalizada da cobertura do solo, a qual influencia diretamente o parâmetro de EUL utilizado pelo modelo. Conclui-se, portanto, que o uso de produtos com maior resolução espacial, aliado a classificações mais refinadas da cobertura do solo e a ajustes locais de parâmetros biofísicos, pode reduzir substancialmente as incertezas e aprimorar a representatividade das estimativas de PPB em cultivos de palma de óleo na região amazônica.

Referências

CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. The Oil Palm. 4. ed. Oxford: Blackwell, 2007. ISBN 978-0-632-05212-7.



ABUBAKAR, A.; ISHAK, M. Y.; MAKMOM, A. A. Impacts of and adaptation to climate change on the oil palm in Malaysia: a systematic review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 39, p. 54339–54361, 2021.

ABUBAKAR, A. et al. What does modelling tells us on the influence of certain weather parameters on oil palm production in peninsular Malaysia. *Indian Journal of Agricultural Research*, p. 1–6, 2022.

ARTIKA, et al. Estimation of oil palm total carbon fluxes using remote sensing. *Agromet*, v. 37, n. 1, p. 12–20, 2023.

BEESE, L. et al. Using repeat airborne lidar to map the growth of individual oil palms in Malaysian Borneo during the 2015–16 El Niño. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, v. 115, p. 10, 2022.

CHONG, K. L. et al. A review of remote sensing applications for oil palm studies. *Geo-spatial Information Science*, v. 20, n. 2, p. 184–200, 2017.

CRACKNELL, A. P. et al. Evaluation of MODIS gross primary productivity and land cover products for the humid tropics using oil palm trees in peninsular Malaysia and Google Earth imagery. *International Journal of Remote Sensing*, v. 34, n. 20, p. 7400–7423, 2013.

DANELICHEN, V. H. M. et al. Estimating of gross primary production in an Amazon-Cerrado transitional forest using MODIS and Landsat imagery. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, [s. l.], v. 87, n. 3, p. 1545–1564, 2015.

FATIN, M. N. et al. Oil palm dry season analysis based on moderate-resolution imaging spectroradiometer (MODIS) satellite indices. *International Journal of Remote Sensing*, v. 40, n. 19, p. 7663–7678, 2019.

FURUMO, P. R.; AIDE, T. M. Characterizing commercial oil palm expansion in Latin America: land use change and trade. *Environmental Research Letters*, v. 12, n. 2, p. 12, 2017.

SILVA, F. B. *MODELAGEM DA PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA BRUTA NA AMAZÔNIA*. 2013. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 2013.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. *Forecasting: Principles and Practice*. 2. Springer, 2016.

TAN, K. P.; KANNIAHA, K. D.; CRACKNELL, A. P. On the upstream inputs into the MODIS primary productivity products using biometric data from oil palm plantations. *International Journal of Remote Sensing*, v. 35, n. 6, p. 2215–2246, 2014.

TURNER, D. P. et al. Evaluation of MODIS NPP and GPP products across multiple biomes. *Remote Sensing of Environment*, [s. l.], v. 102, n. 3–4, p. 282–292, 2006.

MENEZES, J. F. G. *Modelagem da palma de óleo na Amazônia: Redução da adequabilidade climática até o final do século*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Pará, 2024.

ODUM, E. P. *Fundamentos de ecologia*. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

RUNNING, S. W. et al. MODIS Daily Photosynthesis (PSN) and Annual Net Primary Production (NPP) Product (MOD17): Algorithm Theoretical Basis Document. Washington, DC, 1999. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod17a2hv061/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

XU, X. et al. Stability of gross primary productivity and its sensitivity to climate variability in China. *Frontiers in Plant Science*, v. 15, p. 1–14, 2024. DOI: 10.3389/fpls.2024.1440993



AVALIAÇÃO TEMPORAL DO NDVI EM PROPRIEDADES RURAIS PARTICIPANTES DO PROGRAMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM CAMPO GRANDE – MS.

Ana Laura Biella Pereira¹, Max Paulo Rocha Pereira²

Resumo

As alterações no uso e cobertura da terra afetam diretamente os serviços ecossistêmicos e demandam instrumentos de conservação ambiental. Nesse contexto, os Programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) incentivam práticas conservacionistas em propriedades rurais, cuja efetividade requer monitoramento por indicadores objetivos. Este estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico qualitativo do uso e cobertura da terra em propriedades participantes do PSA localizadas na APA dos Mananciais do Córrego Guariroba, em Campo Grande/MS, entre 2018 e 2023. A análise temporal foi realizada com imagens Sentinel-2 e cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no QGIS. Os resultados indicaram aumento médio de 0,050 no NDVI das propriedades avaliadas, sugerindo incremento da biomassa verde e possível adensamento da vegetação.

Palavras-chave: Uso e cobertura da terra; sensoriamento remoto; geoprocessamento.

Abstract

Changes in land use and land cover directly affect ecosystem services and create a demand for environmental conservation instruments. In this context, Payment for Environmental Services (PES) programs encourage conservation practices on rural properties, whose effectiveness requires monitoring through objective indicators. This study aimed to conduct a qualitative assessment of land use and land cover in properties participating in a PES program located within the Guariroba Stream Watershed Environmental Protection Area (APA), in Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil, between 2018 and 2023. The temporal analysis was performed using Sentinel-2 imagery and the calculation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in QGIS. The results indicated an average increase of 0.050 in the NDVI values of the evaluated properties, suggesting an increase in green biomass and a possible densification of vegetation cover.

Keywords: Land use and land cover; remote sensing; geoprocessing.

Introdução

A intensificação das atividades humanas que transformam o uso e a cobertura da terra tem gerado impactos sobre os recursos naturais e os serviços ecossistêmicos. Nesse contexto, instrumentos de gestão ambiental tornam-se essenciais para compatibilizar desenvolvimento econômico e conservação ambiental.

¹ Mestre em Recursos Naturais, UFMS, anabiella@hotmail.com

² Doutor em Geografia, UFMG, mqualidadeambiental@gmail.com



Entre as estratégias voltadas à proteção dos recursos naturais instituídas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação, destacam-se as Áreas de Proteção Ambiental (APAs), que visam compatibilizar o uso sustentável dos recursos naturais com a preservação dos serviços ecossistêmicos.

Nesse cenário, ganham relevância os Programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), respaldados pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e pela Política Nacional de PSA (Lei nº 14.119/2021), como instrumentos de incentivo à conservação ambiental e ao desenvolvimento rural sustentável. O Programa Manancial Vivo (PMV), implementado na APA dos Mananciais do Córrego Guariroba (Campo Grande/MS) é um exemplo pioneiro, ao vincular incentivos financeiros à adoção de práticas de conservação de solo e água. Os contratos, com vigência entre 2018 e 2023, estabeleciam metas de abatimento do potencial erosivo e recuperação ecológica, embora os protocolos técnicos de monitoramento não tivessem sido previamente definidos (Gjorup et al., 2016; Capoane, 2022).

O presente trabalho buscou diagnosticar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra nas propriedades rurais participantes do PSA na APA do Guariroba, por meio da análise temporal de imagens do satélite Sentinel-2 no software QGIS (QGIS Development Team, 2024), versão 3.40.3., com ênfase no cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), indicador amplamente consolidado para detecção e quantificação da biomassa vegetal (Diodato et al., 2021; Capoane, 2022). Tal abordagem permite fortalecer diagnósticos sobre mudanças ambientais e subsidiar a avaliação da efetividade das políticas públicas de conservação.

Materiais e Métodos

A pesquisa abrange quinze propriedades rurais participantes do Programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), com contratos vigentes entre 2018 e 2023, totalizando 7.232,33 hectares. As propriedades estão localizadas em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, no bioma Cerrado e inseridas na Área de Proteção Ambiental (APA) dos Mananciais do Córrego Guariroba (Figura 1).

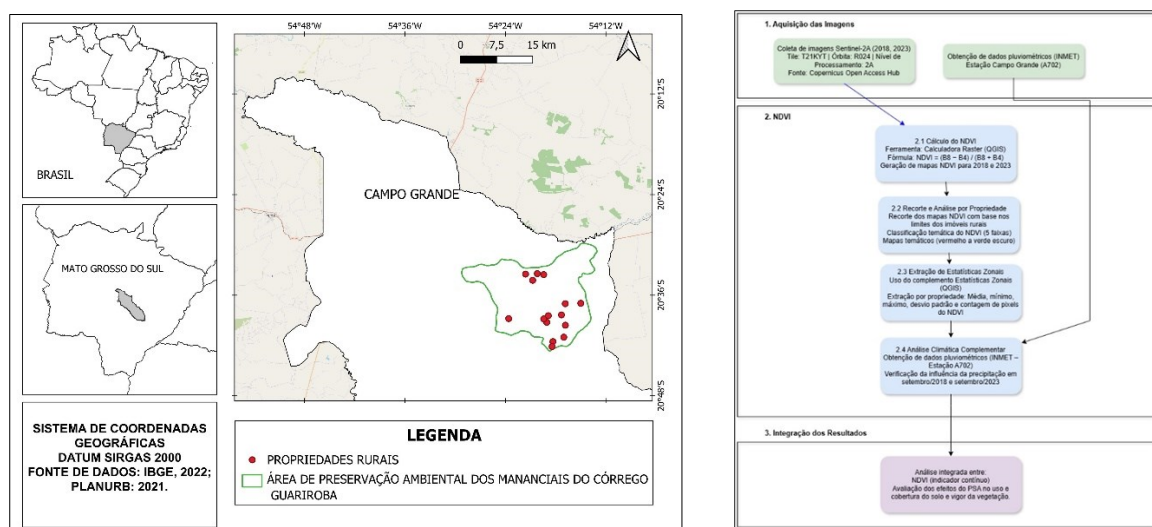




Figura 1. Localização das propriedades rurais, APA do Guariroba, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil (à esquerda); Esquema metodológico da pesquisa, ilustrando resumidamente o fluxo de trabalho (à direita).

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A APA do Córrego Guariroba, com cerca de 36.259 hectares, corresponde à bacia hidrográfica homônima, afluente do Ribeirão das Botas e, posteriormente, do Rio Pardo, este último integrante da bacia do Rio Paraná. Inserida no bioma Cerrado, a área apresenta formações de cerrado stricto sensu, cerradão, vereda, buritizal e matas ripárias, predominando o uso com pastagens (*Brachiaria spp.*) e silvicultura (Capoane *et al.*, 2024; Oliveira *et al.*, 2017).

A fim de viabilizar a definição e análise sobre o incremento ou decréscimo da vegetação, existência/frequência de solo exposto foi realizada avaliação temporal nas quinze propriedades rurais a partir de imagens do satélite Sentinel-2A (sensor MSI), correspondentes às datas de 6 de setembro de 2018 e 10 de setembro de 2023, órbita R024 e tile T21KYT, abrangendo parte da Área de Proteção Ambiental do Guariroba, em Campo Grande/MS. As imagens, de nível de processamento 2A (reflectância de superfície) e resolução espacial de 10 metros, foram obtidas gratuitamente na plataforma Copernicus Open Access Hub, mantida pela Agência Espacial Europeia (ESA).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi calculado no software QGIS (QGIS Development Team, 2024), versão 3.40.3., por meio da ferramenta Calculadora Raster, utilizando as bandas 8 (infravermelho próximo) e 4 (vermelho) das imagens Sentinel-2, (Martins e Silva, 2014). Os produtos gerados foram recortados de acordo com os limites das propriedades analisadas.

A interpretação temporal da cobertura vegetal foi realizada a partir da análise exploratória dos histogramas derivados dos valores de NDVI para cada ano avaliado. Com base na distribuição estatística dos pixels e nos intervalos de frequência observados, os autores definiram faixas temáticas que refletissem diferentes padrões de vigor vegetativo. Assim, os valores de NDVI foram categorizados em cinco classes: solo exposto/água ($\text{NDVI} < 0,10$), vegetação esparsa ($0,10-0,25$), vegetação moderada ($0,25-0,40$), vegetação densa ($0,40-0,55$) e vegetação muito densa ($\text{NDVI} > 0,55$). A representação cartográfica empregou simbologia graduada, do vermelho (baixa resposta da vegetação) ao verde escuro (alta resposta), permitindo a visualização espacial da variação espectral da vegetação nos anos estudados. As estatísticas zonais (contagem de pixels, média, mínimo, máximo e desvio padrão do NDVI) foram extraídas no QGIS para cada propriedade, possibilitando a comparação da densidade e vigor da vegetação entre os anos avaliados. Complementarmente, dados pluviométricos referentes a setembro de 2018 e 2023 foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, estação A702), visando verificar possíveis influências das condições climáticas sobre o vigor da vegetação. A metodologia empregada nesse trabalho é apresentada resumidamente abaixo (Figura 1).

Resultados e Discussão

A análise temporal dos valores médios do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) nas propriedades rurais participantes do Programa de Pagamento por Serviços



Ambientais (PSA) na APA do Guariroba evidenciou tendência positiva entre 2018 e 2023, indicando melhora no vigor vegetativo da cobertura da terra (Figura 2).

As diferenças absolutas de NDVI médio variaram de -0,057 a 0,103, com crescimento expressivo em dez das quinze propriedades avaliadas, que apresentaram aumento superior a 20%. A média geral do NDVI evoluiu de 0,255 em 2018 para 0,306 em 2023, representando incremento de 0,050.

Os dados pluviométricos obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, estação A702) indicaram 89,4 mm de precipitação em setembro de 2018, valor acima da média histórica (77,6 mm), e 64,2 mm em setembro de 2023, ligeiramente inferior à normal climatológica (1981–2010).

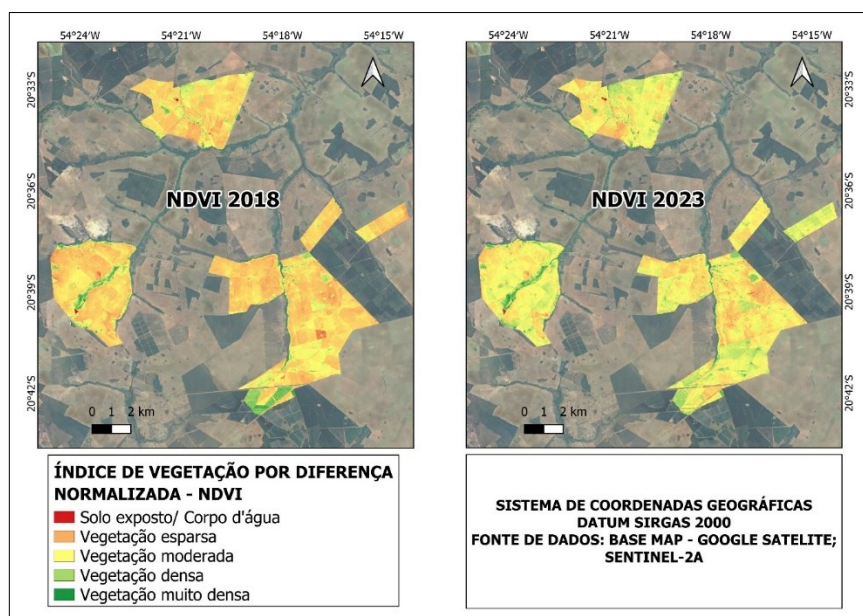


Figura 2. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para as propriedades rurais analisadas em setembro de 2018 e setembro de 2023.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Os resultados indicam que o aumento do NDVI para os anos 2018 e 2023 não pode ser atribuído apenas a variações pontuais associadas ao regime climático, sobretudo porque o índice pluviométrico de 2018 foi superior ao registrado em 2023. Considerando a predominância da pecuária extensiva na região da APA do Guariroba (MapBiomass, 2023), a hipótese reforça que o incremento da biomassa verde está majoritariamente relacionado às ações estruturantes promovidas pelo PSA, tais como manejo adequado das pastagens, proteção de nascentes, recomposição da vegetação nas APPs, implantação de terraceamento, estabilização de processos erosivos e consequentemente intensificação do controle do escoamento superficial, resultando em aumento gradativo da cobertura vegetal e indicando que a recuperação observada não decorre exclusivamente da disponibilidade hídrica natural.

Nesse contexto, o incremento do NDVI pode ser interpretado como uma resposta positiva da paisagem aos processos de conservação induzidos pelo programa, alinhando-se ao regime de uso sustentável estabelecido para a APA. Recomenda-se que futuras ações ampliem o



monitoramento ambiental, com o uso sistemático de técnicas de sensoriamento remoto, de modo a aprimorar a avaliação dos impactos e a efetividade das práticas de conservação (Capoane *et al.*, 2024; Oliveira *et al.*, 2017).

Referências

CAMPANHA, M. M.; et al. **Serviços ecossistêmicos: histórico e evolução**. In: FERRAZ, R. P. D. et al. (ed.). Marco referencial em serviços ecossistêmicos. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

DIODATO, M.A.; et al. **Geotecnologias para Aplicações Ambientais**. Uniedusul: Maringá/PR, 2021. p 288-300.

GJORUP, A. F.; et al. **Análise de procedimentos para seleção de áreas prioritárias em programas de pagamento por serviços ambientais hídricos**. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 225–239, jan./mar. 2016.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias – Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**. São Paulo: MapBiomias, 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>

MARTINS, J. L. F.; et al. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Ndvi) para avaliação ambiental da Bacia Hidrográfica do Alto Guariroba, Campo Grande-MS**. X Fórum Ambiental da Alta Paulista, Periódico Eletrônico, v. 10, n. 2, 2014, pp. 499-512.

OLIVEIRA, A. K. M. de; PIRAJÁ, R. V. **Análise temporal da cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul**. INTERAÇÕES, v. 23, n. 4, p. 997-1011, out./dez. 2022. Universidade Anhanguera-Uniderp Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

OLIVEIRA, A. K. M. et al. **Avaliação temporal das paisagens da Área de Proteção Ambiental (APA) dos Mananciais do Córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, por meio de imagens de satélites**. Ra'e Ga - O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v. 42, p. 8–20, 2017.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Version 3.40.3. Open Source Geospatial Foundation Project, 2024.

SOUZA, V. V. da C. de; GALLARDO, A. L. C. F.; CÔRTEZ, P. L.; FRACALANZA, A. P.; Ruiz, M. S. **Pagamento por serviços ambientais de recursos hídricos em áreas urbanas: perspectivas potenciais a partir de um programa de recuperação da qualidade de água na cidade de São Paulo**. Cadernos Metrópole, São Paulo, v. 20, n. 42, pp. 493-512, maio/ago 2018.



MAPEAMENTO DE APTIDÃO TERRITORIAL E ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO FUTURO PARA O PEQUI (*Caryocar brasiliense*) NA RESTAURAÇÃO BIOECONÔMICA DE ÁREAS DEGRADADAS EM MINAS GERAIS

Alan Gonçalves de Jesus ¹
Getúlio Fonseca Domingues ²

Resumo

A análise espacial multicritério é fundamental para enfrentar o desafio de recuperar 7,9 milhões de hectares de pastagens degradadas em Minas Gerais, meta prioritária do PNCPD-MG. A restauração via bioeconomia, vem se mostrando viável, no uso de espécies nativas como o Pequi (*Caryocar brasiliense*). Existem certas complexidades na modelagem de aptidão para o Pequi. Isso se deve ao fato de a espécie possuir alta tolerância a solos ácidos e distróficos, mas apresentar potencial comprovadamente superior em solos férteis. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desalinhamento metodológico de modelos que falham ao confundir essa tolerância ecológica com a aptidão ótima. Para tanto, utilizou-se o método multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*) em ambiente GIS, integrando dados de solo, vegetação e relevo. Os resultados preliminares evidenciaram que a ponderação baseada apenas na ocorrência prioriza erroneamente áreas de baixa produtividade. Conclui-se necessidade de ajuste metodológicos nos pesos considerando nova abordagem ao potencial produtivo e incorporação de fatores climáticos. O que produzirá um novo recurso nas tomadas de decisão assertivas no âmbito do Programa Pró-Pequi.

Palavras-chave: AHP, Geoprocessamento, Restauração de Áreas Degradadas, Pequi, Risco Climático.

Abstract

Multicriteria spatial analysis is fundamental to address the challenge of recovering 7.9 million hectares of degraded pastures in Minas Gerais, a priority goal of the PNCPD-MG. Restoration via bioeconomy, using native species such as Pequi (*Caryocar brasiliense*), has proven viable. However, there are complexities in suitability modeling for Pequi. This is because the species possesses high tolerance to acidic and dystrophic soils, but presents demonstrably superior potential in fertile soils. The objective of this study was to evaluate the methodological misalignment of models that fail by confusing this ecological tolerance with optimal suitability. For this purpose, the AHP (*Analytic Hierarchy Process*) multicriteria method was used in a GIS environment, integrating soil, vegetation, and relief data. Preliminary results evidenced that weighting based solely on occurrence erroneously prioritizes low-productivity areas. It is

¹ Mestrando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, eng.alangoncalves@gmail.com

² Doutor em Ciências Florestais, docente na UFMG, getulio.floresta@gmail.com



concluded that methodological adjustments to the weights are necessary, considering a new approach to productive potential and the incorporation of climatic factors. This will provide a new resource for assertive decision-making within the scope of the Pró-Pequi Program.

Keywords: AHP, Geoprocessing, Restoration of Degraded Areas, Pequi, Climate Risk.

Introdução

O estado de Minas Gerais enfrenta o desafio de recuperar 7,9 milhões de hectares de pastagens degradadas, meta prioritária do Plano Nacional de Conversão de Pastagens Degradadas (PNCPPD-MG, 2024). A restauração via bioeconomia, focada em espécies nativas, é apontada como a estratégia mais promissora para garantir a viabilidade financeira desses projetos (Krainovic et al., 2025).

Neste contexto, o Pequi (*Caryocar brasiliense*), espécie patrimônio estadual (Minas Gerais, 2001) e foco do Programa Pró-Pequi (Seapa, 2024), surge como vetor principal. Contudo, a modelagem de aptidão para o Pequi é complexa. A espécie demonstra alta rusticidade, sendo apta para recuperação de áreas degradadas e ocorrendo majoritariamente em solos ácidos (Distróficos) (Cria, 2025). No entanto, seu potencial produtivo (crescimento e frutos) é comprovadamente maior em solos férteis (alta V% e K) e limitado pela toxicidade (H+Al) (Santana e Naves, 2003).

Esta dicotomia revela a lacuna metodológica central: modelos de aptidão baseados apenas em ocorrência (tolerância) falham ao não priorizarem o potencial produtivo. Este trabalho utilizou o método multicritério AHP (Analytic Hierarchy Process) (Saaty, 1977), em ambiente QGIS, para gerar um mapa de aptidão preliminar para o Pequi. O trabalho objetivou avaliar o desalinhamento metodológico entre modelos de aptidão para o cultivo do pequi, que privilegiam a área de ocorrência em detrimento do potencial produtivo. Para tanto, foi desenvolvido modelo baseado em AHP em ambiente GIS, que verificou a confusão entre tolerância ecológica (alta ocorrência em solos ácidos) e potencial produtivo (crescimento ótimo em solos férteis). Este fato ficou evidenciado nos resultados preliminares comprovado pelo desalinhamento metodológico, ocorrido ao se utilizar uma ponderação AHP subjetiva que confunde tolerância ecológica com aptidão ótima. A análise crítica deste desalinhamento é a base para a proposição de futuros ajustes metodológicos, como a inclusão de fatores climáticos (Köppen) e a calibração dos pesos do solo.

Materiais e Métodos

A área de estudo abrange o estado de Minas Gerais. Considerou-se como atributo socioeconômico relevante para a compreensão deste trabalho, a meta de recuperação de 7,9 milhões de hectares de pastagens degradadas meta essa estabelecida pelo Plano Nacional de Conversão de Pastagens Degradadas (PNCPPD-MG). Considerou-se como atributo ambiental



principal a ocorrência locacional do Pequi (*Caryocar brasiliense*). Esta espécie central do Programa Pró-Pequi (Seapa, 2024).

No desenvolvimento do trabalho, as fontes de dados e materiais incluíram o software QGIS para geoprocessamento e a linguagem Python para a aquisição automatizada e tratamento previo de dados do SoilGrids. As bases cartográficas utilizadas para nas análise e modelagem foram: Os dados de mapeamento de pastagens degradadas foram obtidos por meio da coleção do Projeto MapBiomass Brasil v. 9.0; as Classes de Solo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), os dados Textura média 0 a 60 cm da plataforma SoilGrids (ISRIC, 2020) ; a altitude através do Modelo Digital de Elevação obtido na plataforma de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema) (Minas Gerais, 2025); o Clima Atual com a classificação de Köppen (Minas Gerais, 2025); e os dados de ocorrência da espécie obtidos via SpeciesLink (Cria, 2025).

Utilizou-se como base das etapas metodológicas, o método multicritério AHP – Analytic Hierarchy Process (Saaty, 1977). Foi realizada uma análise multicritério, onde os dados (Solo, Textura, Altitude/Clima) foram vetorizados, e por meio da ordem arbitrária hierárquica normalizados com pesos (0 a 1), neste processo a camada classes de solos recebeu 37 classificações distintas. Posteriormente, todas as camadas foram rasterizadas. Realizou-se a ponderação, sendo atribuído valores (0 a 9) aos dados. Gerou-se uma matriz de combinação pareada com razão de consistência (RC) de 0.0583. Sendo produzido mapa preliminar via álgebra de mapas e combinação linear ponderada no QGIS. O percurso metodológico completo adotado na pesquisa está sintetizado na Figura 1.



“O território em disputa: perspectivas e possibilidades analíticas”

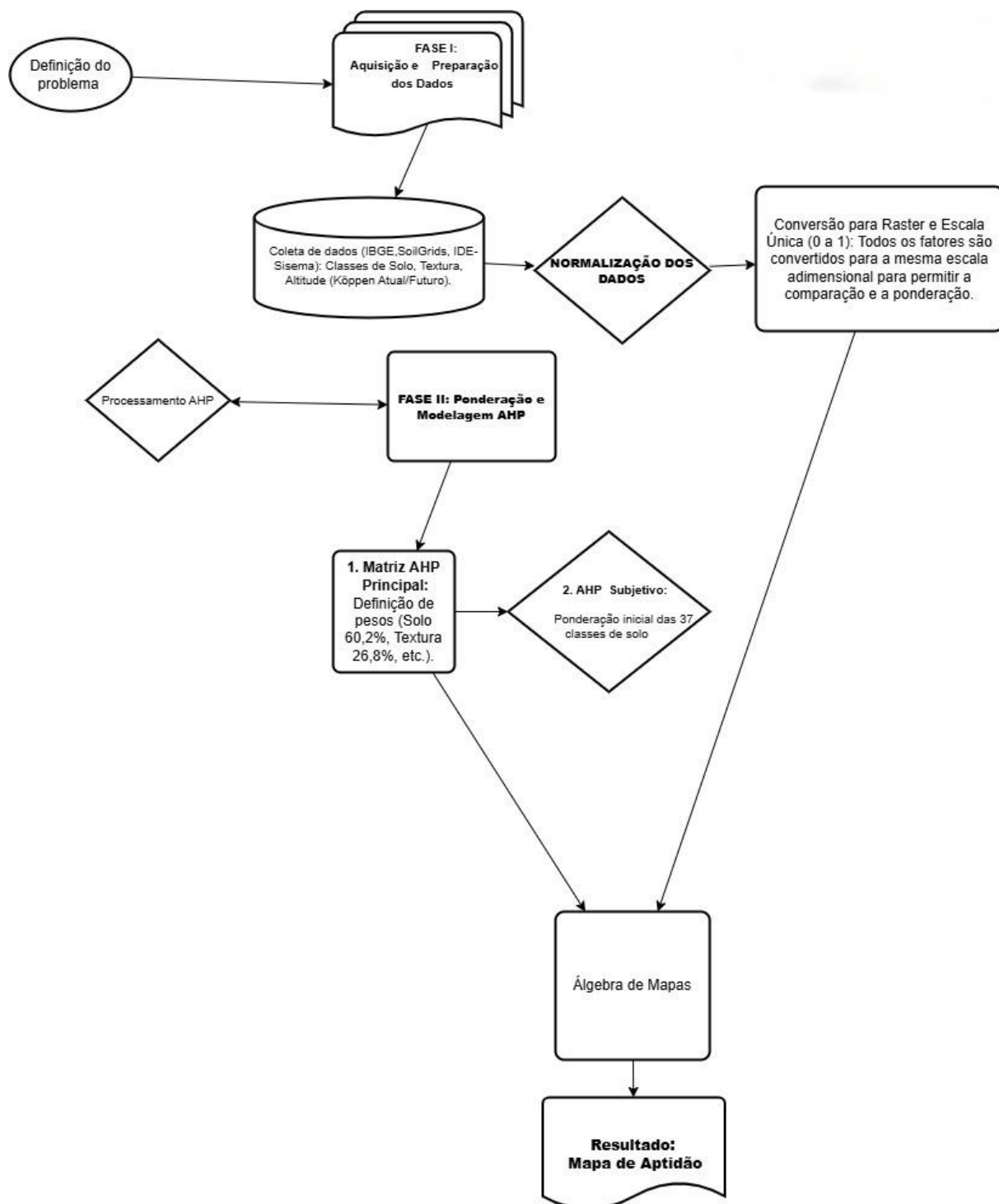


Figura 1 – Fluxograma da criação do mapa de aptidão, 2025.
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Resultados e Discussão

A aplicação inicial do modelo AHP (Analytic Hierarchy Process), com uma Matriz Principal consistentemente julgada ($CR=0.0583$), gerou o Mapa de Aptidão Preliminar (Figura 2). A sobreposição dos pontos de ocorrência do Pequi (SpeciesLink) neste mapa revelou o principal resultado deste estudo: um desalinhamento metodológico significativo.

Este desalinhamento ocorreu porque a ponderação subjetiva inicial (Sub-AHP) falhou ao confundir Tolerância Ecológica (a alta ocorrência em Latossolos Distróficos) com Potencial Produtivo (crescimento ótimo em solos férteis). O modelo preliminar priorizou incorretamente áreas de alta acidez, que, embora amplamente ocupadas pelo Pequi (ocorrência), são cientificamente comprovadas como limitantes para o crescimento e a produção de frutos (Santana e Naves, 2003). Adicionalmente, o fator Altitude (proxy para Clima) recebeu um peso baixo (4.1%) na matriz AHP, o que se mostrou insuficiente para restringir a aptidão às faixas de temperatura ideais da espécie, conforme indicado pelos dados de ocorrência (SpeciesLink). Como mostra a figura 2.

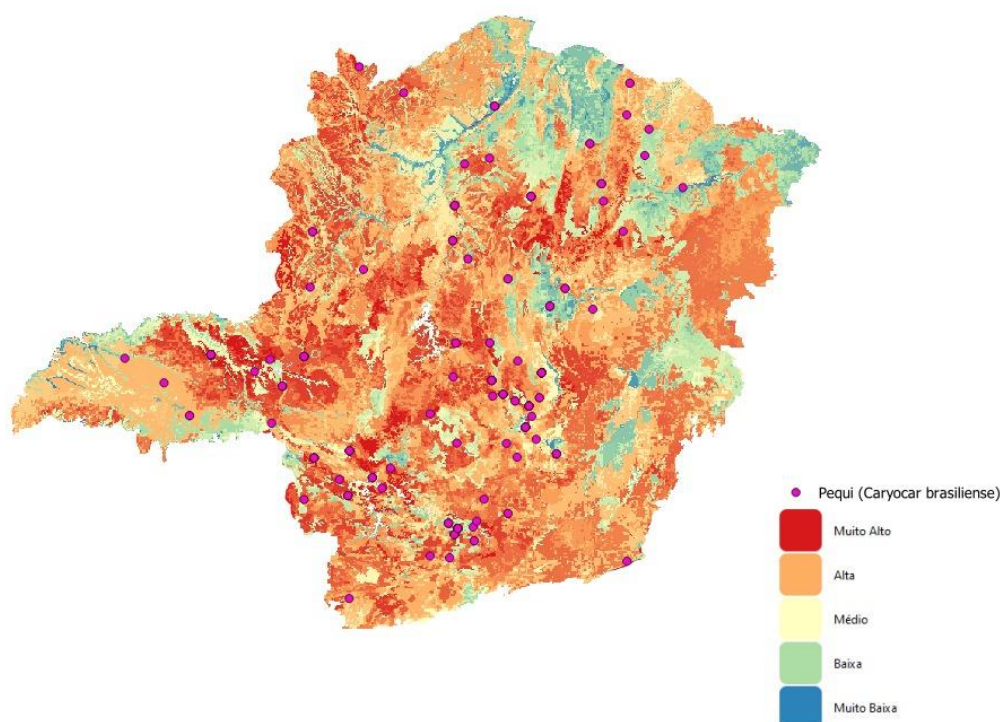


Figura 2 – Mapa Preliminar de Aptidão do Pequi, 2025.
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).



O principal resultado encontrado foi o desalinhamento do mapa de aptidão preliminar, comprovando que a ponderação subjetiva inicial do AHP estava desajustada. Conclui-se que a modelagem de aptidão para espécies nativas (Pequi) não pode ser baseada apenas na frequência de ocorrência (Tolerância), mas deve calibrar o potencial produtivo. A falha do modelo preliminar indica a necessidade de revisar a matriz AHP como etapa futura. Esta proposição de ajuste inclui: (1) calibrar os pesos das classes de solo para refletir o potencial produtivo (penalizando H+Al e premiando V%) (Santana e Naves, 2003), e (2) aumentar o peso do fator climático (Altitude/Köppen), visto que a temperatura interfere diretamente na presença da espécie. O ajuste desta metodologia é essencial para que o mapa final possa subsidiar corretamente o PNCPD-MG e o Programa Pró-Pequi (Seapa, 2024).

Referências

ISRIC – WORLD SOIL INFORMATION. SoilGrids250m 2.0. Wageningen: ISRIC, 2020. Disponível em: <https://soilgrids.org/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

KRAINOVIC, P. M. et al. Bioeconomic opportunities in restored tropical forests. *Ambio*, 2025.

MINAS GERAIS. Lei 13.965, de 27 de julho de 2001. Cria o Programa Mineiro de Incentivo ao Cultivo, à Extração, ao Consumo, à Comercialização e à Transformação do Pequi e Demais Frutos e Produtos Nativos do Cerrado – PRÓ-PEQUI. Assembleia Legislativa de Minas Gerais. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/13965/2001/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD). Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA). [S.l.]: [s.n.], 2025. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

PNCPD-MG. Conversão de Pastagens Degradadas em Sistemas de Produção Agropecuários e Florestais Sustentáveis - Plano de Priorização de Áreas e Estimativas de Investimentos - Minas Gerais. Brasília, DF: MAPA, 2024.

SAATY, T. L. A scaling model for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SANTANA, J. das G.; NAVES, R. V. Caracterização de ambientes de cerrado com alta densidade de pequizeiros (*Caryocar brasiliense* Camb.) na região Sudeste do Estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 33, n. 1, p. 1-10, 2003.

SEAPA-MG. Programa Pró-Pequi. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2024. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/agricultura/pagina/pro-pequi>. Acesso em: 17 nov. 2025.



MAPEAMENTO DE POTENCIAL A EROSÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MANANCIAL SERRA AZUL

Antonio Nahum Fernandes Reis¹, Maria Luiza Matsumoto Diniz², Ludmila da Silva França³, Louise Alves de Almeida Paixão⁴ e Isabela Diogenes Maranhão Costa⁵

Resumo

A bacia hidrográfica do manancial Serra Azul, localizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte, é responsável por parte significativa do abastecimento público e tem sido afetada por pressões antrópicas que intensificam processos erosivos e de assoreamento. Diante desse cenário, o presente estudo propõe mapear o potencial erosivo na bacia, empregando técnicas de geoprocessamento por meio da Análise Espacial Multicritério (AEM), integrando variáveis como declividade, geologia, pedologia, uso e cobertura da terra e índice pluviométrico, padronizadas e ponderadas para obtenção de um índice final de vulnerabilidade. Os resultados indicam um maior potencial erosivo nas porções centro, oeste e sul da bacia, onde o relevo acidentado e solos mais frágeis coexistem com usos intensivos da terra. Tal cenário se mostra incompatível com os objetivos de conservação estabelecidos pela APA Igarapé e a APE Serra Azul, evidenciando a fragilidade de suas medidas de proteção e ressaltando o presente estudo como subsídio para o planejamento territorial e à preservação da qualidade da bacia.

Palavras-chave: Análise Multicritério, Gestão de bacias hidrográficas, Potencial erosivo.

Abstract

The Serra Azul watershed, located in the Metropolitan Region of Belo Horizonte, is responsible for a significant share of public water supply and has been affected by anthropogenic pressures that intensify erosion and siltation processes. In this context, the present study aims to map the erosive potential of the basin using geoprocessing techniques through Multicriteria Spatial Analysis (MCA), integrating variables such as slope, geology, soil types, land use and land cover, and rainfall index were integrated, standardized, and weighted to obtain a final vulnerability index. The results indicate that the highest erosive potentials are concentrated in the central, western, and southern portions of the basin, where rugged terrain and more fragile soils coincide with intensive land use. This scenario is incompatible with the conservation objectives established by the “APA Igarapé” and the “APE Serra Azul”, highlighting the fragility of their protective measures and underscoring the present study as a valuable input for territorial planning and for preserving the basin’s environmental quality.

Keywords: Multicriteria Analysis, Watershed Management, Erosive Potential.

Introdução

¹ Graduando em Geografia, UFMG, antonionahum03@gmail.com

² Graduanda em Geografia, UFMG, matsumotomalu.ufmg@gmail.com

³ Graduanda em Geografia, UFMG, ludmila.franca005@gmail.com

⁴ Graduanda em Geografia, UFMG, louisealvesctt@gmail.com

⁵ Graduanda em Geografia, UFMG, isabeladiogenesmc005@gmail.com



Os represamentos artificiais, conhecidos como reservatórios, constituem uma infraestrutura essencial para atender às demandas das grandes cidades, com usos que variam desde o abastecimento de água e geração de energia até atividades de lazer. Contudo, nas últimas décadas, o crescimento populacional e a expansão urbana no Brasil, intensificaram as pressões sobre os recursos hídricos e o solo. Atividades inadequadas, como a exposição e retirada da vegetação, contribuem para o aumento de processos erosivos, que por sua vez, culminam no aporte de sedimentos para os cursos d'água, causando assoreamento e a perda progressiva do volume do reservatório (Alves e Magalhães Júnior, 2025; Nahum et al., 2025).

A bacia do manancial Serra Azul, sub-bacia do Rio Paraopeba, localizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), ilustra esse cenário. Responsável por 20% do abastecimento da região, o manancial tem enfrentado diversos impactos decorrentes das atividades humanas em sua bacia. A crise hídrica de 2014, ressaltou isso, quando o reservatório atingiu apenas 5,2% de seu volume útil (Santos e Silva, 2015).

Diante desse contexto, as técnicas de geoprocessamento surgem como ferramentas valiosas para o mapeamento e a compreensão das áreas com maior tendência ao carreamento de sedimentos, um processo que pode contribuir tanto para o assoreamento quanto para a eutrofização do reservatório. Portanto, este trabalho tem como objetivo principal mapear o potencial de erosão na bacia do Manancial Serra Azul, por meio de uma análise multicritério.

Materiais e Métodos

A bacia do Manancial Serra Azul está localizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), em Minas Gerais, abrangendo os municípios de Mateus Leme, Igarapé, Itaúna e Juatuba. Com uma área de aproximadamente 262 km², a bacia apresenta uma superfície cuja configuração do relevo e distribuição dos solos está fortemente condicionada à diversidade litológica local. As porções sul e central são dominadas por rochas sedimentares e metassedimentares, como siltitos, argilitos, arenitos, filitos e xistos, enquanto o setor oeste apresenta afloramentos de rochas graníticas fraturadas. Essa variação de materiais influencia diretamente a gênese e espacialização das classes de solos na bacia, resultando no predomínio de Latossolos em áreas de topografia mais suave, Cambissolos associados às litologias graníticas e Neossolos Litólicos em encostas íngremes, onde perfis rasos e pouco desenvolvidos conferem maior suscetibilidade aos processos erosivos (IDE-SISEMA, 2010; CPRM, 2019).

O uso e cobertura do solo (MAPBIOMAS, 2024), revela uma paisagem intensamente antropizada onde a cobertura natural original convive com intensas atividades humanas. A vegetação original, por exemplo, composta por Mata Atlântica e Cerrado, encontra-se fragmentada, dando lugar a expansão da pastagem e dos mosaicos de uso. A mineração destacada no setor sul, impõe pressões sobre os recursos hídricos, igualmente as áreas urbanizadas a leste.

Em síntese, o padrão de uso e cobertura do solo na bacia do manancial Serra Azul evidencia um território em conflito: atividades produtivas como a pecuária e a mineração



coexistindo com fragmentos de vegetação nativa e áreas legalmente protegidas. Tal cenário é agravado pela correlação entre os domínios geológicos e as classes de solos, que evidenciam a necessidade de uma abordagem integrada no planejamento do uso e ocupação do território.

A avaliação da vulnerabilidade ambiental na área de estudo foi realizada por meio de uma Análise Multicritério (AEM) em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), fundamentada na proposta metodológica de Crepani et al. (2001). As variáveis consideradas para composição do índice de vulnerabilidade foram: geologia, declividade, pedologia, uso e cobertura da terra e intensidade das chuvas. A intensidade pluviométrica foi mapeada a partir de dados da plataforma Hidroweb da ANA, selecionando estações com dados mensais completos para o ano de 2024. Foi calculada a média do período chuvoso, posteriormente interpolada para gerar um mapa contínuo, cuja classificação seguiu o potencial de intensificação de processos erosivos relacionados à energia da chuva.

O fluxograma na Figura 1 ilustra os procedimentos metodológicos no tratamento dos dados espaciais adquiridos e execução da AEM.

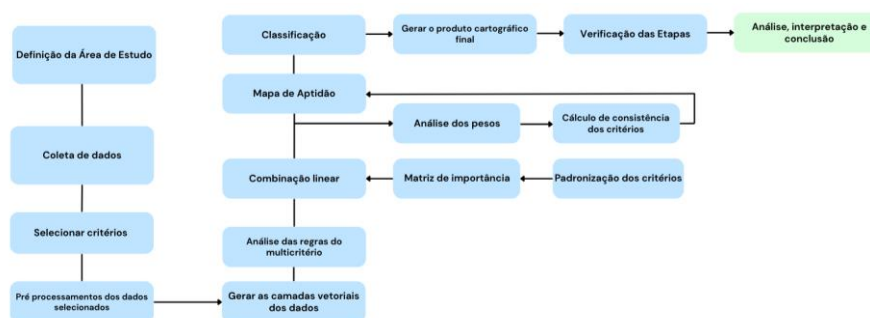


Figura 1: Fluxograma da análise multicritério
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Resultados e Discussão

A aplicação da Análise Espacial Multicritério, fundamentada na metodologia proposta por Crepani et al. (2001), permitiu integrar de forma estruturada os principais fatores condicionantes da erosão na bacia do manancial Serra Azul, conforme o mapa apresentado na Figura 2. A síntese dessas variáveis resultou na identificação de áreas com diferentes níveis de susceptibilidade, destacando-se as classificadas como Alta e Muito Alta, predominantemente concentradas nas porções centro, oeste e sul da bacia, onde a configuração do relevo, a fragilidade dos solos e a intensidade de usos antrópicos se sobrepõem de maneira significativa para a análise.

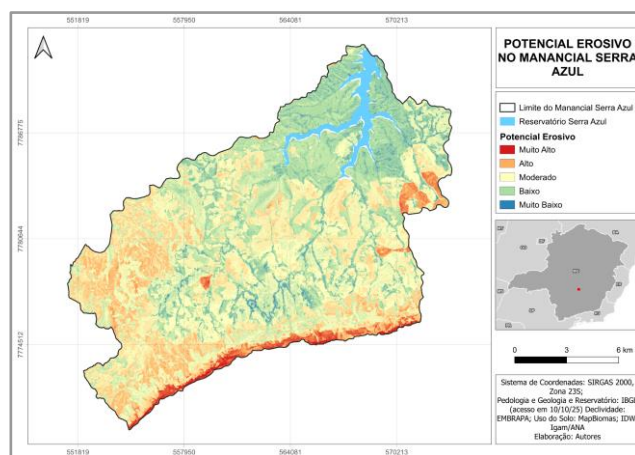


Figura 2: Mapeamento do potencial erosivo no Manancial Serra Azul
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A consistência espacial entre os elementos apresentados demonstra que os setores mais vulneráveis correspondem a uma combinação de declividades acentuadas, solos rasos e com baixa resistência ao intemperismo, associados a usos de terra que expõem ou degradam o solo de maneira significativa, como pastagem, mineração e áreas urbanizadas. A intensidade pluviométrica contribui como fator agravante nesses locais, intensificando os processos erosivos sobre superfícies já suscetíveis. Assim, a distribuição de classes de vulnerabilidade reflete a interação entre condicionantes naturais e pressões antrópicas, evidenciando a dinâmica ambiental da bacia.

Outro aspecto relevante, é a presença de áreas de alta suscetibilidade dentro dos limites da APA Igarapé da APA Serra Azul (Figura 3), onde observa-se a predominância de usos incompatíveis com os objetivos de conservação estabelecidos por essas unidades. A manutenção de pastagens e de mosaicos de usos, somada à influência minerária que acontece no setor sul, evidencia uma fragilidade no manejo territorial e nas medidas de proteção impostas no território.

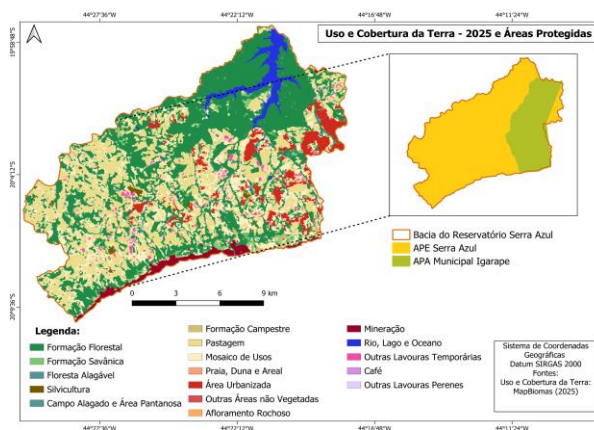




Figura 3: Mapa de uso e cobertura da terra e áreas protegidas

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Considerações Finais

O mapeamento evidenciou os principais núcleos de suscetibilidade à erosão na bacia do Manancial Serra Azul, destacando a influência conjunta dos condicionantes físicos e das pressões antrópicas na intensificação da degradação. As áreas mais vulneráveis, concentradas principalmente na região central, configuram zonas prioritárias para manejo, recuperação e ordenamento do uso do solo. Diante desses resultados, o estudo contribui para o planejamento territorial e para estratégias de conservação do manancial. Como consideração final, ressalta-se a importância de integrar avaliações contínuas da dinâmica ambiental à gestão, a fim de mitigar os impactos erosivos e assegurar a segurança hídrica regional.

Referências

ALVES, F. G. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Desafios da gestão de mananciais e da segurança hídrica na Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH – MG: conexões entre a dinâmica dos usos da terra e a qualidade da água na bacia do reservatório Serra Azul. Caderno de Geografia, v. 35, n. 80, p. 249, jun. 2025.

CREPANI, E. et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001. 124 p.

MAPBIOMAS. Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil: mapeamento de 1985 a 2024. [S. l.]: MapBiomass, 2024. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecao10>. Acesso em: 1 nov. 2025.

NAHUM, A. et al. Relação entre áreas de solo exposto e classe de solo, associadas às classes de uso e cobertura da terra na bacia da lagoa de Ibirité – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 21., 2025, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: INPE/Galoá, 2025.

SANTOS, J. L. C.; SILVA, T. Crise hídrica na bacia hidrográfica do manancial Serra Azul (Minas Gerais). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília. Anais... Brasília: ABRH, 2015. p. 1–10. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/339001152>. Acesso em: 10 out. 2024.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). Mapa geológico do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2019. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <https://geoportal.cprm.gov.br/>. Acesso em: 9 out. 2025.



MAPEAMENTO GLOBAL DE ROMPIMENTOS DE BARRAGENS: Uma abordagem de geointeligência para infraestruturas críticas

Marcelo Antonio Nero¹, Lucimar de Carvalho Medeiros², Heuryson Ferreira Araújo³

Resumo

Os rompimentos de barragens configuram falhas tecnológicas de alta severidade, cuja natureza multidimensional demanda análises comparativas em escala global. Este estudo sistematizou 106 rupturas documentadas internacionalmente, ocorridas entre os anos de 1799 e 2024, e as organizou por país, revelando padrões espaciais, institucionais e normativos. Os resultados evidenciam forte assimetria, pois 36,8% das ocorrências concentram-se nos Estados Unidos, enquanto Brasil, Índia, Chile, Paquistão e demais economias emergentes, exibem frequências intermediárias que podem estar relacionadas à heterogeneidade histórica, construtiva e regulatória dessas estruturas. Em contraste, países com arcabouços normativos maduros, como Alemanha, Japão e Noruega, apresentaram a menor incidência, o que pode sugerir que a resiliência dessas infraestruturas depende menos do número absoluto de barragens e mais da coerência regulatória, da capacidade institucional de fiscalização e da estabilidade dos sistemas de governança. A análise integrada evidenciou que lacunas normativas, regulações reativas e assimetrias na transparência ampliam a vulnerabilidade global, reforçando a urgência de harmonização internacional de padrões de segurança.

Palavras-chave: rompimento de barragens; mapeamento global; análise geoespacial.

Abstract

Dam failures constitute high-severity technological disasters whose multidimensional nature requires comparative analyses on a global scale. This study systematized 106 internationally documented failures, occurred between the years 1799 and 2024, and organized them by country, revealing spatial, institutional, and regulatory patterns. The results highlight a marked asymmetry: 36.8% of all occurrences are concentrated in the United States, while Brazil, India, Chile, Pakistan, and other emerging economies exhibit intermediate frequencies that may be linked to historical, structural, and regulatory heterogeneity. In contrast, countries with mature regulatory frameworks, such as Germany, Japan, and Norway, showed the lowest incidence, suggesting that the resilience of these infrastructures depends less on the absolute number of dams and more on regulatory coherence, institutional oversight capacity, and the stability of governance systems. The integrated analysis indicated that regulatory gaps, reactive legislation, and transparency asymmetries increase global vulnerability, underscoring the urgent need for international harmonization of safety standards.

Keywords: dam failure; global mapping; geospatial analysis.

¹ Docente no Programa de Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, marcelo.nero@gmail.com

² Doutoranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, lucimarcarvalhomedeiros@gmail.com

³ Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, heurysonufmg@gmail.com



Introdução

Os rompimentos de barragens constituem um dos tipos mais graves de desastres tecnológicos contemporâneos, com repercussões ambientais, sociais e econômicas que podem alcançar grandes magnitudes (Garcia et al., 2025; Moreno-Rodenas et al., 2025). Eventos, tais como os rompimentos de barragens que ocorreram no Brasil em Brumadinho (2019) e Mariana (2015), no Brasil, demonstram o potencial destrutivo de tais ocorrências e expõem falhas estruturais, regulatórias e de governança na gestão desses empreendimentos (Pacheco et al., 2025). Apesar de sua relevância global, ainda são limitados os esforços de consolidação e análise integrada de dados sobre rompimentos de barragens, especialmente quanto à sua distribuição espacial, possível frequência de ocorrência e aos custos dos danos materiais e imateriais associados (Nasser et al., 2025).

Nesse sentido, este trabalho propõe realizar o mapeamento global dos eventos de rompimentos de barragens para compreender padrões de vulnerabilidade, frequência, magnitude e consequências econômicas e ecológicas, oferecendo subsídios para políticas de prevenção e mitigação.

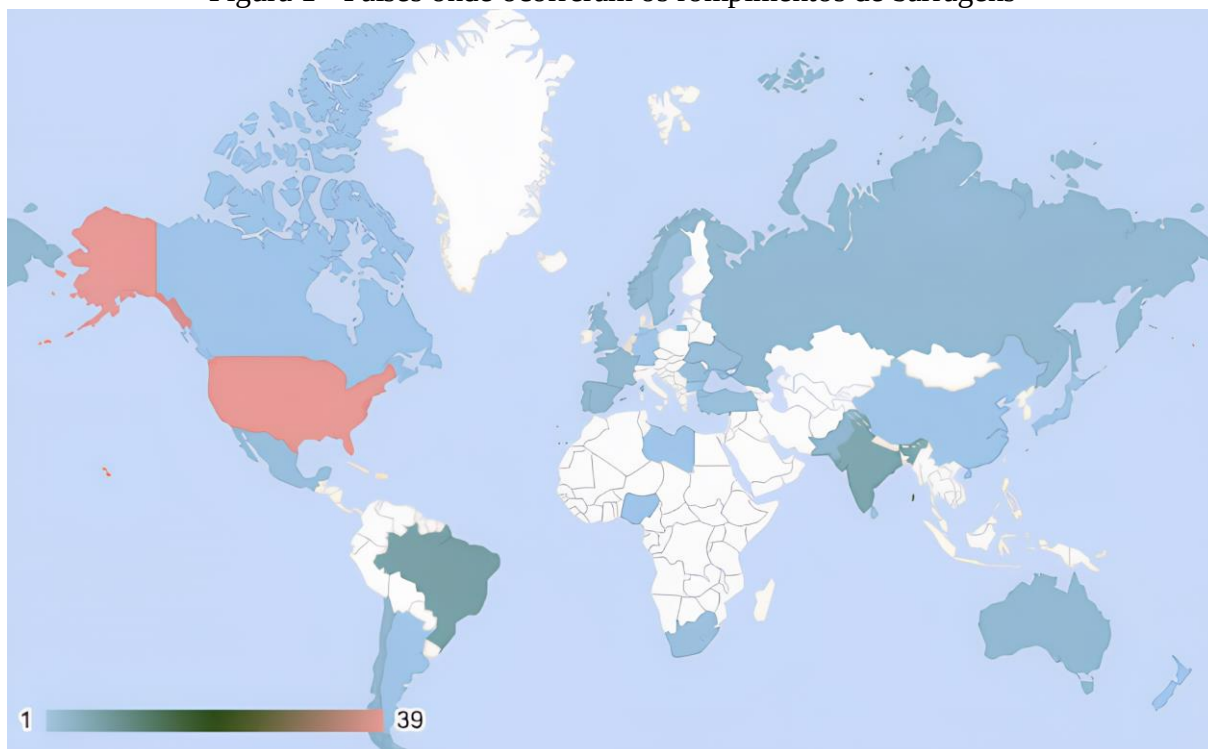
Materiais e Métodos

A metodologia adotada consistiu na compilação, organização e análise comparativa de registros de rupturas de barragens ocorridas mundialmente entre os anos de 1799 e 2024, obtidos por meio de bases de dados científicas como o Web of Science, Scopus e Google Acadêmico, os quais foram sistematicamente classificados por país a fim de identificar padrões geográficos e institucionais. A partir dessa base, procedeu-se à quantificação das ocorrências por nação, seguida da representação gráfica das distribuições para permitir a interpretação estatística das frequências relativas. A análise comparativa incorporou ainda referências consolidadas da engenharia de barragens e da literatura internacional sobre falhas estruturais, permitindo contextualizar os achados empíricos em relação a fatores estruturais, operacionais e regulatórios. Posteriormente, os países foram agrupados segundo faixas de frequência, possibilitando a identificação de estratos com padrões semelhantes e a discussão sobre possíveis convergências técnicas, institucionais ou de transparência na notificação de falhas. Por fim, a interpretação dos resultados foi integrada à análise qualitativa dos marcos regulatórios nacionais, com apoio em documentos internacionais, como ICOLD (2016) e ASDSO (2019), para avaliar em que medida a maturidade normativa e a capacidade institucional influenciam a distribuição global observada.

Resultados e Discussão

A coleta de dados de rupturas de barragens, revelou nesta pesquisa, 106 eventos ocorridos em diversas partes do mundo, como demonstrado na figura 1, abaixo.

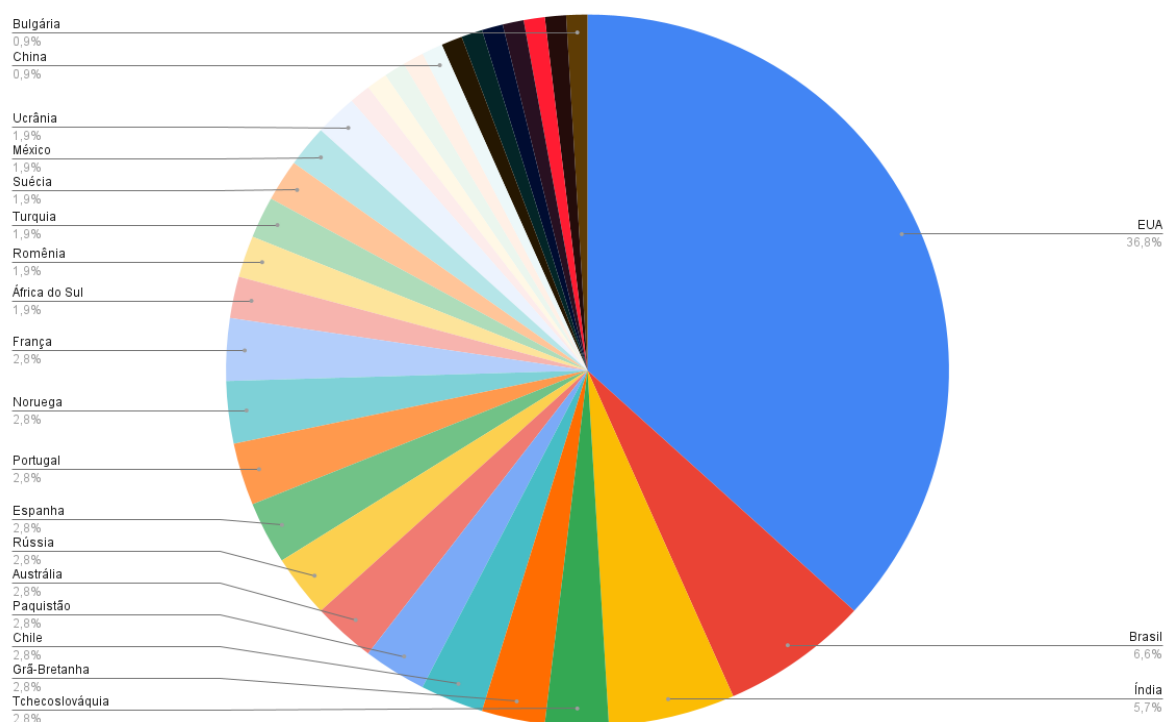
Figura 1 - Países onde ocorreram os rompimentos de barragens



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Conforme o gráfico da figura 2, abaixo, os resultados demonstraram que os Estados Unidos concentram 36,8% dos registros (n=39), configurando-se como o país com maior número de ocorrências.

Figura 2 - Frequência de rompimentos de barragens no mundo



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A distribuição global de rompimentos de barragens revela forte concentração em poucos países, com destaque para os Estados Unidos, cuja incidência supera em mais de cinco vezes a do Brasil. Esse padrão pode ser não explicado apenas pela extensão territorial ou pelo número total de barragens, mas sugere influência de fatores como idade das estruturas, complexidade operacional, histórico construtivo e marcos regulatórios. Em contraste, países com frequências intermediárias, de economias emergentes a nações industrializadas, apresentam distribuição relativamente homogênea, sinalizando possíveis convergências no estado da engenharia, na adoção de práticas internacionais de segurança ou em limitações similares nos sistemas de monitoramento. Faixas inferiores incluem países com dois ou apenas um registro, revelando enorme heterogeneidade global. Assim, a literatura mostra que o risco de rompimentos pode estar menos ligado à quantidade de barragens e mais à maturidade institucional e à robustez regulatória. Pois, nações com marcos normativos consolidados, como Alemanha, Japão, China e Noruega, registraram baixas frequências de rupturas neste estudo, enquanto contextos fragmentados, como o dos Estados Unidos, concentram eventos em estruturas antigas e fiscalizações desiguais. Já em economias emergentes, como no Brasil, a legislação evolui de forma reativa, frequentemente após grandes desastres, permanecendo lacunas históricas de fiscalização.



Assim, a prevenção efetiva depende de políticas públicas integradas, investimentos contínuos em manutenção, rigor normativo e transparência nos sistemas de reporte, essenciais para reduzir a vulnerabilidade global dessas infraestruturas.

Referências

ASDSO. Reports and guidance on U.S. dam safety and rehabilitation needs. Lexington: Association of State Dam Safety Officials, 2019.

MEDEIROS, Lucimar de Carvalho et al. The economic valuation of environmental damages in scenarios of tailings dams' ruptures: The case of Brumadinho's catastrophe, Minas Gerais, Brazil. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v. 11, p. 101037, 2025.

GARCIA, Flávia Ferreira et al. Mine tailings dams' failures: Serious environmental impacts, remote solutions. *Environment, Development and Sustainability*, v. 27, n. 8, p. 18179-18201, 2025.

ICOLD. General principles and framework for dam safety (ICOLD Bulletin - Guidance). Paris: International Commission on Large Dams, 2020. World Bank. (2020).

LYU, Zongjie et al. A comprehensive review on reasons for tailings dam failures based on case history. *Advances in Civil Engineering*, v. 2019, n. 1, p. 4159306, 2019.

MORENO-RODENAS, Antonio; MANTILLA-JONES, Juan Diego; VALERO, Daniel. Age, climate and economic disparities drive the current state of global dam safety. *Nature Water*, p. 1-12, 2025.

NASSER, Reem; TZIOUTZIOS, Dimitris; LIU, Yiliu. Statistical Analysis of Global Dam Accidents in the 21st Century: A Focus on Common Features and Causes. *Water Resources Management*, p. 1-24, 2025.

PACHECO, Fernando António Leal et al. Tailings Dam Failures in Brazil: River Contamination, Ecosystem Recovery, and Institutional Responses to the Mariana and Brumadinho Disasters. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, p. 100654, 2025.

NASSER, Reem; TZIOUTZIOS, Dimitris; LIU, Yiliu. Statistical Analysis of Global Dam Accidents in the 21st Century: A Focus on Common Features and Causes. *Water Resources Management*, p. 1-24, 2025.

PICIULLO, Luca et al. A new look at the statistics of tailings dam failures. *Engineering Geology*, v. 303, p. 106657, 2022.

RICO, M. et al. Reported tailings dam failures: A review. *Waste Management*, 2008.



ANAIIS DO VI SIMPÓSIO DE MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS E GESTÃO DA PAISAGEM E I SIMPÓSIO DE ESTUDOS TERRITORIAIS

EIXO V - ECOLOGIA DA PAISAGEM

AVALIAÇÃO DO CÁLCULO DA PERDA DE SOLO EM PASTAGENS NA FRONTEIRA AGRÍCOLA DA AMAZÔNIA A PARTIR DE DIFERENTES FATORES DE COBERTURA E PRÁTICAS (CP) NO GOOGLE EARTH ENGINE (GEE)	130
CONECTIVIDADE COMO ESTRATÉGIA DE RESILIÊNCIA CLIMÁTICA: Vegetação e ilhas de calor na Grande Belo Horizonte	136
DINÂMICA DA FORMAÇÃO FLORESTAL E DA PASTAGEM NA BACIA DA REPRESA CHAPÉU D'UVAS (1985–2023)	141
EFETIVIDADE DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NA CONSERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO REMANESCENTE NA ÁREA METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE	146
MUDANÇAS NA PAISAGEM DE COUTO DE MAGALHÃES DE MINAS-MG AO LONGO DE QUATRO DÉCADAS	151
O ENTORNO DA SERRA DO JAPI: A paisagem da zona de conservação ambiental da Malota	156
PRODUZIR ÁGUA E ALIMENTOS: Dinâmica da paisagem e implicações hídricas na sub-bacia do Rio Santo Antônio (MG)	161
RESERVA EXTRATIVISTA CHICO MENDES: Entre a conservação e o desmatamento na Amazônia Sul-Occidental	167
RESERVAS LEGAIS COMO SUMIDOUROS DE CARBONO: Proposta de inclusão no Inventário Nacional de GEE	172

Patrocínio:



Organização:



Programa de Pós-Graduação
em Análise e Modelagem
de Sistemas Ambientais
Universidade Federal de Minas Gerais



PROGRAMA de
PÓS-GRADUAÇÃO
em GEOGRAFIA





Avaliação do cálculo da perda de solo em pastagens na fronteira agrícola da Amazônia a partir de diferentes fatores de cobertura e práticas (CP) no Google Earth Engine (GEE)

**Raul Vieira Martins da Silva, PPGeo, UFMG, raul.vieira918@gmail.com
Getúlio Fonseca Domingues, Depto. Cartografia, UFMG, getulio.floresta@gmail.com
Luis Felipe Soares Cherem, Depto. Geografia, UFMG, lfcherem@ufmg.br**

Resumo

A aplicação de modelos matemáticos para simular as taxas de perda de solos é amplamente utilizada em análises ambientais para previsão da perda potencial de solos em escala espacial local e regional, o que depende da disponibilidade de base de dados adequadas a esse fim. Em geral, os mapeamentos regionais de uso e cobertura do solo tratam as pastagens de forma homogênea, não caracterizando seu nível de degradação. Este trabalho teve como objetivo estimar e comparar a perda de solo por meio da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) em uma ottobacia de 156 km² localizada em Rondônia, caracterizada predominantemente por áreas de pastagem. A modelagem foi conduzida integralmente no Google Earth Engine (GEE), utilizando o fator R derivado do TerraClimate, K e LS produzidos no ArcGIS 10.8, e o fator C proveniente de duas fontes: Mapbiomas e Embrapa, avaliando como esses fatores mais precisos podem influenciar no cálculo real do potencial da perda de solos. O cenário com base no Mapbiomas representou pastagens gerais, enquanto o da Embrapa considerou três níveis de degradação (não degradado, baixo-médio e alto). Os resultados indicaram perdas médias de 2,8 t ha⁻¹ ano⁻¹ no cenário Mapbiomas e 6,1 t ha⁻¹ ano⁻¹ no cenário Embrapa, com incremento total de quase 400%. Observou-se que as áreas de alta degradação concentram as maiores perdas, reforçando a importância do manejo conservacionista das pastagens para mitigação da erosão. Os resultados demonstram que a generalização de diferentes níveis de pastagem pode contribuir para a subestimação da perda de solos.

Palavras-chave: RUSLE; Geotecnologia; Pastagem degradada; Erosão hídrica.

Abstract

The application of mathematical models to simulate soil loss rates is widely used in environmental analyses to predict potential soil erosion at local and regional scales, depending on the availability of suitable databases. In general, regional land-use and land-cover mappings treat pasture areas as homogeneous, without accounting for their degradation levels. This study aimed to estimate and compare soil loss using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in an Ottobasin of 156 km² located in Rondônia, Brazil, predominantly covered by pastures. The modeling was fully conducted on Google Earth Engine (GEE), employing the R factor derived from TerraClimate, the K and LS factors produced in ArcGIS 10.8, and the C factor obtained from two sources: Mapbiomas and Embrapa. The Mapbiomas scenario represented general pasturelands, while the Embrapa scenario considered three degradation levels (non-degraded, low-medium, and high). Results indicated mean soil losses of 2.8 t ha⁻¹ yr⁻¹ for the Mapbiomas scenario and 6.1 t ha⁻¹ yr⁻¹ for the Embrapa scenario—an increase of



nearly 400%. Areas with high degradation showed the highest losses, emphasizing the relevance of conservation management practices to mitigate erosion. The findings demonstrate that the generalization of pasture conditions can lead to significant underestimation of soil loss. **Keywords:** RUSLE; Geotechnology; Degraded pasture; Water erosion.

Introdução

A erosão hídrica é reconhecida como um dos principais processos de degradação do solo em ambientes tropicais, ocasionando perdas de nutrientes, redução da produtividade agrícola e impactos significativos em ecossistemas aquáticos devido ao assoreamento de corpos hídricos. No Brasil, estudos clássicos e recentes (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010; RENARD *et al.*, 1997; GALDINO, 2012) apontam que a erosão hídrica está fortemente associada à combinação entre altas intensidades pluviométricas, uso inadequado do solo e ausência de práticas conservacionistas. Em regiões amazônicas de fronteira agropecuária, esses fatores tendem a se intensificar pela conversão de florestas em sistemas produtivos de baixa sustentabilidade.

Entre esses sistemas, as pastagens ocupam papel central. Nas últimas décadas, a expansão da pecuária em Rondônia tem levado à predominância de pastagens manejadas de forma extensiva, frequentemente sujeitas à compactação, perda de cobertura vegetal e redução da infiltração — condições que favorecem a intensificação dos processos erosivos (LENSE *et al.*, 2021). A literatura destaca que o grau de degradação das pastagens influencia diretamente o potencial de erosão, uma vez que áreas degradadas apresentam maior exposição do solo, maior escoamento superficial e menor capacidade de suporte à chuva intensa (GALDINO, 2012; BOLFE *et al.*, 2024). Compreender essa relação é essencial para subsidiar políticas de manejo, recuperação ambiental e planejamento territorial na Amazônia Legal.

Nesse contexto, estudos que quantificam e espacializam a perda de solo tornam-se estratégicos para diagnosticar cenários de risco e apoiar a tomada de decisão. A aplicação de modelos empíricos, como a *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE), tem se mostrado eficiente para avaliar processos erosivos em diferentes condições de uso e cobertura do solo, permitindo identificar áreas críticas e estimar impactos em escala de bacia hidrográfica (MOISA *et al.*, 2021). O presente estudo tem como objetivo realizar um diagnóstico da perda de solo por erosão laminar na otobacia de nível 6 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), cuja chave primária é 1303924, localizada no estado de Rondônia, com área aproximada de 156 km², situada entre a Terra Indígena Rio Branco e uma região de predominância de pastagens. A motivação central reside no entendimento de como diferentes condições de degradação da pastagem podem alterar substancialmente o potencial erosivo, contribuindo para o planejamento ambiental e a gestão sustentável da paisagem rural.

Materiais e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido integralmente no ambiente de computação em nuvem do Google Earth Engine (GEE), com o objetivo de estimar a perda de solo média anual por erosão hídrica, com base na RUSLE (RENARD *et al.*, 1997; ELNASHAR *et al.*, 2021). A RUSLE é expressa conforme a equação: $A = R \times K \times LS \times C \times P$, cujo A é a perda média anual de



solo ($\text{ton ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); R o fator de erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$); K o fator de erodibilidade do solo ($\text{ton h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$); LS o fator topográfico (adimensional); e CP o fator de uso e cobertura do solo e o fator de práticas conservacionistas (adimensional). O fator LS foi calculado no software ArcGIS 10.8, com base na metodologia de Moore & Burch (1986), a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) de 30 m de resolução espacial (SRTM) proveniente do Copernicus (COP-30). O fator K foi também obtido no ArcGIS 10.8, a partir da integração de informações pedológicas e texturais, com base em estudos empíricos e adaptações regionais da literatura brasileira. O cálculo da erosividade seguiu o método empírico proposto por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), que relaciona a precipitação mensal à energia cinética da chuva. O fator C, correspondente ao uso e cobertura do solo, foi estruturado em dois cenários de análise: Cenário A (MapBiomas, 2023): baseado na Coleção 9 do MapBiomas Brasil, referente ao ano de 2023. As áreas de pastagem (classe 15) foram atribuídas a um valor de $C = 0,01$ (GUEDES *et al.*, 2022). Já o Cenário B (Embrapa, 2024), que é baseado em Bolfe *et al.* (2024): expressa o grau de potencialidade agrícola da pastagem. Esse dado foi reinterpretado como um gradiente de degradação (10 a 36), sendo reclassificado em três níveis: (1) Não degradado (10–15), (2) Baixo a médio (16–25), e (3) Alto (26–36). A cada nível foi atribuído um valor de C conforme Galdino (2012): 0,0070; 0,0143; e 0,0610, respectivamente, dado o parâmetro P igual a 1 a todos devido à ausência de manejo conservacionista.

Foram analisados dois cenários de uso e manejo da pastagem para o ano de 2023: (a) o cenário MapBiomas, que representa a distribuição real das classes de uso e cobertura do solo; e (b) o cenário Embrapa, derivado do raster de potencialidade agrícola da pastagem, utilizado como *proxy* do nível de degradação. A comparação entre esses cenários, implementada no ambiente GEE, permite compreender de que forma diferentes condições de degradação das pastagens influenciam a estimativa de perda de solo via RUSLE.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos por meio da aplicação da RUSLE na ottobacia analisada evidenciam a forte influência do estado de conservação das pastagens sobre a perda de solo. No Cenário A (Figura 1; MapBiomas), a perda média estimada foi de $2,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, totalizando aproximadamente 18 mil toneladas em 2023 (Tabela 1). Esses valores refletem um cenário de menor suscetibilidade erosiva, compatível com pastagens de cobertura contínua e pouco degradadas, condição que reduz o escoamento superficial e favorece maior infiltração (GALDINO, 2012). Estudos nacionais corroboram essa tendência: pastagens estáveis e com bom manejo tendem a apresentar baixas taxas de erosão, especialmente quando associadas a solos profundos e topografia suave, comuns em diversas áreas de Rondônia (LENSE *et al.*, 2021).

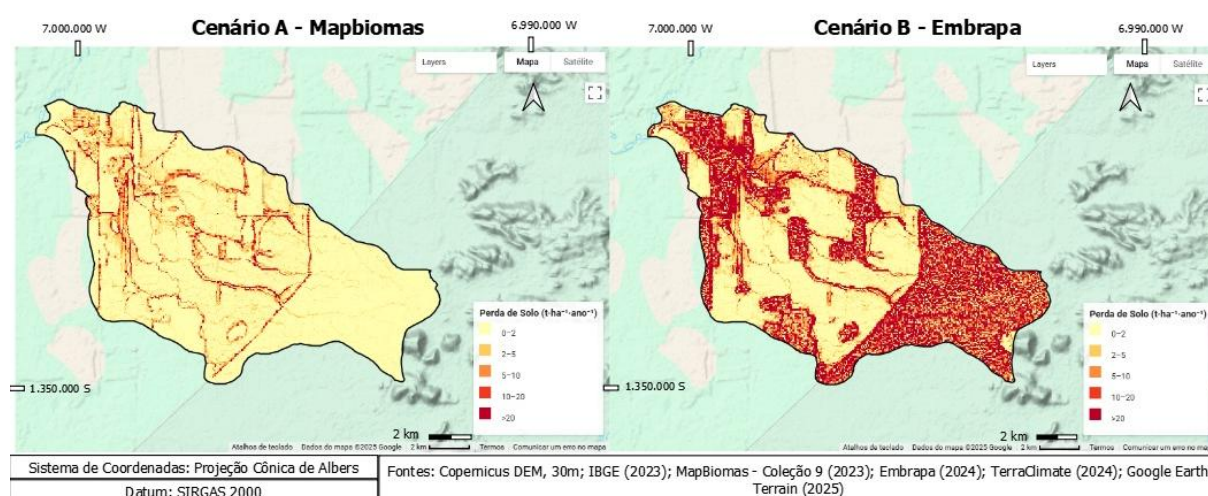
O Cenário B (Figura 1; Embrapa) apresentou padrão distinto, com perda média de $6,1 \text{ t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ e perda total anual superior a 90 mil toneladas, representando incremento próximo a 400% em relação ao cenário baseado no MapBiomas (Tabela 1). Esse aumento expressivo é consistente com o que a literatura aponta para pastagens em degradação progressiva: redução do vigor vegetativo, maior exposição do solo, compactação e diminuição da infiltração favorecem o aumento do escoamento superficial e, portanto, da erosão (LENSE *et al.*, 2021;



BOLFE *et al.*, 2024). A elevação do fator C nesses ambientes — podendo chegar a 0,061 nas áreas de alta degradação — tem impacto direto sobre os valores de A (Tabela 1), confirmando a sensibilidade da RUSLE ao estado da cobertura vegetal conforme descrito por Renard *et al.* (1997).

Figura 1 – Mapa de perda de solos no cenário A: Mapbiomas e Embrapa, 2023.
Fonte: Elaborado por autores (2025).

Tabela 1 – Perda de solo em relação pastagem do cenário Mapbiomas (A) e Embrapa (B), 2023



Cenário	Fonte sobre a pastagem	CP	Área (ha)	Perda média (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Perda média (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Diferença (%)
A	Mapbiomas (comum)	0,01	6.500	2,8	18.200	Não se aplica
B1	Embrapa (não degradado)	0,007	3.430	1,6	5.490	- 43
B2	Embrapa (baixo-médio)	0,014	3.100	3,0	9.300	+ 7
B3	Embrapa (alto)	0,061	8.940	8,5	75.990	+ 318
B (total)	Embrapa (geral)	Todos	15.740	6,1	90.780	+ 399

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do MapBiomas (2023) e Embrapa (2024).

A distribuição espacial do processo erosivo reforça esse entendimento. As maiores taxas são observadas em áreas de declividade intermediária e alta (entre 6% e 15%), onde se concentra grande parte das pastagens classificadas como degradadas no Cenário B (Figura 1). A literatura destaca que o efeito conjugado entre degradação da cobertura e topografia acentuada amplifica substancialmente a erosão, especialmente em ambientes tropicais com regimes pluviométricos intensos (ZHANG *et al.*, 2017). Assim, os resultados observados não apenas confirmam a influência dos fatores físicos (LS, K e R), mas evidenciam a dominância do fator antrópico (C) na amplificação do risco erosivo (MOISA *et al.*, 2021; Figura 1).



Os dados obtidos demonstram a relevância de se considerar diferentes níveis de degradação das pastagens na modelagem da erosão. Ao utilizar o produto de uso e cobertura do MapBiomass sem distinções quanto à degradação da pastagem, o que não representa uma limitação do próprio projeto, visto que o MapBiomass já disponibiliza módulos específicos dedicados à análise da condição das pastagens (incluindo vigor, idade, biomassa e indicadores de degradação) —, é possível abarcar interpretações muito mais refinadas da dinâmica pastoril em relação à erosão laminar (GALDINO *et al.*, 2016).

No trabalho de Lense *et al.* (2021) as maiores perdas, observadas principalmente no leste e sudeste do Estado de Rondônia, estão alinhadas com o avanço da fronteira agrícola, substituição de floresta por pastagens extensivas, preparo do solo sem práticas conservacionistas e aumento da compactação do solo. No trabalho mencionado essas regiões podem ser interpretadas como *hotspots* de degradação, reforçando que a fragilidade ambiental é aumentada pela combinação entre declividade, chuvas intensas e uso inadequado do solo.

Em síntese, os resultados evidenciam que o estado de degradação da pastagem é o principal vetor de intensificação da perda de solo na otobacia analisada, superando inclusive variações moderadas de declividade. A comparação entre os cenários analisados demonstra que a RUSLE responde de maneira sensível às alterações do fator C, e que a avaliação do risco erosivo em regiões de fronteira agropecuária deve incorporar métricas de qualidade da pastagem, seja via dados da Embrapa, seja via módulos específicos já disponibilizados pelo MapBiomass (2023). Esses achados reforçam a necessidade de políticas voltadas ao manejo conservacionista e à recuperação de pastagens degradadas, especialmente em áreas de maior declividade, onde a combinação entre degradação e características físicas aumenta substancialmente o potencial erosivo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010).

Referências

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. São Paulo: Editora Ícone, 7ª ed. 2010.

BOLFE, É .L.; VICTORIA, D. D. C.; SANO, E. E.; BAYMA, G.; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; DE OLIVEIRA, A. F. Potential for Agricultural Expansion in Degraded Pasture Lands in Brazil Based on Geospatial Databases. Land, 13, 200, 2024.

COPERNICUS. Copernicus DEM - Global and European Digital Elevation Model. [S.l.] [s.d.]. Disponível em: <<https://dataspace.copernicus.eu/>>. Acesso em: 01 de out. de 2025.

ELNASHAR, A.; ZENG, H.; WU, B.; FENTA, A. A.; NABIL, M.; DUERLER, R. Soil erosion assessment in the Blue Nile Basin driven by a novel RUSLE-GEE framework. Science of the Total Environment, v. 793, p. 148466, 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Dataset for Potential of Agricultural Expansion in Degraded Pasture Lands in Brazil based on Geospatial Databases, [S. l.] 2024.



ESRI. ArcGIS® versão 10.8. Software. Disponível em: <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>. Acessado em: 10 de set. de 2022.

GALDINO, S. Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do Alto Taquari – MS/ST. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 99 p 2012.

GALDINO, S.; SANO, E. E.; ANDRADE, R. G.; GREGO, C. R.; NOGUEIRA, S. F.; BRAGANTINI, C. B.; FLOSI, A. H. G. Large-scale modeling of soil erosion with RUSLE for conservationist planning of degraded cultivated Brazilian pastures. *Land degradation & development*, v. 27, n. 3, p. 773-784, 2016.

GUEDES, F. C.; VIEGAS, J. A.; AGUIAR, M. C. P. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) na Bacia Hidrográfica Urbana do Córrego Carneirinhos, cidade de João Monlevade – MG. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 11, n. 7, p.1-17, 2022.

LENSE, G. H. E.; PARREIRAS, T. C.; SPALEVIC, V.; AVANZI, J. C.; MINCATO, R. L. Soil losses in the State of Rondônia, Brazil. *Ciência Rural*, v. 51, n. 5, p. e20200460, 2021.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. *Bragantia*, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

MAPBIOMAS. Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, [S. l.], 2023. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/>>. Acesso em: 02 de out. de 2025.

MOISA, M. B.; NEGASH, D. A.; MERGA, B. B.; GEMEDA, D. O. Impact of land-use and land-cover change on soil erosion using the RUSLE model and the geographic information system: a case of Temeji watershed, Western Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change*, v. 12, n. 7, p. 3404-3420, 2021.

MOORE, I. D.; BURCH, G.J. Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 50, p. 1294-1298, 1986.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; McCOOL, D.K.; YODER, D.C. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington: USDA, 1997. 404 p. (Agriculture Handbook, 703).

ZHANG, H., WEI, J., YANG, Q., BAARTMAN, J. E. M., GAI, L., YANG, X., LI, S.Q., YU, J., COEN, J.R., GEISSEN, V. An improved method for calculating slope length and the LS parameters of the Revised Universal Soil Loss Equation for large watersheds. *Geoderma*, v. 308, p.36-45. 2017.



CONECTIVIDADE COMO ESTRATÉGIA DE RESILIÊNCIA CLIMÁTICA: Vegetação e Ilhas de Calor na Grande Belo Horizonte

Cristiane Guimarães Bastos Silva¹, Guilherme Costa Negro Dias², Iacmí Gonzaga de Oliveira³, Jussara Cardoso Rajão⁴, Nicolli Albuquerque de Carvalho⁵

Resumo

A expansão urbana da Região de Belo Horizonte tem intensificado a fragmentação da vegetação e ampliado a formação de ilhas de calor urbanas, reduzindo a resiliência térmica do território. Este estudo analisa como a estrutura da paisagem, especialmente a configuração, conectividade e profundidade dos fragmentos vegetados, influencia a Temperatura de Superfície Terrestre entre 2000 e 2024. Utilizaram-se dados do MapBiomas e métricas calculadas no FRAGSTATS (PLAND, NP, TCA, ENN_MN, SHDI). Os resultados mostram redução de 35,33% para 30,70% da vegetação, aumento de 15% no número de fragmentos e perda de 14,93% da área núcleo. O isolamento entre manchas cresceu (1,46% em formações florestais e 6,53% em campestres), indicando queda na conectividade ecológica. Observou-se um contraste entre a maior heterogeneidade estrutural da paisagem (SHDI uso) e a homogeneização térmica (queda do SHDI térmico), sugerindo dominância crescente de temperaturas mais altas. Conclui-se que a simples ampliação da vegetação é insuficiente: a eficiência térmica depende da manutenção de redes conectadas de áreas verdes, que devem ser tratadas como infraestrutura essencial à adaptação climática urbana.

Palavras-chave: Ecologia da Paisagem; Conectividade Ecológica; Fragmentação; Ilhas de Calor Urbanas; Resiliência Térmica.

Abstract

Urban expansion in the Region of Belo Horizonte has intensified vegetation fragmentation and increased urban heat islands, reducing the region's thermal resilience. This study examines how landscape structure — particularly configuration, connectivity and core area, influences Land Surface Temperature between 2000 and 2024. Land cover data from MapBiomas and landscape metrics calculated in FRAGSTATS (PLAND, NP, TCA, ENN_MN, SHDI) were used. Results show vegetation decline from 35.33% to 30.70%, a 15% increase in patch number and a 14.93% reduction in core areas. Isolation between patches increased (1.46% for forest formations and 6.53% for grassland formations), indicating decreased ecological connectivity. A contrast emerged between rising structural heterogeneity (land-use SHDI) and decreasing thermal heterogeneity (thermal SHDI), suggesting dominance of higher temperature classes. Findings indicate that simply increasing green areas is insufficient: effective thermal mitigation requires

¹ Mestranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, cristianeslv8@gmail.com

² Mestrando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, guivet@gmail.com

³ Mestranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, iacmigadv@gmail.com

⁴ Doutoranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais UFMG, jussararajao@gmail.com

⁵ Mestranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, contato.nicollialbuquerque@gmail.com



connected networks of vegetated areas, treated as essential infrastructure for urban climate adaptation.

Keywords: Landscape Ecology; Ecological Connectivity; Fragmentation; Urban Heat Islands; Thermal Resilience.

Introdução

A intensificação das ilhas de calor urbanas é um dos principais efeitos da expansão urbana desordenada, especialmente em ambientes tropicais de altitude como Belo Horizonte. A substituição da vegetação por superfícies impermeáveis altera o balanço térmico, favorecendo o acúmulo de calor e reduzindo a ventilação (Fialho, 2012; Stewart e Oke, 2012). A vegetação atua como elemento regulador ao promover sombreamento, evapotranspiração e heterogeneidade térmica, criando zonas de resfriamento capazes de mitigar extremos de temperatura (Jardim e Silva, 2016; Vilela, 2020).

Entretanto, a eficiência térmica das áreas verdes depende não apenas de sua presença, mas de sua configuração espacial, incluindo composição, profundidade, conectividade e isolamento entre manchas vegetadas (Aram et al., 2019). Estudos recentes demonstram que a fragmentação reduz substancialmente o potencial de resfriamento da vegetação, enquanto paisagens mais conectadas favorecem a atenuação térmica e a dissipação do calor urbano (Shi et al., 2021). Revisões sistemáticas também apontam que parques e fragmentos contínuos exercem efeitos de resfriamento significativos no entorno imediato, reforçando a relevância da continuidade estrutural da vegetação (Aram et al., 2019).

A região de Belo Horizonte apresenta forte adensamento construtivo, relevo acidentado e expansão recente ao longo da borda sul e sudeste, sobretudo na interface BH–Nova Lima, onde a fragmentação da Mata Atlântica e do Cerrado tem produzido hotspots térmicos persistentes (Assis e Abreu, 2010; Francisco, 2012). Apesar de avanços na climatologia urbana, ainda são escassas análises que relacionem quantitativamente métricas de paisagem às variações de temperatura superficial.

Assim, este estudo investiga de que forma a estrutura da vegetação, especialmente conectividade e fragmentação, influencia a resiliência térmica na Grande Belo Horizonte, utilizando métricas derivadas do MapBiomas e FRAGSTATS aplicadas ao período de 2000 a 2024.

Materiais e Métodos

A área de estudo compreende Belo Horizonte e municípios limítrofes, região de transição entre Mata Atlântica e Cerrado marcada por intensa pressão imobiliária. A região apresenta vulnerabilidades climáticas identificadas no Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas de Belo Horizonte (WayCarbon, 2016).

Para a análise da cobertura do solo, utilizou-se a Coleção 7.1 do MapBiomas (2000-2024), harmonizada em oito classes com foco na dicotomia "Vegetação" vs. "Área não vegetada". A temperatura de superfície foi calculada a partir das bandas termais da série Landsat (30 m)

As métricas de paisagem foram processadas no software FRAGSTATS 4.2 em dois níveis:

- Nível da Paisagem: Métricas de diversidade SHDI (*Shannon Diversity Index*) e SIDI (*Simpson Diversity Index*).



- Nível da Classe:

1. Composição e Área Núcleo: PLAND (*Percentage of Landscape*) e TCA (*Total Class Area*). Para o TCA, adotou-se um efeito de borda de 100 m, profundidade mínima para mitigar efeitos microclimáticos externos.
2. Configuração e Isolamento: NP (*Number of Patches*) e ENN_MN (*Mean Euclidean Nearest-Neighbor Distance*), analisando especificamente as classes de Formação Florestal e Campestre. A análise focou na tendência temporal e na correlação entre a estrutura espacial e os padrões de temperatura da superfície.

Essas métricas são amplamente utilizadas em ecologia da paisagem para avaliar efeitos espaciais sobre variáveis climáticas (Botequilha Leitão e Ahern, 2002)

Resultados e Discussão

A Análise temporal revela uma redução contínua da cobertura vegetal e severa fragmentação. O índice PLAND (composição) caiu de 35,33% (2000) para 30,70% (2024), refletindo a conversão de áreas naturais em matriz urbana impermeável. A fragmentação foi confirmada pelo aumento de 15% no Número de Manchas (NP) e redução da área média dos fragmentos. Mais crítico foi o impacto na funcionalidade dos fragmentos. A Área Total de Núcleo (TCA) da vegetação sofreu redução de 14,93% (de 139.429 ha para 118.618 ha). Essa perda de "miolo" compromete a capacidade de resfriamento, pois áreas núcleo são essenciais para a manutenção de microclimas estáveis. Simultaneamente, o isolamento (ENN_MN) aumentou 1,46% para Formações Florestais e 6,53% para Campestres, dificultando fluxos ecológicos e de ventilação. A análise comparativa dos índices de Shannon revelou um padrão divergente. Enquanto a paisagem de uso do solo tornou-se estruturalmente mais heterogênea (SHDI subiu de 1,6175 para 1,6372) devido ao mosaico desordenado de fragmentos urbanos, a paisagem térmica tornou-se mais homogênea (SHDI térmico caiu de 1,30 para 1,01). Essa homogeneização térmica indica a dominância de classes de temperatura mais quentes e a incapacidade dos fragmentos isolados e reduzidos de gerar gradientes de frescor significativos.

O mapeamento espacial confirmou que zonas de alto isolamento (Vetor Norte) coincidem com *hotspots* térmicos, enquanto áreas de vegetação contínua e conectada (Serra do Curral, Mata do Jambreiro) mantêm temperaturas até 3,5°C inferiores.

Conclusões e Implicações para o Planejamento

A análise da série histórica (2000-2024) demonstra de forma conclusiva que a perda de 14,93% da área núcleo e o aumento do isolamento entre fragmentos contribuíram diretamente para a intensificação das ilhas de calor urbanas. A conectividade ecológica emerge, portanto, não apenas como uma métrica de conservação da biodiversidade, mas como o principal determinante da resiliência térmica da paisagem.

Os resultados evidenciam que gerir a paisagem urbana equivale a gerir o clima urbano. Diante disso, as políticas públicas devem superar a lógica tradicional de arborização pontual e adotar o planejamento ecológico da paisagem como ferramenta estruturante, integrando as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) aos instrumentos legais brasileiros.

Em termos práticos, este estudo propõe três diretrizes fundamentais para o planejamento territorial da região de Belo Horizonte:

1. Qualificação do Zoneamento Urbano: Recomenda-se a incorporação de métricas de estrutura, especificamente a Área Núcleo (TCA) e a Distância do Vizinho Mais Próximo



- (ENN_MN), na revisão do Plano Diretor (Lei nº 10.257/2001). Áreas identificadas com baixo TCA e alto isolamento devem ser priorizadas para a implantação de microparques e jardins de chuva, atuando cirurgicamente nos *hotspots* de calor e alinhando o município às metas da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009).
2. Conectividade como Infraestrutura: A restauração de corredores ecológicos e a preservação rigorosa de ecótonos, como a Serra do Curral, oferecem uma fundamentação climática essencial para a aplicação do Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e das ferramentas do SNUC (Lei nº 9.985/2000) em escala urbana.
 3. Planejamento Baseado em Evidências: A simples expansão de áreas verdes, sem considerar sua configuração espacial, mostrou-se insuficiente. É imperativo organizar a paisagem de forma funcional e estrategicamente conectada, tratando a infraestrutura verde como um componente vital para a construção de territórios urbanos termicamente resilientes e socialmente justos.

Referências

Artigo de periódico

ARAM, F. et al. Urban green space cooling: a systematic review. *Urban Forestry & Urban Greening*, Amsterdam, v. 37, p. 127–137, 2019.

ASSIS, W. L.; ABREU, M. L. Clima urbano: um estudo aplicado a Belo Horizonte, MG. 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/a3d64c42-f389-4da5-8c8c-71d88084d7d7/content>. Acesso em: 27 nov. 2025.

BOTEQUILHA LEITÃO, A.; AHERN, J. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, v. 59, p. 65–93, 2002.

FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. *Geosul*, v. 17, n. 33, p. 7–28, 2012.

FRANTZESKAKI, N. et al. Nature-based solutions for urban climate resilience: a review. *Ambio*, Stockholm, v. 48, p. 1–15, 2019.

HERZOG, C. P. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para cidades. *REVISTA LABVERDE*, n. 1, p. 64–83, 2010.

SHI, Y. et al. Influence of landscape features on urban land surface temperature: scale and neighborhood effects. *Landscape and Urban Planning*, v. 210, p. 104–125, 2021.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 93, n. 12, p. 1879–1900, 2012.

Dissertações ou Teses



VILELA, J. O. Construção de um mapa climático analítico de Belo Horizonte. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

Documento on-line

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 30 dez. 2009.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal; institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 mai. 2012.

FRANCISCO, R. C. A. Estudos climáticos aplicados à Região Metropolitana de Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1843/AMFE-9A3PZJ>. Acesso em: 27 nov. 2025.

JARDIM, C. H.; SILVA, M. R. Extremos de temperatura do ar em Belo Horizonte: variabilidade e influência do clima urbano. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. spe, p. 83–97, 2016. DOI: 10.11606/rdg.v0ispe.118036. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/118036>. Acesso em: 27 nov. 2025.

MAPBIOMAS. Coleção 7.1 – Cobertura e uso do solo do Brasil (1985–2024). Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 27 nov. 2025.

WAYCARBON. Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas de Belo Horizonte. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/meio-ambiente/relatorios/plano_adaptacao_bh.pdf. Acesso em: 27 nov. 2025.



DINÂMICA DA FORMAÇÃO FLORESTAL E DA PASTAGEM NA BACIA DA REPRESA CHAPÉU D’UVAS (1985–2023)

Matheus Kelmer Silva Barbosa¹, Edinaldo Lumonte dos Santos², Carolina Beatriz Ribeiro Terror³

Resumo

Analisar as mudanças temporais de uso e cobertura da terra é fundamental para compreender a dinâmica da paisagem, principalmente em bacias de reservatórios hídricos. Sendo assim, este trabalho buscou analisar as mudanças na cobertura e no uso da terra para as classes formação florestal e pastagem na Bacia de Contribuição da Represa Chapéu D’uvas entre 1985 e 2023, utilizando dados do MapBiomass e o plugin LecoS, a partir do *software* QGIS. Os resultados obtidos indicaram um aumento da área ocupada pela classe formação florestal, acompanhado pela elevação no número de fragmentos. A pastagem manteve sua representatividade na bacia, porém apresentou redução no número de fragmentos e aumento na área média, indicando consolidação de manchas contínuas e presença de setores em transição, como pastos sujos. Apesar do avanço florestal, a paisagem permanece fragmentada, com baixa conectividade ecológica e com presença de influência antrópica, especialmente próximo ao reservatório. Os resultados apontam a necessidade de criação de estratégias integradas de conservação para melhorar a conectividade estrutural e a qualidade ambiental da bacia de contribuição.

Palavras-chave: métricas ecológicas; bacia hidrográfica; uso da terra.

Abstract

Analyzing the temporal changes of land use and land cover is fundamental to understand the dynamics of the landscape, especially in water reservoir basins. Thus, this work aimed to analyze the changes in land cover and use for forest formation classes and pasture in the Chapéu D’uvas Dam Contribution Basin between 1985 and 2023, using data from MapBiomass and the LecoS plugin from the QGIS software. The results indicated an increase in the area occupied by the forest formation class, accompanied by an increase in the number of fragments. The pasture maintained its representativeness in the basin, but showed a reduction in the number of fragments and an increase in the mean area, indicating consolidation of continuous spots and presence of sectors in transition, such as dirty pastures. Despite the forest advance, the landscape remains fragmented, with low ecological connectivity and presence of anthropic influence, especially near the reservoir. The results indicate the need to create integrated conservation strategies to improve structural connectivity and environmental quality of the contribution basin.

Keywords: ecological metrics; watershed; land use.

¹ Mestrando em Geografia, PPGEU/UFJF, matheus.barbosa@estudante.ufjf.br

² Mestrando em Geografia, PPGEU/UFJF, edinaldo.lumonte@estudante.ufjf.br

³ Mestranda em Geografia, PPGEU/UFJF, carolinaribeiro123@gmail.com



Introdução

O uso e a ocupação da terra afetam de maneira direta a qualidade ambiental e a oferta de água nas bacias hidrográficas. As intervenções humanas na superfície do terreno também produzem alterações atmosféricas, físicas e biológicas, influenciando o escoamento e se refletindo nas cheias, nas vazões mínimas e médias, além das condições ambientais locais e a jusante (Checchia *et al.*, 2007). Em contextos de pressão antrópica, o disciplinamento do uso do solo torna-se importante para garantir a segurança hídrica, como é o caso da Bacia de Contribuição da Represa Chapéu D'uvras (BCRCD), um manancial de abastecimento público para o município de Juiz de Fora (Ribeiro e Leal, 2013). De acordo com Rocha (2023) com a inauguração da Adutora de Chapéu D'uvras no ano de 2014, que interliga a barragem à Estação de Tratamento de Água Walfrido Machado Mendonça, o reservatório passou então a integrar o abastecimento público de água do município.

Conforme Carmo (2009), a transformação das paisagens pelo ser humano ao longo do tempo não apenas modificou o significado desses espaços, mas também comprometeu a disponibilidade de recursos essenciais à vida, tanto em qualidade quanto em quantidade. Entre os impactos negativos do uso inadequado da terra, destacam-se a degradação do solo e da vegetação, além da contaminação e desaparecimento de cursos d'água.

Diante disso, é fundamental analisar a evolução temporal de classes como Formação Florestal e Pastagem em bacias que contribuem para o fornecimento hídrico em reservatórios. Sendo assim, este trabalho, busca quantificar as mudanças nessas duas classes na Bacia de Contribuição da Represa Chapéu D'uvras entre os anos de 1985 e 2023.

Materiais e Métodos

A área de estudo é a bacia de contribuição da Represa Chapéu D'uvras (Figura 1), que está localizada nas mesorregiões geográficas Zona da Mata e Campo das Vertentes, no sudeste do Estado de Minas Gerais, entre os municípios de Antônio Carlos, Santos Dumont e Ewbank da Câmara, possuindo uma área de 312,89 km².

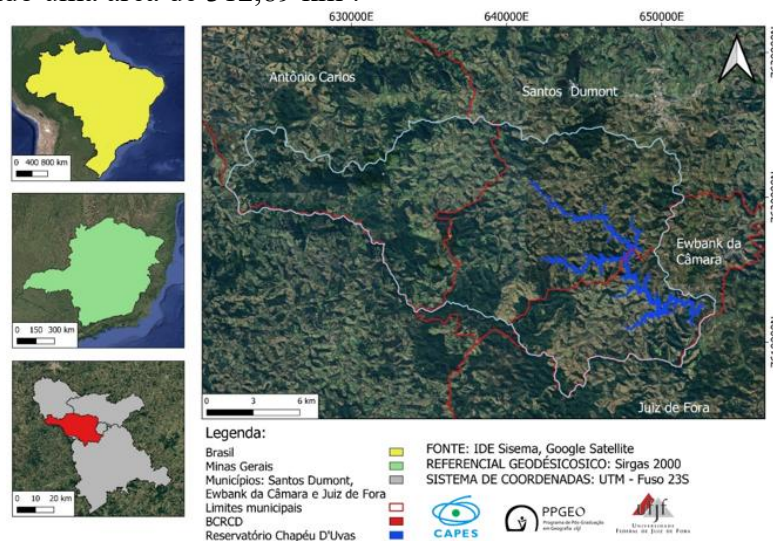


Figura 1 – Localização da Bacia de Contribuição da Represa Chapéu D'Uvas
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).



Primeiramente foram adquiridas cartas de uso e cobertura da terra com base no Plataforma do projeto MapBiomias, para os anos de 1985 e 2023, ambas da coleção 9. Esse intervalo temporal foi escolhido pois compreende o primeiro e o último ano com dados do MapBiomias, o que permite ter um extenso período temporal com mudanças na bacia do reservatório. O MapBiomias opera a partir da licença do *Creative Commons*, onde todos os dados disponíveis são de acesso gratuito. O projeto nasceu a partir de um seminário de Sensoriamento Remoto em 2015, onde alguns dos pesquisadores presentes evento resolveram desenvolver mapas anuais sobre o uso do solo no Brasil (Rocha *et al.* 2023).

Após a aquisição das informações de uso e cobertura da área a partir do MapBiomias, o *software* livre QGIS (Quantum GIS) versão 3.28 foi utilizado para analisar e manipular esses dados, de forma a quantificar o uso e ocupação da terra entre os anos de 1985 e 2023.

Para a área em questão persistiu a ocorrência de 16 classes, em que apenas Formação Florestal e Pastagem foram analisadas por serem as que mais se destacaram durante a série analisada e são as com maior abrangência territorial. Dessa forma, foi utilizada a calculadora *raster* para recortar as classes utilizadas das demais presentes na bacia.

Para a análise quantitativa do uso e cobertura da terra na BCRC, foi utilizado o *plugin* do QGIS, LecoS (*Landscape Ecology*). O LecoS pode calcular, de forma automática, as métricas da paisagem e possibilita a aplicação de um total de 20 métricas ecológicas. As utilizadas neste trabalho foram: Área da classe; Proporção da classe; Número de fragmentos e Área média dos fragmentos.

Os resultados foram comparados entre os períodos e interpretados com apoio de dados ambientais de pesquisas específicas da BCRC, como a de Machado (2012) e Rocha (2023).

Resultados e Discussão

A Tabela 1 resume as métricas para as duas classes observadas entre 1985 e 2023 e a Figura 2 apresenta os mapas com a distribuição das classes.

Tabela 1 – Métricas das classes Formação Florestal e Pastagem (1985-2023)

Classe	Ano	Área da Classe (km ²)	Proporção da Paisagem (%)	Nº de Fragmentos	Área Média dos Fragmentos (km ²)
Formação Florestal	1985	102, 8	30, 3	490	0, 209
Formação Florestal	2023	120, 4	35, 5	541	0, 222
Pastagem	1985	160, 5	47, 3	353	0, 454
Pastagem	2023	162, 4	47,9	308	0, 527

Fonte – Elaborada pelos autores, 2025

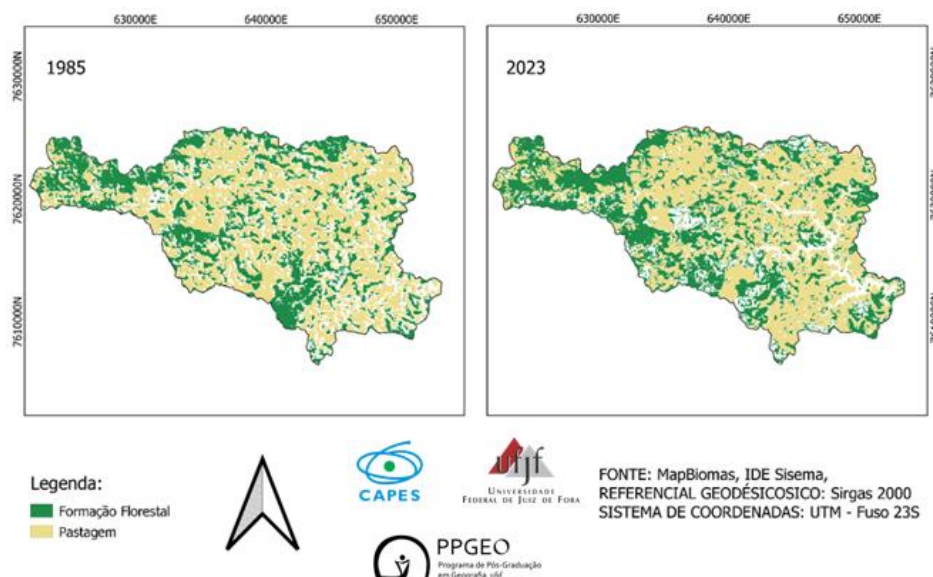


Figura 2 – Mapas com a distribuição das classes (1985-2023)
Fonte – Elaborada pelos autores, 2025

Entre 1985 e 2023, a classe Formação Florestal apresentou aumento na BCRCD, passando de 102,8 km² (30,3%) para 120,4 km² (35,5%). O acréscimo no número de fragmentos (490 para 541) e o pequeno aumento da área média sugerem processos de regeneração natural. Machado (2012) identifica que áreas de pastos em desuso têm evoluído para formações vegetais secundárias, como capoeiras, o que pode indicar possíveis processos de regeneração em determinadas áreas da bacia.

Apesar do crescimento da cobertura florestal, a paisagem permanece altamente fragmentada. Ainda de acordo com Machado (2012), capões isolados e cercados por pastagens tendem a apresentar empobrecimento florístico e maior vulnerabilidade ecológica, devido à incidência de características como a intensa fragmentação e a circunvizinhança com pastos, além dos impactos das atividades antrópicas. Assim, ainda que a expansão florestal seja ambientalmente positiva, o avanço ocorre de forma estruturalmente frágil, mantendo baixa conectividade entre os fragmentos.

A classe Pastagem, por sua vez, manteve-se praticamente estável em área total durante todo o período (47% da bacia), porém com mudanças estruturais relevantes. A redução do número de fragmentos (353 para 308) e o aumento da área média indicam consolidação de manchas contínuas de uso agropecuário. Essa tendência sugere que áreas produtivas podem ter permanecido ativas, enquanto pastagens marginais ou menos utilizadas foram gradualmente convertidas em vegetação secundária. Parte dessas áreas hoje é composta por “pastos sujos”, conforme caracterizado por Rocha (2023), categoria que corresponde a pastagens em estado de transição, ocupadas por herbáceas e arbustos pioneiros.

A leitura das métricas apresenta um cenário que pode ser considerado misto, por um lado, enquanto a cobertura florestal aumentou e há indícios de processos de sucessão, por outro, a organização espacial da vegetação permanece fragmentada, com baixa conectividade. As



pastagens seguem dominando a bacia e exercem grande influência sobre a configuração da paisagem local.

Também deve-se considerar a crescente pressão antrópica no entorno do reservatório, sobretudo pela valorização paisagística e a expansão de empreendimentos imobiliários (Rocha, 2023). Isso pode intensificar a fragmentação e comprometer áreas vulneráveis, principalmente nas margens do reservatório, comprometendo a qualidade hídrica.

Por fim, considera-se que a resolução espacial do MapBiomass (30 m) pode gerar sub e superestimativas, sobretudo em fragmentos pequenos, além de confusão entre classes parecidas, como a formação florestal e a silvicultura. Assim a interpretação das métricas deve considerar essas limitações dos *softwares*.

Portanto, os resultados indicam que a cobertura florestal aumenta na bacia, mas de maneira fragmentada. Outro ponto a ser considerado é a pressão humana, que é um fator de importância que afeta diretamente a conectividade ecológica. Esses elementos reforçam a necessidade de conservação na bacia para promover maior conectividade e garantir a qualidade ambiental do manancial.

O primeiro autor agrade à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal em Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Referências

- CARMO, V. A Contribuição da etnopedologia para o planejamento das terras: estudo de caso de uma comunidade de agricultores do entorno do Parque Nacional do Caparaó. 2009. 197p. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- CARVALHO, D. C. F.; COSTA, A. M.; VIANA, J. H. M. Alterações de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte – MG: 2008 a 2018. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 21, n. 76, p. 57–71, 2020.
- CHECCHIA, T. E.; RODRIGUES, T. B.; SCHRÖDER, P. H.; CRISTINA, A.; CORREA, S. Avaliação dos efeitos das modificações da cobertura da terra na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica de Pimenta Bueno, Rondônia. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste, Cuiabá. *Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste*. 2007.
- MACHADO, P. J. O. Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial: instrumentos para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D’Uvas/MG. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.
- RIBEIRO, C. R.; LEAL, A. C. Disciplinamento do uso e ocupação da terra como subsídio à proteção de áreas de mananciais: estudo aplicado na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D’Uvas/MG. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves: ABRH, 2013. p. 1–9.
- ROCHA, C. H. B. Represas de abastecimento público de Juiz de Fora: mananciais da vida. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2023.
- ROCHA, C. H. B.; LAPA, D. P.; GOMES, F. C. M. Por que permitiram “essa” alteração da paisagem da Bacia da Represa de São Pedro em Juiz de Fora (MG) nos últimos 20 anos? In: IV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL, 2023, Campos dos Goytacazes. *Anais. Campos dos Goytacazes*, 2023.



EFETIVIDADE DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NA CONSERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO REMANESCENTE NA ÁREA METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

Pedro A. D. Oliveira¹, Ana Carolina Caetano Rocha de Oliveira², Yuliana Garcés Arboleda,³
Pamela Campi Alvarez⁴, Pedro Sarmento Volpe de Abreu⁵

Resumo

Este trabalho avalia a efetividade das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) da Região Metropolitana de Belo Horizonte na manutenção da integridade da paisagem frente às pressões urbanas e produtivas. Utilizando dados multitemporais do MapBiomas, métricas de ecologia da paisagem e análises de cluster (K-means), investigou-se a trajetória de nove APAs entre seus anos de criação (1985–2006) e 2024. Os resultados indicam perda aproximada de 150 km² de cobertura natural, aumento significativo da fragmentação e substituição progressiva da matriz natural por usos agrícolas, silviculturais e urbanos. A análise de clusters revela processos de hibridização funcional e avanço de usos antrópicos para o interior das unidades, sobretudo naquelas mais acessíveis e próximas ao núcleo metropolitano. Conclui-se que as APAs desempenham papel moderador, porém insuficiente, e sua eficácia depende da articulação com instrumentos de planejamento territorial, governança integrada e ações de restauração ecológica orientadas por métricas espaciais.

Palavras-chave: Ecologia da paisagem-Gestão territorial-Métricas de paisagem- Estrutura da paisagem.

Abstract

This study evaluates the effectiveness of Environmental Protection Areas (APAs) in the Metropolitan Region of Belo Horizonte in maintaining landscape integrity under increasing urban and productive pressures. Using multitemporal land-use data from MapBiomas (Collection 9), landscape metrics, and cluster analyses (K-means), we assessed the trajectories of nine APAs from their creation years (1985–2006) to 2024. Results indicate a loss of approximately 150 km² of natural vegetation, intensified fragmentation, and progressive replacement of natural matrices by agricultural, silvicultural, and urban land uses. Cluster analyses reveal functional hybridization and increasing penetration of anthropogenic uses into

¹ Doutorando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, pedroaugustodias.pad@gmail.com

² Mestranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, anacarolina-nunes@live.com

³ Doutoranda em Geografia, UFMG, ygarces@ufmg.com

⁴ Mestranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, pcampi@ufmg.br

⁵ Mestrando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, pedrosvolpe9@ufmg.br.



APA interiors, especially in more accessible units near the metropolitan core. We conclude that APAs act as moderating mechanisms but remain insufficient on their own, and their effectiveness depends on integration with territorial planning tools, coordinated governance, and ecological restoration strategies guided by spatial metrics.

Keywords: Landscape ecology-Territorial management- Landscape metrics- Landscape structure.

Introdução

A expansão urbana e produtiva tem promovido profundas transformações nas paisagens metropolitanas, intensificando processos de fragmentação, perda de conectividade e substituição progressiva de matrizes naturais. Em regiões altamente dinâmicas, como a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), essas mudanças resultam em mosaicos cada vez mais heterogêneos e funcionalmente simplificados, nos quais elementos naturais se tornam progressivamente isolados. A literatura de ecologia da paisagem aponta que tais processos comprometem a resiliência ecológica, a manutenção dos fluxos biológicos e a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais, ampliando a vulnerabilidade socioambiental (Taylor et al., 1993; Fahrig, 2003; Grimm et al., 2008).

As Áreas de Proteção Ambiental (APAs), categoria “uso sustentável” de acordo com o SNUC, desempenham papel fundamental na proteção de remanescentes florestais e na regulação territorial de áreas periurbanas. Embora a literatura destaque a importância de avaliar tanto a quantidade quanto a configuração espacial desses remanescentes, por meio de métricas de paisagem que quantificam fragmentação, coesão e distribuição espacial (McGarigal & Marks, 1995; Metzger, 2001; Fahrig, 2013), ainda há lacunas importantes sobre a efetividade de APAs em contextos metropolitanos.

Apesar de sua ampla presença no território brasileiro, ainda são limitados os estudos que avaliam a efetividade real dessas unidades marcados por forte adensamento populacional, expansão imobiliária e consolidação de infraestruturas. Nesse sentido, a avaliação da efetividade da conservação tornou-se uma prioridade científica e política, compreender como as APAs respondem às pressões antrópicas ao longo do tempo é crucial para orientar políticas de planejamento territorial e conservação. As métricas da paisagem são indicadores fundamentais para o monitoramento ambiental, descrevendo parâmetros que são essenciais para a avaliação da paisagem (METZGER, 2001; GUSTAFSON, 1998).

Este estudo investiga a capacidade das APAs da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Figura 1) em conservar vegetação remanescente e preservar atributos estruturais da paisagem ao longo de três décadas, combinando dados multitemporais do MapBiomas, métricas de ecologia da paisagem e análise de cluster (K-means). A avaliação integrada das mudanças de cobertura, padrões espaciais e tipologias internas permite compreender não apenas a magnitude



da perda de vegetação, mas também a reorganização funcional das unidades, contribuindo para o debate sobre a efetividade das áreas protegidas de uso sustentável em grandes metrópoles brasileiras.

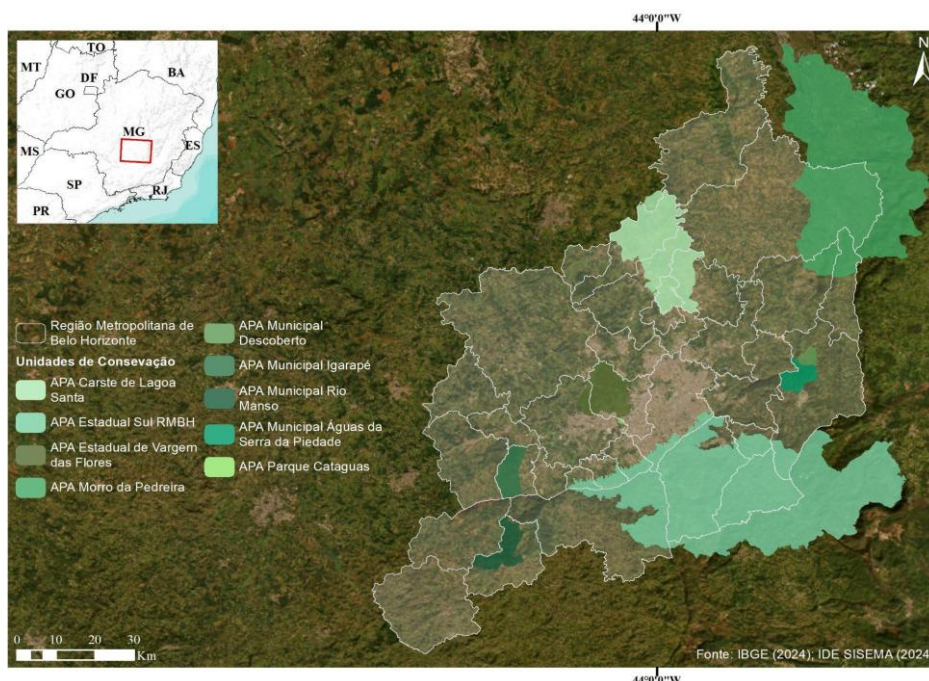


Figura 1 - Mapa da Área de Estudo

Materiais e Métodos

Utilizaram-se dados anuais de uso e cobertura da terra do MapBiomas - Coleção 9 (Mapbiomas, 2024), considerando os anos iniciais de criação de cada APA (1985–2006) e o ano de 2024, de modo a permitir a avaliação multitemporal das mudanças estruturais da paisagem. Os mapas foram previamente reclassificados em categorias naturais e antrópicas e processados em ambiente SIG para garantir padronização espacial entre as unidades.

As análises incluíram: 1. Estatísticas zonais para quantificar a proporção e a evolução das classes naturais e antrópicas dentro de cada APA. 2. Matrizes de transição natural-antrópico, utilizadas para identificar fluxos específicos de conversão e a direção predominante das mudanças. 3. Métricas de ecologia da paisagem (LPI, NP, SPLI, COH, ED, MPS), aplicadas para avaliar variações na fragmentação, conectividade e estrutura espacial dos remanescentes. E 4. Análise de cluster K-means, empregada para agrupar padrões internos de composição e detectar reorganizações funcionais ao longo do período analisado. Todas as operações foram realizadas em ambiente Python e SIG, utilizando bibliotecas voltadas ao processamento raster e análise espacial.

Resultados e Discussão



Os resultados evidenciam uma redução aproximada de 150 km² de vegetação natural no conjunto das APAs analisadas, acompanhada por aumento expressivo do número de fragmentos e elevação do SPLI, refletindo maior subdivisão e perda de continuidade estrutural da paisagem. As métricas de coesão (COH) também diminuem em grande parte das unidades, indicando que remanescentes naturais tornaram-se mais isolados, menores e menos funcionalmente conectados.

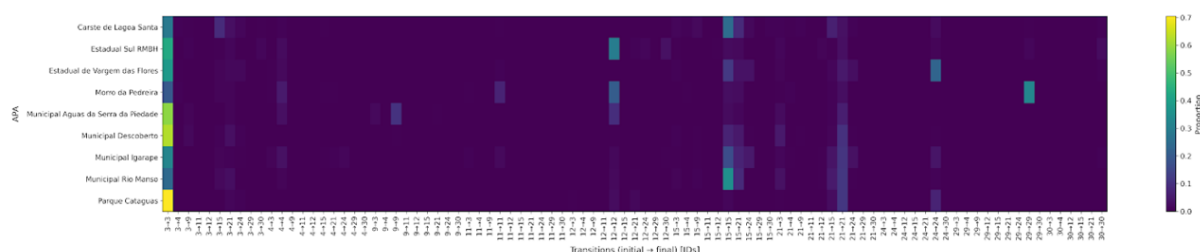


Figura 2. Matriz de transição entre classes de uso e cobertura

A matriz de transição entre classes de uso e cobertura (Figura 2) revela que a maior parte dessa retração resulta de transições natural a antrópico, especialmente para agricultura, silvicultura e áreas urbanizadas. Em várias APAs, notadamente Carste de Lagoa Santa, Sul RMBH e Vargem das Flores, predominam fluxos de substituição da matriz natural por usos produtivos mais coesos, evidenciando processos de interiorização antrópica e reorganização espacial interna.

As análises de cluster (K-means) corroboram esses padrões ao identificar tipologias estruturais contrastantes entre as unidades. APAs localizadas próximas a corredores logísticos, áreas urbanizadas consolidadas e eixos de expansão metropolitana apresentam agrupamentos associados a maior intensidade antrópica, maior heterogeneidade interna e perda de conectividade ecológica. Em oposição, unidades com barreiras topográficas e atributos físicos restritivos, como Morro da Pedreira e Águas da Serra da Piedade, preservam maior estabilidade estrutural e mantêm clusters dominados por classes naturais mais contínuas.

Essas tendências convergem com a literatura de ecologia da paisagem urbana ao apontar um processo de homogeneização funcional, no qual usos antrópicos cada vez mais intensivos substituem mosaicos naturais mais diversos, reduzindo a resiliência ecológica e aumentando a vulnerabilidade das APAs a mudanças futuras. A retração das formações florestais e savânicas, associada à fragmentação crescente, reforça a erosão da conectividade ecológica em escala metropolitana e evidencia que a proteção legal das APAs, embora moderadora, não tem sido suficiente para conter os vetores de pressão territorial.

Em síntese, os resultados corroboram três pontos centrais amplamente discutidos na literatura: A matriz natural está se diluindo e se fragmentando, perdendo conectividade e funcionalidade (Fahrig, 2013; Ribeiro et al., 2009). A matriz antrópica intensiva está se consolidando, especialmente agricultura e silvicultura (Ferreira et al., 2012). A efetividade das APAs depende não apenas de sua existência legal, mas de governança territorial, controle do uso do solo e integração com o planejamento urbano (Forman, 2014; Alberti, 2005).



No caso do Cerrado e da Mata Atlântica, diversos autores já haviam destacado que unidades de conservação de uso sustentável, como APAs, raramente conseguem conter totalmente a expansão agropecuária, especialmente quando inseridas em áreas onde a pressão por uso do solo é elevada (FERREIRA et al., 2012; BRITO et al., 2019). Os padrões observados neste estudo, como conversão de pastagens para agricultura mecanizada e silvicultura, usos mais intensivos e espacialmente coesos, reforçam essa tendência, confirmando que a intensificação produtiva muitas vezes se estabelece dentro dos limites das APAs (FRANCO et al., 2021).

Conclui-se que as APAs desempenham um papel moderador na conversão do uso do solo, mas sua efetividade ecológica é limitada em contextos metropolitanos altamente pressionados. A perda de conectividade, a fragmentação crescente e a interiorização de usos antrópicos demonstram que a proteção legal é insuficiente sem ações integradas de governança, fiscalização, restauração e planejamento territorial. Recomenda-se ampliar estratégias de conectividade ecológica, implementar planos de manejo efetivos e incorporar métricas de paisagem em programas contínuos de monitoramento.

Referências

McGARIGAL, K.; MARKS, B. J. *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. Amherst: University of Massachusetts, 1995.

METZGER, Jean Paul. *O que é ecologia de paisagem?* *Biota Neotropica*, v. 1, n. 1, p. 1–9, 2001.

MAPBIOMAS. *Coleção 9 — Uso e Cobertura da Terra no Brasil*. Projeto MapBiomass, 2024

GUSTAFSON, E. J. Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? *Ecosystems*, v. 1, n. 2, p. 143–156, 1998.

FAHRIG, L. Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. *Journal of Biogeography*, v. 40, p. 1649–1663, 2013.

ALBERTI, M. The effects of urban patterns on ecosystem function. *International Regional Science Review*, v. 28, n. 2, p. 168–192, 2005.

FORMAN, R. T. T. *Urban Ecology: Science of Cities*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

FRANCO, J. L. A. et al. Agricultural expansion within sustainable-use protected areas. *Land Use Policy*, v. 100, p. 104–115, 2021.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. *Diário Oficial da União*, 19 jul. 2000.



MUDANÇAS NA PAISAGEM DE COUTO DE MAGALHÃES DE MINAS-MG AO LONGO DE QUATRO DÉCADAS

Josimar Rodrigues Oliveira¹, Getulio Fonseca Domingues²

Resumo

A mudança da paisagem de um município, permite verificar o rumo em que aquela sociedade está trilhando, os possíveis impactos futuros e servir de base para reflexão e realinhamento do uso e ocupação do seu território. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi analisar a mudança da paisagem ocorrida no município de Couto de Magalhães de Minas, ao longo das últimas quatro décadas, por meio da classificação de uso e cobertura da terra disponibilizada pelo Projeto MapBiomias, em resolução de 30 metros. Para elaborar o presente estudo, foram adquiridos arquivos do tipo *raster* em recorte compatível com a delimitação do município e referente aos anos de 1985, 1994, 2004, 2014 e 2024 na Coleção 10 do Projeto MapBiomias. Foram gerados mapas temáticos com as informações detalhadas das classes de uso e cobertura da terra, sua área nominal e sua área percentual. Os resultados mostraram que, ao longo de 40 anos, o município ainda mantém uma cobertura natural importante (85%) e que a silvicultura, o crescimento da mineração e do núcleo urbano, bem como o desenvolvimento agropecuário (pastagens e mosaico de usos) foram, respectivamente, os responsáveis pela redução de aproximadamente 10% das áreas naturais, cuja maior parte da supressão ocorreu nos últimos 20 anos.

Palavras-chave: Agricultura, Cobertura da Terra, Meio Ambiente, Mineração, Silvicultura.

Abstract

Changes in a municipality's landscape make it possible to observe the direction in which its society is heading, anticipate potential future impacts, and provide a basis for reflection and realignment of land use and occupation. In this context, the objective of this study was to analyze the landscape transformation that occurred in Couto de Magalhães de Minas over the past four decades, using land use and land cover classifications provided by the MapBiomias Project, with a spatial resolution of 30 meters. To carry out this study, raster files corresponding to the years 1985, 1994, 2004, 2014, and 2024 were obtained from Collection 10 of the MapBiomias Project, clipped according to the municipal boundaries. Were generated thematic maps with detailed information on land use and land cover classes, their nominal area, and their percentage of total area. The results showed that, over the course of 40 years, the municipality has maintained a significant portion of natural vegetation cover (85%), and that forestry, mining expansion, urban growth, and agricultural development (pastures and land-use mosaics) have collectively accounted for the reduction of approximately 10% of natural areas, most of which occurred in the last 20 years.

Keywords: Agriculture, Land Cover, Environment, Mining, Forestry.

¹ Pós-Doutorando Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, josimar.oliveira@ufvjm.edu.br

² Doutor em Ciência Florestal, docente na UFMG, getulio.floresta@gmail.com



Introdução

A ação antrópica é uma das grandes responsáveis pela transformação da paisagem ao longo dos anos e a avaliação multitemporal destas mudanças em escala municipal pode viabilizar o desenvolvimento urbano, rural, socioeconômico e cultural de maneira sustentável. Neste contexto, se encaixa o conceito de uso e cobertura da terra. Ele está diretamente associado com os tipos de cobertura natural ou artificial que as imagens de sensoriamento remoto são capazes de registrar (Costa, 2019).

Tais imagens de satélite são processadas, trabalhadas e interpretadas por especialistas que classificam, por meio de diversas técnicas de geoprocessamento, a dinâmica da paisagem ao longo do tempo. Iniciativas como o Projeto MapBiomias, tem permitido refinar e acompanhar tais mudanças, de maneira mais acessível a sociedade de modo geral por meio de sua plataforma interativa de divulgação de dados e informações. De acordo com MapBiomias (2025), a sua Coleção 10 é fruto de dez anos de trabalho do projeto, inclui os mapas e dados anuais de cobertura e uso da terra do Brasil para o período de 1985 a 2024, com resolução de 30 metros e está em constante desenvolvimento.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi analisar a mudança da paisagem ocorrida no município de Couto de Magalhães de Minas, ao longo das últimas quatro décadas, por meio da classificação de uso e cobertura da terra disponibilizada pelo Projeto MapBiomias, em resolução de 30 metros.

Materiais e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido com enfoque no município de Couto de Magalhães de Minas, que está localizado no Alto Jequitinhonha, com sua sede nas coordenadas geográficas 18° 04' 25" S e 43° 28' 16" W e possui área territorial de 485,654 km² (IBGE, 2025a). Faz limite com os municípios de Diamantina, São Gonçalo do Rio Preto, Senador Modestino Gonçalves, Felício dos Santos, Serra Azul de Minas, Rio Vermelho e Serro.

A altitude média do município é de 726 m, com precipitação anual estimada de 1261,5 mm (Guimarães *et al.*, 2010) e o clima é classificado como tropical de altitude, com inverno seco e verão mais ameno (Cwb) com temperatura média anual de 19,4 °C (Alvares *et al.*, 2013). A população estimada residente no município é de 4.351 habitantes (IBGE, 2025b).

Os dados *raster* obtidos na Coleção 10 do MapBiomias (2025) foram trabalhados em um *software* livre multiplataforma, com código-fonte aberto onde foram executadas as operações de vetorização, reprojeção, cálculo de área (nominal e percentual), categorização e *layout* final. A validação das mudanças ocorridas na paisagem foi realizada por meio da observação do histórico do mosaico de imagens disponibilizadas pelo *Google Earth Pro* 7.3.6. (Google, 2025) do período de 1985 até 2024, associado aos conhecimentos de trabalhos de campo coordenados pelo primeiro autor na região.

Resultados e Discussão

O município de Couto de Magalhães de Minas possui 62 anos de emancipação. O presente estudo analisou a mudança da paisagem nos últimos 40 anos e a Tabela 1 apresenta



esses dados detalhados em intervalos de uma década. Deste modo, é possível verificar que no ano de 1985 foram identificadas 13 classes de uso e cobertura da terra. Naquela época, aproximadamente 95% do território mantinha sua cobertura natural (vegetação nativa, afloramentos de rocha, rios e lagos), a agropecuária ocupava 4,8%, a mineração ocupava 0,13% e a área urbana equivalia a apenas 0,04%. Quarenta anos depois, a cobertura natural recuou cerca de 10%.

Tabela 1 – Distribuição percentual das classes de uso e cobertura da terra no município de Couto de Magalhães de Minas (MG), observadas a cada década, ao longo de 40 anos, 2025.

Classes de uso e cobertura da terra	Percentual (%)					
	1985	1994	2004	2014	2024	1985-2024
Formação Savânica	47,5985	48,2000	47,6844	41,3130	40,0604	-7,5381
Afloramento de Rochas	18,5014	18,5038	18,5051	18,5073	18,5086	+0,0072
Formação Florestal	17,5205	17,5955	16,8076	16,0482	16,3852	-1,1353
Formação Campestre	7,1360	6,8085	6,7162	6,6819	6,6687	-0,4673
Campo alag. e área pant.	4,0194	3,6182	3,3497	3,3007	3,3185	-0,7009
Pastagem	3,5435	3,6396	5,0891	3,7280	3,7200	+0,1765
Mosaico de Usos	1,2817	1,1175	1,0436	0,8580	1,4206	+0,1389
Rios ou Lagos	0,1404	0,1469	0,1052	0,0810	0,0612	-0,0792
Mineração	0,1320	0,1616	0,4485	0,4636	0,6307	+0,4987
Outras áreas não vegetadas	0,0550	0,0663	0,0564	0,0717	0,0613	+0,0063
Área Urbana	0,0427	0,1363	0,1785	0,2302	0,2826	+0,2399
Outras Lavouras Perenes	0,0182	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	-0,0180
Café	0,0105	0,0009	0,0018	0,0028	0,0040	-0,0065
Silvicultura	-	0,0047	0,0100	8,7135	8,8746	+8,8746
Outras Lavouras Temporárias	-	-	0,0039	-	0,0033	+0,0033

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados do MapBiomias (2025).

Áreas de Formação Savânica e de Formação Florestal deram lugar a Silvicultura (*Eucalyptus* sp.), que aparece de maneira tímida nos anos de 1994 e 2004, porém surge com força em 2014, ocupando quase 9% daquelas áreas até então ocupadas com vegetação nativa e, em grande parte, sob Latossolos Vermelho distrófico, como mostra Oliveira (2021). A agropecuária evoluiu apenas 0,32% em 40 anos, puxada pelo crescimento de áreas ocupadas por pastagem e mosaico de usos agrícola, associado a queda vertiginosa das lavouras de café e demais culturas perenes. Por outro lado, houve importante impacto da evolução das áreas mineradas (cresceu 4,8 vezes) e do núcleo urbano (cresceu 6,6 vezes), como pode ser observado na Tabela 1. De acordo com Cabral Neto *et al.* (2017), o Rio Jequitinhonha apresenta aluvião diamantífero em grande parte de seu curso, sendo que os mais importantes estão na região de Mendanha, Couto de Magalhães de Minas e de São Gonçalo do Rio Preto. Na região, além do diamante, a mineração é voltada também para a exploração de cristal, manganês e mais recentemente das rochas quartzíticas ornamentais.



A Figura 1 apresenta os mapas temáticos de uso e cobertura da terra do município de Couto de Magalhães de Minas nos anos de 1985 e 2024, onde é possível analisar, visualmente, as mudanças da paisagem. Percebe-se a significativa substituição das áreas de Formação Savânica e algumas partes da Formação Florestal pela Silvicultura ao norte do município. A mineração, principalmente aquela às margens do Rio Jequitinhonha (região noroeste do município) e a mancha urbana, outrora quase imperceptível, na região central do município, passaram a se destacar mais na paisagem após 40 anos.

No ano de 2004, ainda existia 93% da vegetação natural, sendo a supressão de 2% ocasionada, principalmente, pelo aumento percentual das áreas de pastagem naquela época. A mineração já havia crescido 3,4 vezes e a área urbana também já estava 4,5 vezes maior, em relação a 1985. De modo geral, observa-se que as maiores mudanças na paisagem de Couto de Magalhães de Minas se deram mais fortemente nos últimos 20 anos. Há de se desenvolver estudos aprofundados sobre os impactos destas atividades antrópicas sobre a dinâmica hídrica local, uma vez que a classe de Rios e Lagos teve redução percentual durante este período.

A série temporal do mosaico de imagens do *Google Earth Pro*, permite validar as informações obtidas por meio da interpretação dos dados do MapBiomas para o município de Couto de Magalhães de Minas, uma vez que se observa em imagem datada de 1985, a inexistência de atividade silvícola na região das comunidades rurais denominadas São Gonçalo das Canjicas e de Tomé (Figura 2). Havia a predominância de Cerrado e pastagens naquela época, ao passo que nas imagens de 2024, existem talhões típicos de cultivo florestal na paisagem, os quais foram identificados como áreas de *Eucalyptus* sp. em incursão de campo.

Conclui-se que, após 40 anos, o município de Couto de Magalhães de Minas ainda mantém uma cobertura natural importante (85%) e que a silvicultura, o crescimento da mineração e do núcleo urbano, bem como o desenvolvimento agropecuário foram, respectivamente, os responsáveis pela redução de aproximadamente 10% das áreas naturais, cuja maior parte da supressão ocorreu nos últimos 20 anos. Os dados analisados também apontam para uma possível redução das fontes hídricas disponíveis no território municipal.

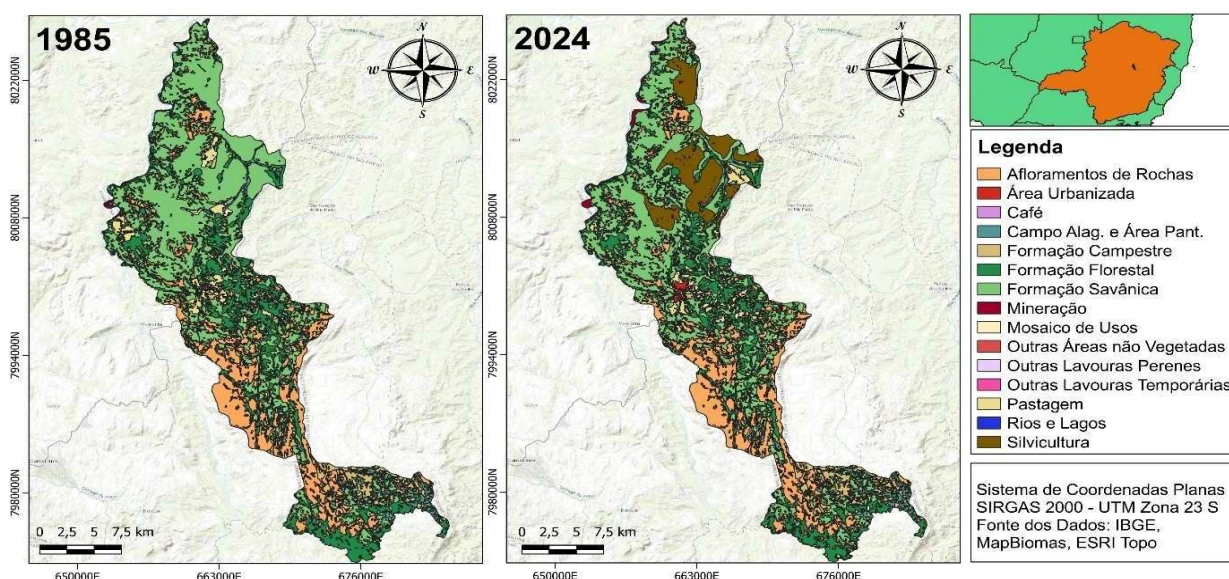


Figura 1 – Mudança da Paisagem no município de Couto de Magalhães de Minas (MG), ao longo de 40 anos. Fonte: Elaborado pelo autor (2025).



Figura 2 – Mudança da Paisagem na região das comunidades de São Gonçalo das Canjicas e Tomé, no município de Couto de Magalhães de Minas (MG) – a esquerda, imagem de 1985 e a direita, imagem de 2024 do *Google Earth Pro*. Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Referências

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Met. Zeit.*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- CABRAL NETO, I.; NANNINI, F.; SILVEIRA, F. V.; CUNHA, L. M. Áreas kimberlíticas e diamantíferas do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. Brasília: CPRM, 2017.
- COSTA, G.R.S. Análise Multitemporal do uso e cobertura da terra através de ferramentas de geoprocessamento no município de Santo Antônio do Tapuá/PA. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA. 2019.
- GOOGLE. Google Earth Pro [software]. Versão 7.3.6. Mountain View, CA: Google LLC, 2025. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 30 out. 2025.
- GUIMARÃES, D.P.; REIS, R.J.; LANDAU, E.C. Índices Pluviométricos em Minas Gerais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 90 p. (Boletim de Pesquisa e Desenv., n. 30).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Território: área da unidade territorial. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2025a. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2025.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População estimada: Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2025. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2025b. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2025.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. 2025. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 24 out. 2025.
- OLIVEIRA, J.R. Classificação do potencial agrícola de Couto de Magalhães de Minas-MG utilizando ferramentas de geoprocessamento. 2021. Monografia (Especialização em Geoprocessamento Aplicado) - IFNMG, Diamantina, MG. 2021.



O ENTORNO DA SERRA DO JAPI: A paisagem da zona de conservação ambiental da Malota

André de Azevedo Busato¹ e Emerson Martins Arruda².

Resumo

O tema do trabalho é o estudo da paisagem a partir da abordagem geossistêmica. O objetivo é a caracterização da paisagem do Morro Pracatú, que está inserido na Zona de Conservação Ambiental da Malota, a área é considerada zona de amortecimento entre a cidade de Jundiaí-SP e a Serra do Japi. A vegetação da Serra é considerada um remanescente florestal do Planalto Atlântico. A abordagem utilizada provém dos estudos de Viktor Sochava (1977 e 1978), foram realizadas: a revisão conceitual da abordagem geossistêmica, o levantamento bibliográfico e cartográfico da área de estudo e os trabalhos de campo. O trabalho constitui a etapa inicial do futuro mapeamento das paisagens do Morro Pracatú. As fotografias da paisagem, juntamente com as representações gráficas produzidas e a percepção dos autores demonstraram uma forte dinâmica antropogênica na estrutura natural do Morro Pracatú, lembrando que esta estrutura natural é representativa da Serra do Japi e fundamental para o equilíbrio da vida na cidade.

Palavras-chave: Serra do Japi; cartografia; natural; antrópico; fotografias.

Abstract

The theme of this work is the study of the landscape from a geosystemic approach. The objective is the characterization of the landscape of Morro Pracatú, which is located in the Malota Environmental Conservation Zone. The area is considered a buffer zone between the city of Jundiaí-SP and the Serra do Japi, the vegetation of the Serra is considered. A forest remnant of the Atlantic Plateau. The approach comes from the studies of Viktor Sochava (1977 and 1978). The steps to be carried out: a conceptual review of the geosystemic approach, a bibliographic and cartographic of the study area and fieldwork. This work is initial stage of the future mapping of the landscapes of Morro Pracatú. The landscapes photos, with the graphic representations produced and the authors' perception, demonstrated a strong anthropogenic dynamic in the natural structure of Morro Pracatú, remembering that this natural structure is representative of the Serra do Japi and fundamental for the balance of life in the city.

Keywords: Serra do Japi; cartography; natural; anthropogenic; photographs.

Introdução

A zona de amortecimento é um importante instrumento de redução de impactos ambientais nas áreas de proteção. A análise ambiental dessas áreas deve estar atenta na relação entre os

¹ Professor de Geografia do estado de São Paulo. Mestrando em Geografia, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Campus Sorocaba, São Paulo. andre_busato@hotmail.com

² Professor Associado do Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades (DGTH), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Campus Sorocaba, São Paulo. emersongeo@ufscar.br

fenômenos naturais e antrópicos. Dentro delas, existem diferentes padrões espaciais, que ao serem estudados podem demonstrar aspectos positivos ou negativos quanto à proteção ambiental.

A Zona de Conservação Ambiental da Malota, regida pela Lei Municipal nº 417/2004, tem como função amortecer os impactos ambientais da cidade de Jundiaí sobre a Serra do Japi. Dentre os atributos físico-naturais da Zona de Conservação Ambiental, destacam-se o Morro e o Córrego Pracatú. Do alto do Morro, a cerca de 900 metros de altitude, na direção oeste é possível ver a paisagem da Serra do Japi, olhando na direção leste, vê-se a paisagem da cidade de Jundiaí. Também são importantes os atributos antrópicos presentes no Morro, como os bairros Pracatú e Maringá, o condomínio da Malota e a Rodovia Anhanguera (SP-330).

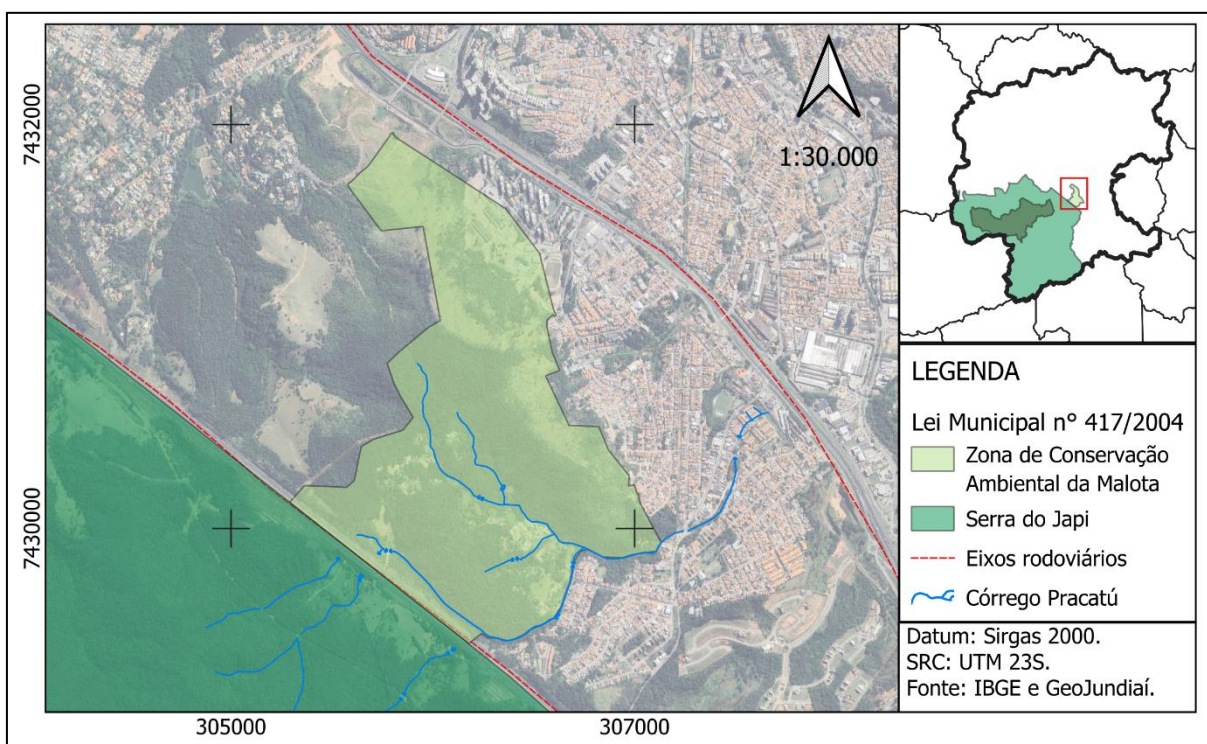


Figura 1 – Mapa de localização da Zona de Conservação Ambiental da Malota, Jundiaí-SP.
Fonte: elaboração dos autores (2025).

O relevo do Planalto Atlântico de Jundiaí (ROSS e MOROZ, 1996) é basicamente dominado por colinas, morretes e morros, nivelados em seus topos com altitudes que variam entre 700 e 1050 metros. A paisagem da Serra do Japi quebra a monotonia do Planalto de Jundiaí, segundo Carneiro (2001, p. 59): “A serra é composta em sua maioria por metamorfitos pertencentes ao Grupo São Roque, penetrados por intrusões de rochas graníticas. Suas maiores altitudes são alcançadas na Serra do Japi, com cerca de 1200 – 1250 metros”. A Serra do Japi está localizada ao sul do município de Jundiaí, Ab’Sáber (1992) ressalta a Serra com seus picos quartzíticos, com rochas expostas acima dos morros florestados e, particularmente, com bordas íngremes e cimeiras aplainadas. Sobre a floresta do Japi, Leitão Filho (1992) reforça a localização ecotonal



da flora arbórea do Japi, marcada pelo encontro entre a Mata Atlântica e a floresta mesófila semidecídua, além de enclaves de caatinga encontrados nos lajedos pedregosos do Japi.

Devido aos seus atributos físico-naturais, a Serra do Japi possui instrumentos de proteção e conservação, como o tombamento realizado pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo, em 1983. O conceito de Paisagem foi fundamental na definição das áreas de tombamento realizadas nesse período:

Desde os anos de 1970, com atuação marcante do geógrafo Aziz Ab'Sáber, o Condephaat assumiu a atribuição de decretar o tombamento de áreas naturais, considerando a paisagem como categoria norteadora e instrumento de proteção da biodiversidade (PAES e EICHENBERGER, 2021, p. 2).

O estudo da paisagem do Morro Pracatú revela características tanto da expansão urbana de Jundiaí, como da estrutura natural da Serra do Japi. Em estudo realizado na Serra do Japi foram destacadas as transformações ocorridas na paisagem do entorno do maciço florestado. Sobre essas áreas Pradella (2023, p.30) escreve: “São lugares frágeis, que contam com a presença de ecossistemas relacionados à Serra, com importantes cursos d'água que são mananciais de abastecimento público de interesse local e regional”. Além da expansão urbana, a paisagem do entorno é formada por cultivos agrícolas, criação de animais, indústrias e atividades de lazer.

Assim, este resumo expandido tem como objetivo a caracterização da paisagem do Morro Pracatú, etapa inicial, para o mapeamento dos geossistemas do referido morro. No Brasil, a concepção de geossistemas inicia-se com a discussão de obras de dois autores: Georges Bertrand e Viktor Sochava. Sobre o assunto, Cavalcanti e Côrrea escrevem:

Neste sentido, deve-se ressaltar que a geografia soviética, à época em que Sochava promove o desenvolvimento da epígrafe ‘geossistema’ (décadas de 1960 e 1970) já apresentava direcionamentos bastante consolidados na discussão sobre uma teoria de áreas naturais, compreendendo a fácies, o envelope geográfico e toda a gama de unidades intermediárias como entidades reais (2016, p. 17).

A epígrafe geossistema carrega consigo o estudo sistêmico, complexo e dinâmico da paisagem. Um conceito-chave para direcionar essa abordagem são os geômeros e geócoros. O primeiro, refere-se as unidades menores e homogêneas da paisagem, enquanto o segundo, agrupa as unidades anteriores em uma maior, sendo assim heterogênea. Assim, geômeros e geócores são a base da chamada classificação bilateral de geossistemas, segundo Sochava (1978 e 1977) cada parte da classificação expressa particularidades independentes da paisagem.

Materiais e métodos

Na elaboração do trabalho foram utilizadas cartas topográficas (SF-23-Y-C-III-I-SO-F e SF-23-Y-C-III-I-SO-D) e os vetores da hidrografia de Jundiaí, ambos materiais estão na escala de 1:10.000, disponíveis no portal GeoJundiaí (<https://geo.jundiai.sp.gov.br/geojundiai/>). Com relação aos procedimentos técnicos, as cartas topográficas foram georreferenciadas, mescladas e recortadas, para a melhor visualização do Morro Pracatú, utilizando-se o *software* Qgis.

As fotografias da paisagem do Morro Pracatú foram tiradas durante os trabalhos de campo. É possível percorrer da base até o topo do morro no sentido SE–NW, por meio de ruas e trilhas, fazer esse percurso por outras direções é inviável devido à inclinação das outras vertentes.

A leitura da aplicação geossistêmica no Brasil foi fundamental para a elaboração do trabalho. Cavalcanti et al. (2010) elaboraram a partir da Teoria dos Geossistemas um perfil altimétrico, classificando diferentes geômeros elementares. Já Cavalcanti (2017) apresentou o detalhamento dos geossistemas do município de Curaçá, na Bahia.

Resultados e Discussão

O Morro Pracatú se constitui como uma área que reflete características naturais representativas da Serra do Japi e dos aspectos urbanos de Jundiaí. No trabalho de campo, percebemos campos de matações graníticos com a presença de solos pouco desenvolvidos, essas características são comuns da Serra do Japi e foram observadas por outros autores, como em Jesus e Rueda (2010). A orientação do morro é de SE–NW, os córregos de ambas as direções são drenados pela bacia hidrográfica do Rio Jundiaí. Na vertente sudeste foi observado processos erosivos que assoreiam o Córrego Pracatú e a noroeste constatamos formas de ravinas extensas.



Figura 2 – Em “A” padrão de ocupação da encosta sudeste. Em “B” formação de ravina na encosta noroeste. Fonte: elaboração dos autores (2025).

O atual estágio do Morro Pracatú, demonstra uma intensa atividade antropogênica, como por exemplo: bairros residenciais, condomínios de alto padrão, linhões de energia elétrica, passeio de pedestres e ciclistas e a Rodovia Anhanguera, a densidade da ocupação a leste é maior e contrasta com o sentido oeste. Nas cartas topográficas utilizadas foram observadas obras de aterramento e movimentação de sedimentos entre a Rodovia e o Morro.

Com essas características ambientais levantadas, concluímos ser viável o estudo dos geossistemas. A Zona de Conservação Ambiental da Malota faz parte do amortecimento da Serra do Japi, assim como o Japi, sua forma de ocupação deve ser controlada no sentido de preservar os aspectos naturais. A paisagem, a partir da abordagem geossistêmica, relaciona tantos os processos (geômeros) e individualiza a ocorrência deles em áreas (geócoros), que serão fundamentais para o mapeamento dos geossistemas do Morro Pracatú.



Referências

AB’SÁBER, A. N. A Serra do Japi, sua origem geomorfológica e a teoria dos refúgios. In: MORELLATO, L. P. C. (org.). **História Natural da Serra do Japi**. Campinas: Ed. UNICAMP, 1992. p. 12–33.

CARNEIRO, C.D.R. **Geologia da região de Jundiaí-Atibaia**. Projeto Evolução crustal da região de Jundiaí-Atibaia e implicações conceituais para ensino de campo em geologia e planejamento da ocupação. Campinas (SP). Campinas: Inst. Geoc. Unicamp. Apoio: Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo - FAPESP. 90p. 2001.

CAVALCANTI, L. C. S. Geossistemas de Curaçá, Bahia. **Clio Arqueológica**. Recife, v. 32, n. 3, p. 6–87, 2017.

CAVALVANTI, L. C. S.; CORRÊA, A. C. B. Geossistemas e Geografia no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 2, p. 3–33, 2016.

CAVALCANTI, L. C. S. et al. Fundamentos para o mapeamento de geossistemas: uma atualização conceitual. **Geografia**, Rio Claro, v. 35, n. 3, p. 539–551, 2010.

JESUS, N.; RUEDA, J. R. J. Classificação dos solos da Serra do Japi. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 8(2), p. 69–91, 2010.

LEITÃO FILHO, H. F. A flora arbórea da Serra do Japi. In: MORELLATO, L.P.C. (org.). **História Natural da Serra do Japi**. Campinas: Ed. UNICAMP, 1992, p. 40–62.

PAES, M. T. D.; EICHENBERGER, V. O tombamento da Serra do Japi (SP): a patrimonialização da natureza em áreas críticas do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Brasil, v. 41, n. 1, p. 1–15, 2021.

PRADELLA, D. L. P. **Contradições entre a política local e o interesse regional em APA estadual: a Serra do Japi como estudo de caso**. 2023. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura, Arte e Design, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2023.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista de Departamento de Geografia**, n. 10, p. 41–58, 1996.

SOTCHAVA, V.B. O estudo de geossistemas. **Métodos em questão**, n. 16, IGUSP. São Paulo, p. 1–51, 1977.

SOCTCHAVA, V. B. Por uma Teoria de Classificação de Geossistemas de Vida Terrestre. **Série Biogeografia**, nº 14, IG, USP, São Paulo, 1–24, 1978.



PRODUZIR ÁGUA E ALIMENTOS: Dinâmica da paisagem e implicações hídricas na sub-bacia do Rio Santo Antônio (MG)

Cynthia Salzgeber¹, Gabriel Martinez², José Gabriel González³, Lucas Rogério Silva⁴

Resumo

A estrutura e a configuração da paisagem influenciam diretamente os serviços ecossistêmicos hídricos, sensíveis às mudanças no uso e cobertura do solo. Áreas florestais nativas são essenciais para manter a quantidade e a qualidade da água, favorecendo infiltração, recarga e controle do escoamento. Este estudo avaliou como alterações no uso do solo modificam a estrutura da paisagem e afetam os serviços hídricos na sub-bacia do rio Santo Antônio (MG). Com dados do IDE-SISEMA e MapBiomias (1994, 2009, 2024), processados no QGIS e analisados no R, foram avaliadas métricas de estrutura, conectividade e fragmentação. Os resultados mostram redução das áreas florestadas (PLAND 52,29%–44,12%) e expansão da agropecuária (9,07%–13,23%), indicando substituição da vegetação nativa. O aumento do índice de agregação (91,13–93,02) e a diminuição do número de manchas (9.95–8.32) apontam consolidação antrópica e perda de conectividade. Esses resultados evidenciam a necessidade de estabelecer uma conexão direta entre o diagnóstico das métricas e políticas de conservação, assegurando a proteção e recuperação das APPs para garantir a sustentabilidade hídrica na produção agropecuária.

Palavras-chave: Composição da paisagem; Regulação hídrica; Conectividade; Fragmentação

Abstract

The structure and configuration of the landscape directly influence water-related ecosystem services, which are sensitive to changes in land use and land cover. Native forests are essential for maintaining water quantity and quality, enhancing infiltration, recharge, and runoff regulation. This study assessed how land-use changes modify landscape structure and affect hydrological services in the Santo Antônio River sub-basin (MG). Using IDE-SISEMA and MapBiomias data (1994, 2009, 2024), processed in QGIS and analyzed in R, we evaluated metrics related to structure, connectivity, and fragmentation. The results show a reduction in forested areas (PLAND 52.29%–44.12%) and an expansion of agriculture and pasture (9.07%–13.23%), indicating the replacement of native vegetation. The increase in the aggregation index (91.13–93.02) and the decrease in the number of patches (9.95–8.32) point to anthropogenic consolidation and loss of connectivity. These findings highlight the need to establish a clear link between metric-based diagnoses and conservation policies, ensuring the protection and restoration of riparian buffer zones (APPs) to safeguard hydrological sustainability in agricultural production.

Keywords: Landscape composition; Water regulation; Connectivity; Fragmentation

Introdução

¹ Mestranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, cynthiasalzgeber@gmail.com

² Mestrando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, gabrielmtmartinez96@gmail.com

³ Doutorando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, vargasgjoseg@gmail.com

⁴ Mestrando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, lucasrvsgeo@gmail.com



A estrutura da paisagem exerce papel determinante na provisão de serviços ecossistêmicos, especialmente aqueles associados à água, que sustentam o equilíbrio ecológico e a qualidade de vida humana (Zhao et al., 2023). Os serviços ecossistêmicos hídricos, como a produção de água, recarga de aquíferos, regulação do escoamento e manutenção da qualidade da água, são resultado da interação entre clima, solo, vegetação e uso da terra (Li and Xu, 2023). No entanto, sua efetividade depende não apenas da presença desses elementos, mas também de sua organização espacial no território, definida pela composição e configuração da paisagem (el Jeitany et al., 2024). Alterações na cobertura do solo refletem a intensidade das atividades humanas (Rukundo et al., 2018) e podem alterar o funcionamento hidrológico por meio de modificações na estrutura ecológica, impactando processos como infiltração, interceptação da precipitação, evapotranspiração e escoamento superficial (Zhao et al., 2023).

Compreender a relação entre padrões espaciais e funcionamento hidrológico é fundamental para otimizar a gestão dos recursos hídricos (Lyu et al., 2023). Evidências demonstram que a configuração da paisagem pode ampliar ou limitar a provisão de benefícios ecossistêmicos (Duarte et al., 2018), sobretudo em regiões sob forte pressão agrícola e urbanização (Peng et al., 2016). Nesse cenário, as métricas de paisagem se destacam como ferramentas essenciais para quantificar padrões espaciais, permitindo avaliar atributos como conectividade, fragmentação e dominância de classes de uso (el Jeitany et al., 2024). A incorporação dessas métricas em análises e modelagens hidrológicas tem ampliado a capacidade de identificar áreas críticas, prever impactos e subsidiar tomadas de decisão baseadas em evidências científicas (Duarte et al., 2018; Correa et al., 2023).

Diante disso, este estudo tem como objetivo analisar como as alterações no uso e cobertura do solo modificam a estrutura da paisagem e podem influenciar os serviços ecossistêmicos hídricos na sub-bacia do rio Santo Antônio, destacando o papel das métricas de paisagem na interpretação desses impactos.

Materiais e Métodos

Área de Estudo:

A área de estudo corresponde à sub-bacia do Rio Santo Antônio, afluente do Rio Paracatu, localizada no Centro-Oeste de Minas Gerais e integrante da bacia do Rio São Francisco (Figura 1). Com 593.401,43 ha, possui coordenadas centrais em 17°41'17,42" S e 45°38'14,38" W. Seu território está distribuído principalmente entre os municípios de João Pinheiro (75,27%) e Buritizeiro (24,26%), com pequenas porções em Presidente Olegário (0,22%) e São Gonçalo do Abaeté (0,26%).

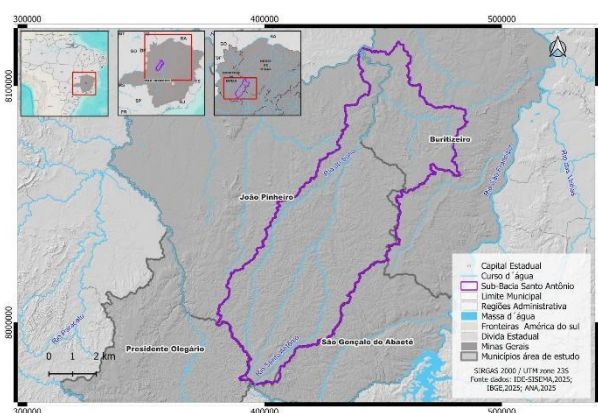


Figura 1 – Mapa da sub-bacia Santo Antônio.
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Dados e Análises espaciais:

Dados cartográficos da sub-bacia foram obtidos no IDE–SISEMA, e os mapas de uso e cobertura do solo para 1994, 2009 e 2024 foram extraídos da da Coleção 10 do MapBiomas. Todo o processamento foi realizado no QGIS 3.28 (SIRGAS 2000 / UTM 23S). A dinâmica da paisagem foi avaliada no software R, com o pacote *landscapemetrics* para calcular as métricas AREA_MN (Área Média dos Fragmentos), AREA_SD (Desvio-padrão da Área dos Fragmentos), PLAND (Porcentagem da Paisagem), NP (Número de Fragmentos), ENN_MN (Distância Média ao Vizinho Mais Próximo), AI (Índice de Agregação), COHESION (Índice de Coesão dos Fragmentos), CAI (Índice de Área Núcleo), FRAC (Índice de Dimensão Fractal), SHAPE_MN (Índice de Forma) e PARA (Razão Perímetro/Área).

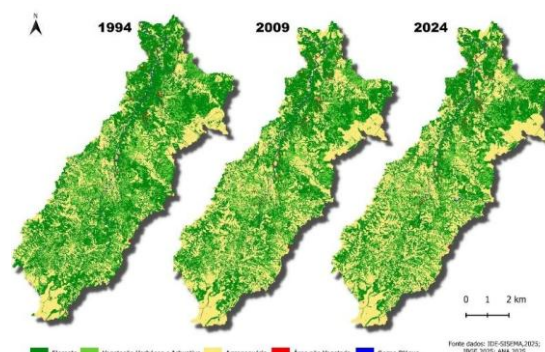


Figura 2 – Mapas de uso da terra da sub-bacia Santo Antônio (1994, 2009, 2024).
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Resultados e Discussão

O uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Santo Antônio foram classificados em cinco categorias: área florestada, vegetação herbácea/arbustiva, agropecuária, área não vegetada e corpos d’água. Os mapas de 1994, 2009 e 2024 (Figura 2) mostram mudanças expressivas na ocupação do território, com substituição de formações nativas por áreas agropecuárias e superfícies não vegetadas. Houve redução gradual das áreas florestadas e expansão da agropecuária, especialmente na porção norte da sub-bacia.

Métricas de paisagem:

A tabela de métricas (Tabela 1) complementa a análise espacial, permitindo quantificar de forma objetiva as alterações estruturais observadas nos mapas de uso e cobertura do solo. De maneira geral, a comparação das métricas de paisagem entre os anos analisados evidencia mudanças na estrutura espacial das classes de uso e cobertura do solo.

Tabela 1: Métricas de paisagem por classe de uso e cobertura do solo nos anos de 1994, 2009 e 2024.

Classe	Ano: 1994								
	AI	CAI_NM	COHESION	ENN_MN	NP	PLAND	SHAPE_MN	AREA_MN	AREA_SD
Floresta	91,97	11,19	99,95	97,24	7450,0	52,29	1,46	42,02	3077,86
Vegetação Rasteira	83,01	21,86	95,56	135,94	9509,0	13,24	1,73	8,29	51,93
Agropecuária	91,13	22,01	98,74	125,57	9097,0	33,39	1,65	21,82	233,82
Não Vegetado	75,56	15,19	87,81	406,92	1109,0	0,47	1,46	2,52	5,38
Água	72,94	4,37	98,44	399,32	771,0	0,61	1,88	4,46	71,60
Classe	Ano: 2009								
	AI	CAI_NM	COHESION	ENN_MN	NP	PLAND	SHAPE_MN	AREA_MN	AREA_SD
Floresta	91,29	9,69	99,9	107,49	9640,0	45,84	1,42	28,54	1604,63
Vegetação Rasteira	82,58	22,13	96,27	137,05	9213,0	12,42	1,74	8,02	46,40
Agropecuária	92,76	20,08	99,31	123,74	8142,0	40,75	1,58	29,77	416,93
Não Vegetado	77,11	16,27	88,65	400,69	1212,0	0,57	1,45	2,77	6,14
Água	76,59	5,74	98,63	677,43	420,0	0,42	1,74	5,82	77,97
Classe	Ano: 2024								
	AI	CAI_NM	COHESION	ENN_MN	NP	PLAND	SHAPE_MN	AREA_MN	AREA_SD
Floresta	90,95	9,07	99,91	110,61	10080,0	44,12	1,39	26,37	1562,67
Vegetação Rasteira	82,32	21,8	96,18	140,31	9146,0	11,84	1,73	7,68	45,11
Agropecuária	93,02	18,51	99,29	122,73	8328,0	43,06	1,56	30,77	402,31
Não Vegetado	76,68	15,92	88,23	377,2	1237,0	0,55	1,44	2,66	5,34
Água	77,42	9,13	98,56	792,5	423,0	0,43	1,72	5,79	48,08



Entre 1994 e 2024, a classe Floresta apresentou redução significativa em sua representatividade, com a área média das manchas (AREA_MN) e com o percentual da paisagem (PLAND) diminuindo de 52,29% em 1994 para 44,12% em 2024. Essa perda foi acompanhada por mudanças estruturais: o índice de agregação (AI) caiu de 91,97 para 90,95, enquanto o índice de coesão (COHESION) apresentou leve redução, indicando menor conectividade entre remanescentes florestais. O número total de manchas (NP) aumentou de 7.450 para mais de 10.000, reforçando o avanço da fragmentação e a ruptura de blocos contínuos em fragmentos menores e isolados. Esse padrão também é confirmado pelo aumento do ENN_MN, que indica maior distância média entre manchas ao longo do tempo. A vegetação herbácea/arbustiva seguiu tendência semelhante, com redução de representatividade e aumento do isolamento. Os valores elevados do número de manchas mantidos em todas as datas indicam um mosaico altamente fragmentado.

Em contraste, a classe Agropecuária apresentou a maior expansão territorial. O PLAND aumentou de 9,07% em 1994 para 13,23% em 2024, indicando substituição progressiva de áreas anteriormente ocupadas por vegetação nativa. As métricas estruturais corroboram esse processo: o índice de agregação (AI) passou de 91,13 para 93,02, enquanto o número de manchas (NP) diminuiu de 9.957 para 8.328, sugerindo consolidação de grandes manchas agrícolas e maior continuidade espacial das áreas antrópicas. Essa tendência também é observada no aumento da área média das manchas agropecuárias (AREA_MN). A redução do ENN_MN (125,57 para 122,73), mesmo que sutil, demonstra que essas manchas se tornaram mais próximas e integradas na paisagem.

Os resultados obtidos demonstram uma reorganização da paisagem, associada ao avanço da matriz agropecuária. Do ponto de vista ecológico e hidrológico, essas alterações influenciam diretamente a capacidade do solo em conservar água, uma vez que características como condutividade hidráulica, profundidade do solo e quantidade de água disponível para as plantas variam conforme o tipo de uso (Zhao et al., 2023). Matrizes heterogêneas como áreas urbanas, industriais e agricultura tendem a reduzir os efeitos dos serviços ecossistêmicos da água, enquanto o aumento da porcentagem de áreas naturais e agregação da paisagem aumentam a provisão desses serviços (Duarte et al., 2018.). Áreas florestadas, por exemplo são altamente eficientes na atenuação do escoamento, devido a processos como interceptação da precipitação pelo dossel, aumento da infiltração em solos sob vegetação arbórea e elevadas taxas de transpiração (Zhao et al., 2023; el Jeitany et al., 2024). Assim, a fragmentação e redução da conectividade ecológica das áreas verdes impacta diretamente na infiltração, escoamento superficial e absorção de água.

Os resultados indicam uma tendência de perda de vegetação nativa e consolidação de áreas agropecuárias, o que pode reduzir a provisão de serviços ecossistêmicos relacionados à água. Para uma compreensão mais robusta desses impactos, é necessário integrar às análises dados hidrológicos, o que permitirá avaliar de forma mais precisa a influência das mudanças de uso da terra sobre a dinâmica hídrica local. Além disso, recomenda-se o uso de modelagens preditivas e cenários futuros para subsidiar estratégias de manejo e planejamento territorial voltadas à conservação dos recursos hídricos.



Referências

CORREA, Alicia et al. Advancing spatial decision-making in a transboundary catchment through multidimensional ecosystem services assessment. *Ecosystem Services*, v. 64, p. 101554, 2023.

DUARTE, Gabriela Teixeira et al. The effects of landscape patterns on ecosystem services: meta-analyses of landscape services. *Landscape Ecology*, v. 33, n. 8, p. 1247-1257, 2018.

FURQUIM, L. C. et al. Relação entre plantas nativas do Cerrado e água. *Científic@-Multidisciplinary Journal*, v. 5, n. 2, p. 146-156, 2018.

EL JEITANY, Jerome et al. Landscape metrics as predictors of water-related ecosystem services: Insights from hydrological modeling and data-based approaches applied on the Arno River Basin, Italy. *Science of the Total Environment*, v. 954, p. 176567, 2024.

LI, Luqian; XU, Erqi. Scenario analysis and relative importance indicators for combined impact of climate and land-use change on annual ecosystem services in the Karst mountainous region. *Ecological Indicators*, v. 147, p. 109991, 2023.

LYU, Xin et al. Optimizing landscape patterns to maximize ecological-production benefits of water–food relationship: Evidence from the West Liaohe River basin, China. *Land Degradation & Development*, v. 34, n. 11, p. 3388-3405, 2023.

NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas: Cerrado climate: atmospheric dynamics and features, variability and climatic typologies. *Élisée-Revista de Geografia da UEG*, v. 9, n. 2, p. e922021-e922021, 2020.

NOBREGA, R. L. B. et al. Identifying hydrological responses of micro-catchments under contrasting land use in the Brazilian Cerrado. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, v. 12, n. 9, p. 9915-9975, 2015.

PENG, Wen F. et al. Effects of the land use change on ecosystem service value in Chengdu, western China from 1978 to 2010. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, v. 44, n. 2, p. 197-206, 2016.

RUKUNDO, Emmanuel et al. Spatio-temporal dynamics of critical ecosystem services in response to agricultural expansion in Rwanda, East Africa. *Ecological Indicators*, v. 89, p. 696-705, 2018.

ZHAO, Lili et al. The impacts of land use changes on water yield and water conservation services in Zhangjiakou, Beijing's Upstream Watershed, China. *Sustainability*, v. 15, n. 14, p. 11077, 2023.



RESERVA EXTRATIVISTA CHICO MENDES: Entre a conservação e o desmatamento na Amazônia Sul-Occidental

Karla da Silva Rocha¹, Andreia Alexandre², Osmar Philippe Barbosa Farrapo³, Wilcilene da Silva Carneiro⁴, Luana Beatriz Silva Sarmiento⁵, Leonardo Hadad de Oliveira⁶

Resumo

A Reserva Extrativista Chico Mendes (RECM) representa um dos principais territórios de proteção florestal na Bacia do Rio Acre, onde a expansão agropecuária e a abertura de ramais intensificam o avanço do desmatamento. Este estudo analisa se a RECM ainda funciona como barreira territorial frente às pressões externas. Para isso, utilizou-se séries históricas do Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES) e análises espaciais em Sistema de Informação Geográfica (SIG), para obter o desmatamento acumulado. Os resultados preliminares indicam forte contraste entre interior e exterior da reserva: enquanto o entorno apresenta elevada intensidade e continuidade do desmatamento, o interior mantém maior integridade florestal, revelando efeito barreira. A proximidade de ramais mostrou-se o principal vetor de pressão, especialmente nas bordas. Conclui-se que a RECM segue desempenhando papel essencial na contenção do desmatamento regional, embora sob risco crescente, reforçando a necessidade de fortalecer a governança comunitária e o controle da expansão agropecuária.

Palavras-chave: Unidade de Conservação. Análise espacial. Fronteira agropecuária. Acre

Abstract

The Chico Mendes Extractive Reserve (RECM) is one of the main forest-protection territories in the Acre River Basin, where agricultural expansion and the opening of rural roads intensify deforestation. This study examines whether the RECM still functions as a territorial barrier against external pressures. Historical series from Brazil's Amazon Deforestation Monitoring Project (PRODES) and spatial analyses in a Geographic Information System (GIS) were used to quantify accumulated deforestation. Preliminary results indicate a strong contrast between the interior and surroundings of the reserve: while the buffer zone shows high intensity and continuity of forest clearing, the interior maintains greater forest integrity, revealing a barrier effect. Proximity to rural roads proved to be the main driver of pressure, especially along the edges. The study concludes that the RECM continues to play an essential role in containing

¹PhD em Desenvolvimento Sustentável, Docente do Programa de pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre (PPGEO/UFAC), Centro de Filosofia e Ciências Humanas, karla.rocha@ufac.br

²Doutoranda Programa de pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Acre (PPGA-PV/UFAC). Docente do Centro de Ciências Agrárias e da Natureza, Universidade Federal do Acre, andrea.alexandre@ufac.br

³Discente da Universidade Federal do Acre (UFAC), Bolsista PIBIC/Cnpq, osmar.farrapo@sou.ufac.br

⁴Discente da Universidade Federal do Acre (UFAC), Bolsista PIVIC, wilcilene.carneiro@sou.ufac.br

⁵Discente da Universidade Federal do Acre (UFAC), Bolsista Voluntária, luana.sarmiento@sou.ufac.br

⁶Discente da Universidade Federal do Acre (UFAC), Bolsista Voluntário, Leonardo.hadad@sou.ufac.br



regional deforestation, although under increasing risk, reinforcing the need to strengthen community governance and control over agricultural expansion.

Keywords: Protected areas. Spatial analysis. Agricultural frontier. Acre

Introdução

O desmatamento na Amazônia Legal permanece como um dos temas ambientais mais debatidos no Brasil, marcado por processos históricos relacionados a expansão da fronteira agropecuária, a especulação fundiária e abertura de novas vias de acesso. Esses elementos estruturam, desde a segunda metade do século XX, a conversão da cobertura florestal em diferentes regiões da Amazônia (Becker, 2005; Fearnside, 2017). No estado do Acre, tais vetores configuram um cenário territorial complexo no qual áreas agropecuárias, territórios tradicionais, unidades de conservação e zonas de uso irregular coexistem sob diferentes lógicas de pressão ambiental.

Estudos apontam que as áreas protegidas exercem papel fundamental na contenção do desmatamento, reduzindo a velocidade e a intensidade da conversão florestal, sobretudo em zonas de borda (Nepstad *et al.*, 2006; Soares-Filho *et al.*, 2010; Reis e Rocha, 2021). A eficácia dessas áreas, entretanto, depende de governança, políticas públicas, fiscalização e da capacidade das populações tradicionais de manter práticas sustentáveis.

A Reserva Extrativista Chico Mendes, criada em 1990, constitui um marco simbólico e material na disputa por modelos de desenvolvimento na Amazônia. Apesar disso, estudos mostram pressão crescente causada pela abertura de ramais, avanço da pecuária e mudanças socioeconômicas (Costa & Fleury, 2019; INPE, 2024). Assim, torna-se relevante investigar se a RECM continua atuando como barreira ao desmatamento em um contexto de intensificação das disputas territoriais.

Diante desse contexto, o estudo tem como objetivo avaliar se a Reserva Extrativista Chico Mendes mantém sua função como barreira territorial frente ao avanço do desmatamento, contribuindo para a preservação da integridade florestal na Bacia do Rio Acre. Para isso, busca-se: (i) analisar e comparar a distribuição espacial do desmatamento dentro e no entorno da RECM e (ii) discutir o papel da unidade como território de conservação e resistência diante das pressões políticas, econômicas e ambientais.

Materiais e Métodos

A área de estudo corresponde à RECM, localizada no sul do Acre, com aproximadamente 970 mil hectares distribuídos entre seringais tradicionais, colocações e rede de ramais (Figura 1). Para a análise da dinâmica do desmatamento, utilizaram-se séries históricas do PRODES/INPE referentes ao período de 1990–2024, além das camadas vetoriais do limite oficial da RECM, hidrografia, sistema viário e rede de ramais. Todas as bases foram padronizadas para o sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM 19S, de modo a garantir consistência espacial entre os diferentes conjuntos de dados. Inicialmente, procedeu-se à preparação e organização cartográfica das bases temáticas. Os arquivos anuais do PRODES foram harmonizados e integrados em duas etapas: desmatamento acumulado até 2007 e incrementos anuais entre 2008 e 2024. Em seguida, essas camadas foram mescladas e

unidade como barreira territorial (Figura 2). As áreas externas à RECM apresentam padrões contínuos e intensos de conversão florestal, sobretudo ao longo dos ramais e estradas estaduais, fenômeno amplamente documentado nas zonas de expansão agropecuária da Amazônia (Southworth *et al.*, 2011; Milien *et al.*, 2021). Observa-se a formação de *hotspots* nas proximidades dos municípios de Xapuri e Brasileia, onde a atividade pecuária consolida arcos de pressão que avançam em direção às bordas da reserva.

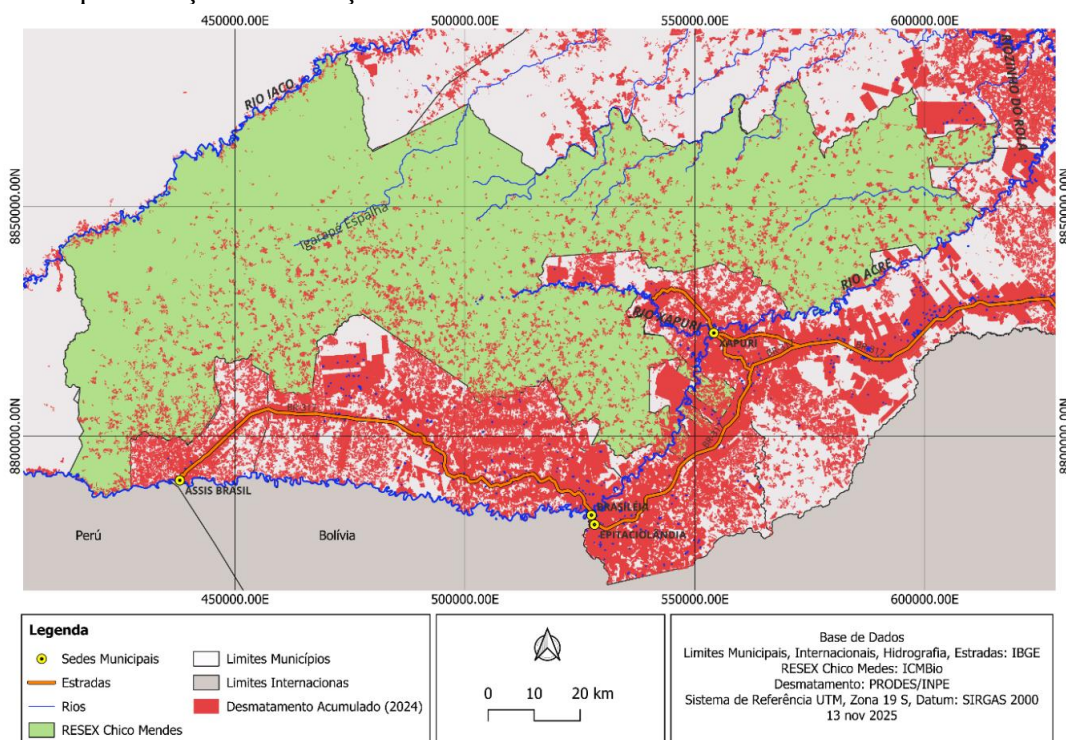


Figura 2: Distribuição espacial do desmatamento acumulado (2024) dentro e no entorno da RESEX Chico Mendes. Fonte: Elaborado pelos autores.

No interior da RECM, a dinâmica apresenta comportamento distinto. Embora existam pequenos focos de desmatamento, a taxa acumulada permanece significativamente menor que no entorno. Correspondendo a aproximadamente 10% da área total da reserva. No entorno de 10 km, o desmatamento equivalente a aproximadamente 9% da área analisada. Apesar da proximidade percentual, o padrão espacial difere claramente: dentro da RECM predominam clareiras pequenas e dispersas, compatíveis com sistemas extrativistas de baixo impacto (Gomes *et al.*, 2018; Araújo *et al.*, 2025), enquanto no entorno observam-se polígonos extensos e contínuos associados à expansão agropecuária.

Essa diferença torna-se ainda mais evidente na análise visual da distribuição dos polígonos de desmatamento. No interior, a supressão florestal surge de forma pulverizada, compondo um mosaico fragmentado que condiz com a taxa de 10%. No entorno, embora o percentual seja semelhante, o desmatamento é mais concentrado, distribuindo-se ao longo dos eixos de acesso, enquanto porções distantes das estradas permanecem intactas. Esse arranjo confirma que a RECM não apenas reduz a intensidade da supressão florestal, mas reorganiza sua distribuição espacial, amortecendo os efeitos da expansão agropecuária típica da região.



A comparação entre interior e exterior demonstra, portanto, que a RECM continua desempenhando papel fundamental na moderação das pressões territoriais. Ao manter mais de 89% de sua cobertura florestal preservada, a reserva consolida um padrão territorial distinto, baseado no uso sustentável, em contraste com a lógica de conversão que predomina no entorno. Esses achados corroboram a relevância das unidades de conservação no controle da conversão florestal (Soares-Filho *et al.*, 2010) e reforçam a necessidade de fortalecer a governança extrativista e o controle sobre a abertura de ramais.

Referências

BECKER, B. K. Amazônia: geopolítica na virada do III milênio. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v.61, n.1, p 3-24, 2005.

COSTA, Francisco; FLEURY, Marcelo. Transformações socioeconômicas e pressões territoriais na Reserva Extrativista Chico Mendes. *Revista de Desenvolvimento Amazônico*, v. 15, n. 2, p. 45–62, 2019.

FEARNSIDE, Philip M. Desmatamento na Amazônia: causas, consequências e políticas para controle. *Novos Cadernos NAEA*, Belém, v. 20, n. 1, p. 9–33, 2017.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento do desmatamento na Amazônia brasileira por satélite**. São José dos Campos: 2025. <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 1 out. 2025.

MILIEN, E. J.; ROCHA, K. S.; BROWN, I. F.; PERZ, S. G. Roads, deforestation and the mitigating effect of the Chico Mendes extractive reserve in the southwestern Amazon. **Trees, Forests and People**, Amsterdam, v. 3, p. 100056, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2020.100056>.

NEPSTAD, Daniel *et al.* Inhibition of Amazon deforestation by parks and Indigenous lands. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 103, n. 39, p. 14261–14265, 2006.

REIS, F. da S; ROCHA, K. da S. Áreas protegidas e o desmatamento no Sudoeste Amazônico: método remoto de avaliação. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 12, p. 121850-121871, dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-529>

ROCHA, K. S.; PERZ, S.; Abib A. de Araújo. Land Tenure, road and deforestation patterns in southeast state of Acre - Brazil. **In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2015, João Pessoa. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São Paulo: INPE, 2015. v. XVII. p. 2230-2237.

SOUTHWORTH, J. et al. Roads as Drivers of Change: Trajectories across the Tri-National Frontier in MAP, the Southwestern Amazon. **Remote Sensing**, Basel, v. 3, p. 1047-1066, 2011 DOI: <https://doi.org/10.3390/rs3051047>

SOARES-FILHO, Britaldo; MOUTINHO, Paulo; NEPSTAD, Daniel *et al.* Role of Amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 107, n. 24, p. 10821–10826, 2010.



RESERVAS LEGAIS COMO SUMIDOUROS DE CARBONO: PROPOSTA DE INCLUSÃO NO INVENTÁRIO NACIONAL DE GEE

Luis Eduardo Pacifici Rangel, Doutorado em Agronomia, Universidade de Brasília,
luiseduardorangel76@gmail.com

Ronaldo Carneiro Teixeira, Médico Veterinário, Ministério da Agricultura e Pecuária,
ronaldo.teixeira@agro.gov.br

Eduardo Mello Mazzoleni, Dr. Agronegócio, Ministério da Agricultura e Pecuária,
eduardomazzoleni@gmail.com

Mauricio Braga Meira, Mestre em Agroenergia, Ministério da Agricultura e Pecuária, mbmeira@gmail.com

Fernando Castanheira Neto, Doutor em Ciências Florestais, Ministério da Agricultura e Pecuária,
castanheirant@gmail.com

Resumo

O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) estabelece a obrigatoriedade de manutenção de áreas de vegetação nativa, como Reservas Legais (RL) e Áreas de Preservação Permanente (APP), em todos os imóveis rurais. Embora desempenhem funções ecológicas e produtivas, essas áreas privadas ainda não são consideradas “florestas manejadas” no Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa (GEE). Este estudo propõe uma metodologia para incorporar tais áreas à contabilidade de remoções de carbono no setor LULUCF, utilizando as diretrizes do IPCC (2006) e dados de monitoramento do INPE (PRODES e DETER). Foram simuladas remoções anuais para propriedades nos biomas Amazônia e Cerrado, considerando incrementos de biomassa regionais e parâmetros conservadores. Os resultados indicam potencial de remoção líquida de $-277,5 \text{ MtCO}_2\text{e/ano}$ para áreas privadas, reforçando a necessidade de sua inclusão no inventário nacional e de mecanismos de pagamento por serviços ambientais (PSA) associados à manutenção dessas florestas.

Palavras-chave: sequestro de carbono; manejo florestal; inventário nacional; áreas privadas; IPCC.

Abstract

Brazil's Forest Code (Law No. 12,651/2012) mandates the conservation of native vegetation in rural properties through Legal Reserves (RL) and Permanent Preservation Areas (APP). Despite their ecological relevance, these private forests are not yet included as “managed forests” in Brazil's national GHG inventory. This paper proposes a methodological framework for integrating RL and APP areas into carbon accounting under the LULUCF sector, applying IPCC (2006) guidelines combined with INPE monitoring data (PRODES and DETER). Simulations for Amazon and Cerrado biomes, using conservative biomass growth parameters, indicate a potential annual carbon removal of $-277.5 \text{ MtCO}_2\text{e}$ from private forests. The results support their inclusion in the national inventory and the design of Payment for Environmental Services (PES) mechanisms linked to forest maintenance.



Keywords: carbon sequestration; forest management; GHG inventory; private forests; IPCC.

1. Introdução

A contabilização de remoções de carbono em florestas manejadas é uma diretriz central das *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2006). No entanto, no Brasil, apenas as Unidades de Conservação (UC) e Terras Indígenas (TI) são tratadas como “florestas manejadas” no Inventário Nacional de Emissões e Remoções de GEE (BRASIL, 2021). Áreas privadas legalmente protegidas — como RLs, APPs e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) — possuem restrições de uso, são monitoradas e podem ser objeto de manejo sustentável conforme o Código Florestal (Brasil, 2012), atendendo plenamente aos critérios técnicos estabelecidos pelo IPCC (2006).

A exclusão dessas áreas do inventário reduz a precisão das estimativas nacionais e desconsidera o papel das propriedades rurais na mitigação climática. Estudos internacionais demonstram que o manejo sustentável de florestas aumenta a permanência do carbono e a resiliência ecológica (Karjalainen et al., 2009; Nabuurs et al., 2019). Este trabalho propõe uma metodologia simples e verificável para incorporar as RLs e APPs privadas na contabilidade oficial de remoções do setor LULUCF dos biomas Amazônia e Cerrado.

2. Materiais e Métodos

O cálculo baseia-se nas diretrizes do IPCC (2006), que utilizam o método de Ganhos e Perdas (Gain–Loss) para estimar o balanço anual de carbono. Essa metodologia é amplamente validada para inventários nacionais e modelos de simulação florestal (Pilli et al., 2011; Bellassen; Luyssaert, 2020). As RLs, APPs e RPPNs são consideradas florestas manejadas, pois são georreferenciadas, monitoradas por sensoriamento remoto e possuem restrições legais de uso.

A delimitação das áreas foi feita pela integração do Cadastro Ambiental Rural (CAR) com os sistemas PRODES e DETER, ambos operados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2023), permitindo identificar cortes rasos, degradação e regeneração de vegetação. Essa abordagem assegura rastreabilidade e conformidade com as boas práticas de monitoramento preconizadas pelo IPCC (2006) e pela literatura recente (Hansen et al., 2013; Mapbiomas, 2023).

A variação anual de carbono foi estimada com base na diferença entre o ganho de carbono (incremento de biomassa) e as perdas por corte ou degradação, conforme o método *Gain–Loss* descrito no *Volume 4 – Agriculture, Forestry and Other Land Use* do IPCC (2006). O ganho é proporcional à área florestal e ao incremento de biomassa aérea, ajustado pela biomassa subterrânea e pela fração de carbono da biomassa seca. As perdas foram estimadas com fatores médios de extração de madeira e distúrbios observados via sensoriamento remoto (INPE, 2023).



De forma simplificada, a remoção total anual (R , em toneladas de CO_2 equivalente) é calculada como:

$$R = A \times I_{AB} \times (1 + R_r) \times CF \times 3,67$$

onde:

- A = área de floresta (ha);
- I_{AB} = incremento anual de biomassa aérea ($\text{t m.s. ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);
- R_r = razão biomassa subterrânea/aérea (0,24);
- CF = fração de carbono (0,47);
- $3,67$ = fator de conversão $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2$.

As perdas foram estimadas com base em fatores médios de extração de madeira e distúrbios observados via sensoriamento remoto. A aplicação dos parâmetros nacionais segue abordagem de Tier 1, ajustada por fatores de incerteza (-27%) recomendados pelo MCTI (2021). A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros utilizados e suas fontes de referência. A estimativa foi construída em três etapas: (i) cálculo da área total de RL legalmente exigida; (ii) aplicação da taxa média de remoção de carbono por hectare; e (iii) ajustes de incerteza e exclusão de áreas já contabilizadas pelo inventário oficial

Tabela 1. Parâmetros e fatores para o cálculo de remoções em áreas privadas

Etapa	Parâmetro	Valor	Fonte
Área mínima de RL total	Milhões ha	166,2	Censo Agropecuário 2017; Lei 12.651/2012
Taxa média de remoção	$\text{t C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$	1,67	MCTI (2021); IPCC (2006)
Conversão para CO_2e	$\text{t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$	6,13	IPCC (2006)
Remoção bruta	$\text{Mt CO}_2\text{e ano}^{-1}$	1.018,8	Cálculo
Ajuste conservador	%	-27%	MCTI (2021)
Remoção ajustada	$\text{Mt CO}_2\text{e ano}^{-1}$	743,7	Cálculo
Fração excedente de RL	%	37,3	Estimativa conservadora
Remoção final estimada	$\text{Mt CO}_2\text{e ano}^{-1}$	277,5	Cálculo final

Resultados e Discussão

Foram simuladas duas propriedades representativas: (1) **Amazônia** – 1.500 ha, sendo 80% de RL e 20% de pecuária; (2) **Cerrado** – 2.500 ha, com 35% de RL, 40% de pastagens degradadas e 25% de lavoura.

Os incrementos anuais de biomassa foram de $3,1 \text{ t m.s. ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Amazônia) e $1,3 \text{ t m.s. ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Cerrado). As emissões agrícolas e pecuárias foram estimadas a partir dos fatores de emissão de metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) constantes no IPCC (2006).



A aplicação da metodologia revela que a inclusão de RLs e APPs privadas no inventário nacional poderia adicionar $-277,5 \text{ MtCO}_2\text{e/ano}$ em remoções líquidas, valor próximo a 40% das emissões do setor agropecuário em 2022. Esse volume é atualmente ignorado pela contabilidade oficial, o que subestima a contribuição das propriedades rurais para a mitigação climática.

No cenário amazônico, as remoções de $7.956,63 \text{ tCO}_2\text{e/ano}$ superaram amplamente as emissões agropecuárias de $1.815,39 \text{ tCO}_2\text{e/ano}$, resultando em saldo líquido negativo de $-6.141,24 \text{ tCO}_2\text{e/ano}$. A RL compensou 670% das emissões da pecuária, caracterizando a propriedade como sumidouro líquido de carbono.

No Cerrado, o saldo positivo de emissões ($+1.241,41 \text{ tCO}_2\text{e/ano}$) revela que a simples existência de Reserva Legal (35% da área) não garante neutralidade climática quando pastagens degradadas e agricultura intensiva predominam. Este resultado exprime a condição do Cerrado como 'território em disputa' entre a pressão produtiva e a manutenção de serviços ecossistêmicos. A superação desse quadro exige políticas que articulem conservação e produtividade - como ILPF, recuperação de pastagens e valoração econômica do carbono nas reservas privadas. Assim, o bioma torna-se estratégico para reposicionar a agropecuária brasileira como vetor de mitigação climática.

As estimativas estão sujeitas às incertezas típicas do Tier 1, relacionadas à variabilidade espacial de biomassa, idade florestal e perturbações não detectadas. Considerando a faixa de $\pm 30\%$ recomendada pelo IPCC (2006), o intervalo de confiança para a remoção nacional de $-277,5 \text{ MtCO}_2\text{e/ano}$ situa-se entre -194 e $-361 \text{ MtCO}_2\text{e/ano}$.

Os achados demonstram que as florestas privadas brasileiras cumprem todos os critérios técnicos e jurídicos de florestas manejadas segundo o IPCC. Sua inclusão no Inventário Nacional de GEE é metodologicamente coerente e contribuiria para:

1. reduzir incertezas na contabilidade nacional;
2. ampliar a transparência e credibilidade do balanço LULUCF;
3. viabilizar políticas de incentivo baseadas em PSA e créditos de carbono rural.

A adoção dessa metodologia consolidaria a contribuição dos produtores rurais às metas do Acordo de Paris, alinhando a contabilidade climática brasileira à realidade do território e reconhecendo o papel das áreas privadas na conservação e no equilíbrio do clima.

Referências

- BELLASSEN, V.; LUYSSAERT, S. Managing forests in uncertain times. *Forest Policy and Economics*, v.118, p.102-239, 2020.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. DOU, Brasília, 2012.



- BRASIL. MCTI. 4º Inventário Nacional de Emissões e Remoções de GEE. Brasília, 2021.
- HANSEN, M. C. et al. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. Science, v.342, p.850-853, 2013.
- INPE. PRODES e DETER: Monitoramento da Amazônia Legal. São José dos Campos, 2023.
- IPCC. 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama: IGES, 2006.
- KARJALAINEN, T. et al. A model for carbon dynamics in forestry, and land use change. Environmental Modelling & Software, v.24, p.1005-1019, 2009.
- MAPBIOMAS. Coleção 8 – Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil. São Paulo, 2023.
- NABUURS, G. J. et al. Forest management and climate change mitigation in Europe: a review. Forests, v.10, p.1-28, 2019.
- PILLI, R. et al. Modelling forest carbon dynamics to estimate the mitigation potential of different management strategies. Ecological Modelling, v.222, p.1443-1455, 2011.