IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO: UM ESTUDO SOBRE O USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DE IBIRITÉ-MG

Harold George Monteiro Ferreira[1], Antônio Nahum Fernandes Reis[1], Fernanda Mara Coelho Pizani[1], Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega[1], Diego Rodrigues Macedo[1] e Cristiane Valéria de Oliveira[1]

[1]Universidade Federal de Minas Gerais - IGC, Avenida Antônio Carlos, nº 6627, Belo Horizonte - MG
[1]{haroldgeorge, anfr2023, fmcoelho, raanobrega, diegorm, cristiane}@ufmg.br

RESUMO

Este estudo apresenta uma análise da bacia hidrográfica do ribeirão Ibirité, com foco na relação entre o uso e cobertura da terra e os dados dos setores censitários do IBGE de 2022, destacando os impactos que esses fatores exercem sobre a represa localizada no exutório da bacia. Utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, foi elaborado um mapa de uso e cobertura da terra da bacia, que evidenciou a expansão urbana observada nos últimos anos. Por meio da análise dos dados do IBGE, o estudo identificou concentrações populacionais em áreas urbanas, correlacionando essa presença com os problemas de degradação ambiental observados, como solo exposto, acúmulo de resíduos em vias e terrenos, ocupações lindeiras a nascentes e cursos d'água e descarga excessiva de sedimentos. A pesquisa enfatizou a possível conexão entre as práticas de urbanização desordenada e o processo de eutrofização da represa.

Palavras-chave **—** Lagoa de Ibirité, uso e cobertura da terra, expansão urbana, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The Ibirité stream watershed is analyzed in this study, particularly emphasizing the interaction between land use and cover and the census sector data from the 2022 Brazilian Census by IBGE. The study also highlights the effects of these factors on the reservoir, located at the watershed's outlet. A map of the watershed's land use and cover that depicts recent urban expansion was produced using remote sensing and geoprocessing techniques. The study determined population concentrations in urban areas by analyzing IBGE data and comparing the results to issues of environmental degradation that have been observed, such as exposed soil, material accumulation on roads and land, occupation near springs and watercourses, and excessive sediment discharge. The study highlighted the possible link between the reservoirs' eutrophication process and unplanned urbanization practices.

Key words **—** *Ibirité Lagoon Watershed, land use and cover, urban expansion, remote sensing.*

1. INTRODUÇÃO

A Lagoa de Ibirité, também conhecida como Lagoa da Petrobras, tem sido submetida a diversas pressões antrópicas, como assoreamento, eutrofização, ocupação desordenada, descarga de efluentes e crescimento descontrolado de macrófitas [1]. O uso e cobertura da terra em uma bacia hidrográfica e no entorno do reservatório possuem estreita ligação com a qualidade ambiental, níveis de poluição e com a biota aquática [2].

Diante desses desafios, o sensoriamento remoto tem se destacado como uma ferramenta importante para a análise e mapeamento de dados geoespaciais, permitindo a captura de informações em múltiplos espectros e resoluções, possibilitando a identificação e a classificação de diferentes tipos de uso e cobertura da terra [3].

Compreender os padrões de expansão urbana e de uso da terra é fundamental para identificar áreas vulneráveis e desenvolver estratégias de mitigação para os problemas de degradação ambiental [4]. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise da aderência espacial entre as classes de uso e cobertura da terra da bacia da lagoa de Ibirité e os dados do censo 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [5], bem como avaliar os possíveis impactos transicionais da morfologia urbana na Lagoa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia da lagoa Ibirité, com 91,43 km², situa-se no médio curso do rio Paraopeba e abrange os municípios de Ibirité, Betim e Sarzedo. Localizada entre as coordenadas 19° 56' 31" S a 20° 4' 47" S e 44° 7' 50" W a 44° 0' 35" W, possui hipsometria que varia de 780m a 1.450m [6]. A região apresenta os climas subtropical úmido e subtropical de altitude segundo a classificação de *Köppen* [7]. A bacia possui Argissolos vermelho-amarelo distróficos, Neossolos Litólicos distróficos e predominância de Cambissolos [8].

A ocupação urbana na área precedeu a instalação da refinaria Gabriel Passos, instalada na periferia de Betim-MG na década de 1960. O complexo industrial resultou no represamento de 11 tributários e consequente

criação da lagoa de Ibirité [9]. A consolidação da zona industrial e de serviços no entorno da refinaria impulsionou o crescimento populacional, incluindo o município de Ibirité [1].

2.2. Mapa Referencial de Uso e Cobertura do Terra

A pesquisa recorreu inicialmente a produtos de uso e cobertura do Projeto Mapbiomas para identificação das regiões onde houve expansão urbana entre os períodos dos últimos censos demográficos (2010-2022). Contudo, para garantir um mapeamento com maior detalhamento da tipologia de classes urbanas, foi elaborado um mapa de uso e cobertura da terra da bacia que reduziu eventuais problemas de comissão e omissão das classes [10]. Este mapa foi construído a partir de uma imagem do satélite Sino-Brasileiro CBERS-4A para a data de 08 de junho de 2024, com resolução de 2m após fusão das bandas vermelho, verde e infravermelho próximo com a banda pancromática. As imagens foram disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [11]. Foram definidas nove classes de interesse (espelho d'água, vegetação densa, vegetação rasteira, solo exposto, área residencial, área industrial, agricultura, pousio e canga). Pré-processamentos foram utilizados para preparação dos dados, como a fusão de bandas e o refinamento das inconsistências geométricas encontradas na imagem [12] e a composição do cubo de imagens que incluiu as bandas espectrais, as componentes principais [13], o modelo digital e declividade do terreno.

A classificação foi realizada em etapas, iniciando com o mapeamento de classes genéricas como vegetação, agricultura e área urbana, que foram refinadas para identificar as 9 classes supracitadas. A classificação recorreu ao método orientado a objeto, segmentando a imagem em regiões homogêneas e analisando características espectrais e texturais, além da manipulação da disposição das bandas espectrais para facilitar a coleta de amostras. O procedimento utilizou majoritariamente o *Support Vector Machine* disponível na plataforma ESRI ArcGIS.

2.3. Análise da urbanização e dados censitários

Para evidenciar o processo de expansão urbana, foram selecionadas imagens do projeto MapBiomas [14] referentes aos anos de 1985, 2010 e 2022, haja vista a boa correspondência da classe referente a áreas urbanizadas com a realidade observada *in loco*.

A análise do quantitativo populacional da bacia foi conduzida a partir dos dados do Censo de 2022 [5], utilizando informações dos agregados por setor censitário disponibilizados pelo IBGE. Complementarmente, foi elaborado um mapa de calor (estimador de densidade de Kernel, largura de banda 300 m) utilizando os dados do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) [5], com o objetivo de identificar a concentração das zonas predominantemente residenciais e industriais na bacia.

3. RESULTADOS

A classificação resultou na elaboração do mapa de uso e cobertura da terra (Figura 1), que demonstrou boa precisão na identificação das nove classes, posteriormente validadas em campo. O mapa tornou-se um referencial que permitiu quantificar a área de cada tipologia, possibilitando estimar o potencial de contribuição de diferentes porções da bacia nos problemas de natureza física (assoreamento) e química (qualidade de água) da represa de Ibirité.

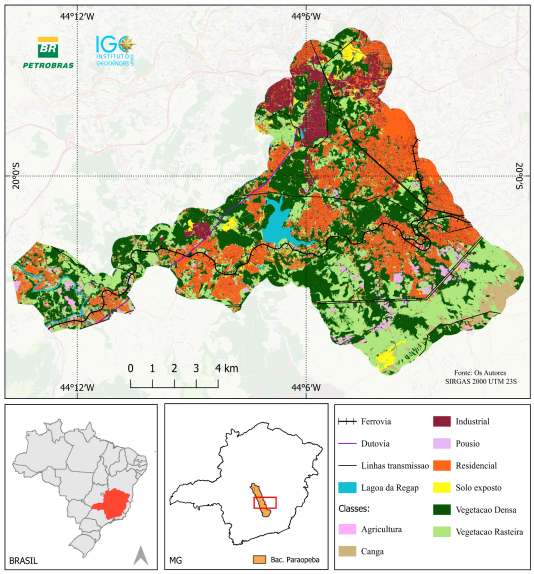

Figura 1. Mapa de Uso e Cobertura da Bacia de Ibirité.

Não obstante ao retrato atual da cobertura e uso da terra, a pesquisa identificou também as áreas que sofreram expansão urbana. Destaca-se o rápido crescimento da área urbanizada, que passou de 10,14 km² em 1985 para 28,92 km² em 2010, chegando a 33,21 km² em 2022 (Figura 2). Esse aumento se deve principalmente à ocupação de áreas antes cobertas por florestas, pastagens, agricultura ou vegetação rasteira típica do cerrado.

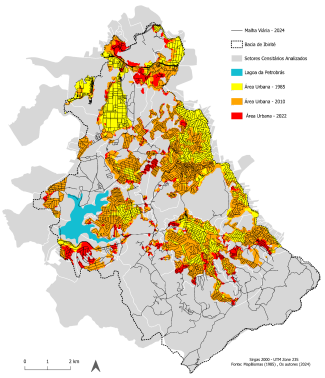

Figura 2. Expansão urbana da Bacia de Ibirité.

Com base nos dados do censo, foram definidas seis zonas de maior adensamento populacional, que inclui população, área total e densidade demográfica por zona censitária (Tabela 1). Essas áreas estão identificadas na Figura 3, que destaca, por meio de um mapa de calor, as áreas com maior concentração de endereços cadastrados. O mapa evidencia a distribuição de endereços residenciais, comerciais e outros tipos, como chácaras, sítios e estabelecimentos que não se enquadram nas categorias comerciais e residenciais ou que não possuem dados cadastrados.

Zona	População	Área (km²)	Hab/km²
1	16.279	1,99	8182,73
2	11.373	1,52	7502,65
3	32.883	7,94	4140,62
4	68.802	7,61	9036,26
5	34.316	3,34	10.260,01
6	5.979	1,37	4364,31
Bacia	210.061	118,56	1771,77

Tabela 1. Densidade Populacional por Zona de Análise. Fonte: IBGE (2022).

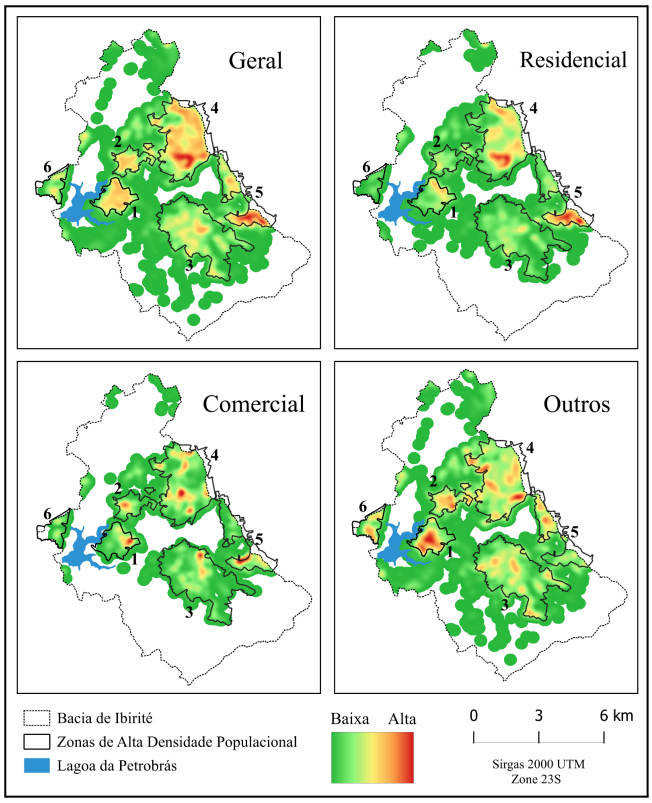

Figura 3. Concentração de Endereços Cadastrados.

4. DISCUSSÃO

A área de estudo sofre as consequências da expansão urbana, e estas podem ser relacionadas com as classes mapeadas de uso e cobertura da terra levantadas por sensoriamento remoto e confirmadas *in loco*. Entre os problemas identificados, destacam-se os 'bota-foras' de resíduos sólidos e a existência de lançamentos de esgoto irregulares, implicando contaminação pontual e difusa, que podem comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, além de interferir nos processos de infiltração e escoamento superficial.

Foi constatada a coexistência de construções irregulares, muitas vezes situadas em regiões de alta vulnerabilidade ou muito próximas a córregos, ao passo que, em áreas adjacentes, também estavam presentes bairros consolidados com moradias de padrão médio e alto. Além disso, algumas áreas estão em processo de expansão e sinalizam um movimento constante de urbanização e ocupação do solo.

A expansão urbana frequentemente resulta em uma maior impermeabilização do solo, o que aumenta o escoamento superficial de poluentes, sedimentos e nutrientes para os corpos d'água em uma bacia [15]. Durante as atividades de campo foram observados focos erosivos por toda bacia associados à exposição do horizonte 'C' em Cambissolos, alguns deles desencadeando o surgimento de voçorocas. É importante ressaltar a alta suscetibilidade à erosão de Cambissolos expostos [16], o que pode explicar problemas recorrentes de assoreamento da lagoa de Ibirité.

De forma geral, as regiões com maior presença de solo exposto estão associadas à movimentação de terra devido a processos de terraplanagem e construção de novos loteamentos e empreendimentos. Cabe ressaltar que, embora o mapa de uso e cobertura atual (Figura 1) apresente múltiplas áreas com presença de solo exposto, é possível que, em versões futuras, essa classificação seja significativamente alterada, uma vez que as construções em andamento já terão sido consolidadas e tenderão a compor a classe Residencial ou Industrial, ao passo que novas áreas de solo exposto associados a expansão urbana surjam.

As regiões de maior expansão coincidem com as zonas de maior adensamento populacional, no entanto, essa abordagem pode subnotificar a real concentração de pessoas em regiões com alta verticalização, onde prédios e habitações multifamiliares concentram mais indivíduos em áreas reduzidas. Dessa forma, a verticalização em regiões específicas pode gerar um adensamento populacional ainda maior, não capturado pelos dados territoriais agregados, especialmente em bairros com loteamentos irregulares. Notou-se, contudo, a presença de construções multifamiliares na borda da periferia urbana, contextualizadas também com arruamentos e infraestrutura urbana provenientes de programas de expansão de moradias populares, cujo padrão difere das tradicionais ocupações irregulares e não planejadas.

5. CONCLUSÕES

A análise realizada permitiu identificar a correlação entre a expansão urbana desordenada e os impactos ambientais na bacia da lagoa Ibirité, sobretudo no reservatório. A análise mostrou que a expansão urbana desordenada na bacia está diretamente relacionada a problemas ambientais, como a intensificação do assoreamento e da eutrofização da Lagoa de Ibirité. O solo exposto, resultante de atividades como terraplanagem e construção, foi identificado como um dos principais fatores que agravam os processos erosivos e carreamento de sedimentos para os corpos hídricos. O avanço da mancha urbana sobre áreas vegetadas é significativo e pode potencializar a intensidade das descargas de água e, consequentemente, do assoreamento da represa. A relativa manutenção da área ocupada por culturas agrícolas conforta a situação, contudo o aumento da mancha urbana e da descarga de efluentes nos córregos suscita preocupações sobre a qualidade dos produtos agrícolas e da sustentabilidade do negócio.

Por fim, estudos futuros são necessários para a modelagem dos fluxos de sedimentos e para entender o impacto das diferentes fases de uso do solo, por meio de análises multitemporais, com o objetivo de melhorar a previsão de cenários de degradação e embasar estratégias de mitigação dos problemas de assoreamento e da qualidade da água atualmente vigentes na lagoa de Ibirité.

6. AGRADECIMENTOS

Esse estudo recebe financiamento da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (P&D ANP/Petrobras), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

7. REFERÊNCIAS

[1] RODRIGUES, G. A. Identificação e espacialização das sub-bacias de maior potencial erosivo na Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibirité-MG. Monografia: UFMG - MG, 2004.

[2] MACEDO, D.R.; *et al*. "Sampling site selection, land use and cover, field reconnaissance, and sampling." In: Ecological Conditions in Hydropower Basins, ed. Callisto, M. *et al*., CEMIG, Belo Horizonte, Brasil, pp. 61-83, 2014.

[3] SILVA, I. T.; PESSI, D. D.; GUARALDO, E.; FILHO, A. C. P. The advance of the use of geospatial tools in the management of continental wetlands. Revista de geociências do Nordeste, Caicó, v.6, n.2, (Jul-Dez) p.223-235, 2020.

[4] SETO, K. C., GÜNERALP, B., & HUTYRA, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109(40), 16083-16088. https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109.

[5] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo demográfico 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censodemografico-2022.html. Acesso em setembro de 2024.

[6] NASA. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Disponível em: https://www.earthdata.nasa.gov/sensors/srtm. Acesso em setembro de 2024.

[7] 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.

[8] SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais. Disponível em: https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/. Acesso em agosto de 2024.

[9] LANZA, D. S. et al. Mapeamento temporal do uso e cobertura do solo das microbacias contribuintes com a represa de Ibirité-MG utilizando imagens de alta resolução. In: XV SBSR, 2011, Curitiba: INPE, 2011.

[10] CRUZ, C. L. Z.; CRUZ, C. B. M. Avaliação da Exatidão Temática da Cobertura e Uso da Terra Representada Através do MapBiomas no Rio de Janeiro. GEOgraphia, 23(50), 1-17.

[11] INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore>. Acesso em setembro de 2024.

[12] LOPES, D. S.; NOBREGA, R. A. A.; MACEDO, D. R. Towards a robust approach for Multitemporal landcover dataset: 3 decades of landcover changes in Piauí, Brazil. RBC. REVISTA BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA (ONLINE), v. 74, p. 197-2013, 2022.

[13] NOBREGA, R. A. A.; OHARA, C. G.; QUINTANILHA, J. A. An object-based approach to mine roads features over informal settlements in Sao paulo city. In: Blaschke, T.; Lang, S.; Hay, G. (Org.). Object based image analysis. Berlim: Springer-Verlag, 2008, v. 1, p. 597-613.

[14] MAPBIOMAS. Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em setembro de 2024.

[15] BRABEC, E., SCHULTE, S., & RICHARDS, P. L. (2002). Impervious surfaces and water quality: A review of current literature and its implications for watershed planning. Journal of Planning Literature, 16(4), 499-514.

[16] CORRÊA, A. D. Estudo da erodibilidade de uma unidade geotécnica no Campo de Instrução de Santa Maria como base para o seu planejamento ambiental. UFSM, RS, 2015.