

INTEGRAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO PARA MONITORAMENTO DO USO DO SOLO E URBANIZAÇÃO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.8.25.XV-004>

Clélio Rodrigo Paiva Rafael (*), Romerio Silva da Conceição, Marcelo Capistana de Lima, Adenilson Santos Matos, Ronald Assis Fonseca

* Centro Universitário UniÚnica, clelio_rodrigo10@hotmail.com

RESUMO

Estudo analisou o uso de tecnologias de geoprocessamento como ferramenta para o monitoramento de mudanças urbanas e de uso do solo. O objetivo foi revisar as principais ferramentas de geoprocessamento empregadas para mapear e monitorar a urbanização. Utilizando uma revisão de literatura descritiva e exploratória, foram analisados artigos publicados entre 2019 e 2024 nas plataformas SciELO e Google Acadêmico. Os resultados revelam que essas ferramentas possibilitam um monitoramento detalhado e multitemporal, oferecendo subsídios para o planejamento urbano sustentável e a gestão de recursos naturais. Conclui-se que a integração dessas tecnologias é fundamental para promover o desenvolvimento urbano equilibrado e a mitigação de impactos ambientais, destacando a necessidade de aprimoramento contínuo das metodologias aplicadas.

PALAVRAS-CHAVE: geotecnologias ambientais, monitoramento territorial, expansão urbana sustentável, análise espacial multitemporal, gestão de recursos naturais.

ABSTRACT

The study analyzed the use of geoprocessing technologies as a tool for monitoring urban and land use changes. The objective was to review the main geoprocessing tools employed to map and monitor urbanization. Using a descriptive and exploratory literature review, articles published between 2019 and 2024 on the SciELO and Google Scholar platforms were analyzed. The results reveal that these tools enable detailed and multitemporal monitoring, providing support for sustainable urban planning and natural resource management. It is concluded that the integration of these technologies is essential to promote balanced urban development and mitigate environmental impacts, highlighting the need for the continuous improvement of applied methodologies.

KEY WORDS: environmental geotechnologies, territorial monitoring, sustainable urban expansion, multitemporal spatial analysis, natural resource management.

INTRODUÇÃO

A dinâmica do uso do solo e o processo de urbanização têm sido questões centrais no planejamento urbano, dada a sua importância para a sustentabilidade e a gestão dos recursos naturais. O monitoramento dessas mudanças é essencial para entender como as atividades humanas afetam o ambiente e para antecipar desafios relacionados ao crescimento populacional, à ocupação territorial e à preservação dos ecossistemas. A expansão urbana desordenada, por exemplo, está frequentemente associada à degradação ambiental, ao aumento das emissões de gases de efeito estufa e à perda de biodiversidade (Mahtta et al., 2022). Nesse contexto, o monitoramento eficaz do uso do solo e da urbanização torna-se uma ferramenta para promover políticas públicas que incentivem um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável (Ji et al., 2021).

O geoprocessamento, definido como o conjunto de tecnologias utilizadas para a coleta, análise e interpretação de dados espaciais, tem se destacado como uma solução eficiente para o monitoramento ambiental. Através de sistemas de informações geográficas (SIG), sensoriamento remoto e modelagem espacial, é possível realizar análises detalhadas sobre as transformações do território, com a vantagem de integrar dados multitemporais e multidimensionais. Isso possibilita não apenas o monitoramento em tempo real, mas também a previsão de tendências de ocupação do solo e a avaliação de impactos potenciais decorrentes de processos de urbanização (Boori et al., 2021). O avanço dessas ferramentas, juntamente com o uso de tecnologias emergentes como drones e imagens de alta resolução, tem ampliado a capacidade de observação e análise das mudanças territoriais (Bhatnagar et al., 2020).

Diversos estudos exploram o uso de ferramentas de geoprocessamento na análise de áreas urbanas e rurais, destacando a aplicação de imagens de satélite de alta resolução, sistemas de modelagem digital e técnicas de classificação supervisionada e não supervisionada (Zang et al., 2021; Ali; Johnson, 2022; Liakos; PanagoS, 2022). Segundo Koko et al. (2020), a integração de dados espaciais e temporais é importante para o monitoramento de padrões de urbanização e

mudanças de uso do solo, especialmente em regiões em desenvolvimento. Outros trabalhos, como o de Bobylev et al. (2022), enfatizam o papel dos SIGs no mapeamento de áreas de risco em zonas periurbanas, demonstrando a capacidade dessas ferramentas de fornecer dados detalhados para o planejamento urbano e a mitigação de impactos ambientais.

Diante disso, o objetivo deste estudo foi revisar o uso de ferramentas de geoprocessamento no monitoramento das mudanças de uso do solo e urbanização, com base em uma revisão de literatura. A pesquisa busca responder à pergunta: "Quais as principais ferramentas de geoprocessamento que podem ser usadas para mapear o uso do solo e a urbanização?" A metodologia adotada é a revisão de literatura, com foco em artigos publicados nos últimos anos. Como contribuição, este estudo pretende sugerir implicações práticas para o uso eficiente dessas tecnologias em cenários urbanos e rurais, promovendo a sustentabilidade na gestão do solo e expansão urbana.

OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Avaliar o uso de ferramentas de geoprocessamento aplicadas ao monitoramento de mudanças no uso do solo e da urbanização.

Objetivos Específicos:

- Identificar as principais tecnologias de geoprocessamento utilizadas para mapear e monitorar mudanças territoriais e urbanas.
- Sistematizar as metodologias empregadas nos estudos selecionados, descrevendo as ferramentas, técnicas e aplicações observadas.
- Avaliar a contribuição das tecnologias de geoprocessamento para o planejamento urbano sustentável e a gestão de recursos naturais.

METODOLOGIA

A presente revisão de literatura caracteriza-se como uma pesquisa descritiva e exploratória, com o objetivo de revisar o uso de ferramentas de geoprocessamento no monitoramento de mudanças de uso do solo e urbanização. A pesquisa descritiva visa mapear e organizar o conhecimento existente, enquanto a vertente exploratória busca identificar como essas ferramentas são aplicadas. A busca foi realizada nas plataformas SciELO e Google Acadêmico, utilizando as palavras-chave: "Geoprocessamento e urbanização"; "Monitoramento de uso do solo"; "Ferramentas de georreferenciamento no planejamento urbano"; "Mudanças de uso do solo e geotecnologias"; e "Análise espacial no monitoramento urbano". Foram considerados artigos publicados entre 2019 e 2024, priorizando publicações em português e excluindo trabalhos em línguas estrangeiras, materiais não científicos ou fora do tema.

O levantamento dos dados seguiu três etapas de leitura sistemática: leitura exploratória (análise rápida de títulos, resumos e palavras-chave para seleção inicial), leitura seletiva (análise de trechos relevantes sobre geoprocessamento aplicado) e leitura analítica (leitura completa dos artigos, registrando metodologias, ferramentas e resultados). A análise adotou abordagem quantitativa e qualitativa, categorizando os artigos segundo: autor principal e coautores; e método/ferramenta de geoprocessamento utilizada. As informações foram organizadas em uma tabela de síntese, permitindo a análise comparativa das metodologias e a identificação de tendências no uso do geoprocessamento para o monitoramento de mudanças de uso do solo e urbanização.

RESULTADOS

Nas buscas utilizando descritores mencionados na metodologia, foram identificados foram encontradas 27 pesquisas distribuídas nas bases de dados SciELO e Google Scholar. Desse total, 10 foram selecionados para serem utilizados nesta pesquisa. Os principais achados estão organizados no Quadro 1 abaixo.

Quadro1. Trabalhos selecionados e principais achados da pesquisa.

Autor(es)	Ferramenta de geoprocessamento utilizada	Aplicação
Carvalho et al., 2023	O Sistema de Gestão da Informação (SIGeo) da Prefeitura de Niterói foi utilizado para acessar dados espaciais sobre uso do solo. Imagens de satélite e processamento digital atualizaram informações e mapearam vazios urbanos. Shapefiles de lotes	O estudo utilizou ferramentas de geoprocessamento para analisar a dinâmica imobiliária e identificar vazios urbanos na região norte de Niterói/RJ, apoiando políticas públicas alinhadas ao Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS). O SIGeo mapeou imóveis não edificadas e subutilizados, atualizados com imagens de satélite e shapefiles de lotes, identificando 4.125 imóveis de interesse. Mapas temáticos e coropléticos bivariados facilitaram a visualização de

	definiram as unidades de análise, e mapas temáticos e coropléticos bivariados representaram espacialmente as variações dos dados.	áreas com potencial para adensamento e renovação. A integração das ferramentas foi essencial para sugerir intervenções que reduzam desigualdades socioespaciais e promovam o uso mais eficiente do solo.
Barbosa; Valladares, 2022	Foram utilizadas imagens LANDSAT 5 e 8, associadas aos instrumentos imageadores OLI/TIRS e TM, além de imagens orbitais RapidEye. O processamento foi realizado no software ArcGIS 10.2, aplicando o método Maxver de classificação supervisionada. A acurácia dos resultados foi avaliada por meio da Matriz de Confusão e do Índice Kappa.	As ferramentas de geoprocessamento analisaram as mudanças no uso e cobertura do solo em Cajueiro da Praia entre 2000 e 2015. Imagens LANDSAT 5 e 8, associadas aos sensores OLI/TIRS e TM, forneceram dados multitemporais processados no ArcGIS 10.2, com classificação supervisionada por máxima verossimilhança (Maxver). A escolha das imagens LANDSAT e RapidEye garantiu alta resolução e fácil acesso, complementados por mapas e validação com matriz de confusão e índice Kappa. As ferramentas permitiram mapear, quantificar e monitorar mudanças ambientais, como aumento de corpos d'água, expansão urbana e redução da vegetação, auxiliando o planejamento territorial.
Ribeiro et al., 2020	Imagens de satélite CBERS-4 (sensor PAN10m) foram processadas no SIG ArcGIS, com classificação supervisionada MAXVER e composição colorida das bandas verde, vermelha e infravermelha. Vetores foram convertidos para o Datum Sirgas 2000, com aplicação de filtro de mediana (7x7 pixels). Métricas de paisagem (índices AREA, SHAPE e NEAR) e análises de padrões espaciais complementaram a avaliação, validada com imagens de alta resolução do Google Earth.	As ferramentas de geoprocessamento foram cruciais para analisar a paisagem urbanizada no bioma da Mata Atlântica. O SIG ArcGIS processou dados espaciais a partir de imagens CBERS-4, com mapeamento da cobertura do solo via classificação MAXVER. Bandas espectrais destacaram a vegetação, enquanto métricas de paisagem (AREA, SHAPE e NEAR) analisaram fragmentação e conectividade. O filtro de mediana suavizou os dados e a validação com imagens do Google Earth assegurou maior exatidão. As ferramentas permitiram uma análise espacial detalhada, auxiliando a conservação florestal em áreas urbanas.
Guilherme et al., 2022	O estudo utilizou imagens Landsat 8 para sensoriamento remoto, aplicando NDVI, NDBI e a estimativa da fração de vegetação (Fc). Foram realizados o mapeamento da temperatura de superfície (LST), a análise do albedo e a correção atmosférica. A classificação supervisionada identificou os tipos de cobertura do solo, e gráficos de dispersão, com amostras aleatórias, permitiram avaliar a correlação entre os dados.	As ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento foram essenciais para analisar a relação entre cobertura do solo e temperatura de superfície em Coari, Amazonas. Imagens do Landsat 8 (2015 e 2017) mapearam vegetação, urbanização e temperaturas, evidenciando o impacto da urbanização no microclima. NDVI e NDBI caracterizaram áreas vegetadas e urbanizadas, mostrando que a vegetação reduz significativamente a temperatura. A correção atmosférica garantiu a precisão dos dados, e a classificação supervisionada identificou padrões térmicos distintos. Gráficos de dispersão e análise de correlação confirmaram o maior impacto da vegetação no controle térmico em comparação ao albedo e ao NDBI.
Welerson et al., 2021	Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e 8, processadas no SIG QGIS (versão 2.18.10) com o Semi-Automatic Classification Plugin. A classificação supervisionada e a composição colorida RGB das bandas Landsat permitiram distinguir as classes de uso do solo. A validação das análises foi realizada com imagens do Google Earth Pro (versão 7.3).	As ferramentas de geoprocessamento foram essenciais para analisar as mudanças no uso do solo em Paraty, relacionadas ao Parque Nacional da Serra da Bocaina, nos anos de 2001, 2006 e 2018. Imagens dos satélites Landsat 5 e 8 foram processadas no QGIS com o Semi-Automatic Classification Plugin, resultando em mapas que revelaram a expansão antrópica. A classificação supervisionada e a composição RGB distinguiram florestas, áreas construídas e pastagens, com validação por imagens do Google Earth Pro. O estudo evidenciou a ineficácia dos planos de manejo e diretor para conter a ocupação irregular e a perda de vegetação, reforçando a necessidade de revisão das políticas de gestão ambiental.

Diniz et al., 2022	Satélite Quickbird 2 Satélites Pleiades 1A e 1B Satélite SPOT 6 e 7 Software ArcGIS Software QuantumGIS (QGIS) Imagens multiespectrais de alta resolução Vetorização de feições Sobreposição de imagens.	As imagens dos satélites Sentinel-2A e 2B forneceram dados espectrais e visuais de alta resolução (10 metros) para o monitoramento da vegetação e cobertura da terra. Processadas no ArcGIS com técnicas de mosaico, equalização e contraste, permitiram a vetorização manual das feições. O Google Earth Pro e o Street View serviram como suporte para validação preliminar, reduzindo visitas de campo. Em campo, o GNSS modelo 79CSX e o VANT forneceram coordenadas precisas e imagens aéreas, confirmando feições e possibilitando a descoberta de um enclave de cerrado. A combinação das ferramentas garantiu precisão na delimitação de limites geográficos e geocomplexos, refinando mapas de Domínios Morfoclimáticos e Regiões Naturais.
Henrique; Toniolo (2021)	Foram utilizadas imagens multiespectrais de alta resolução dos satélites Quickbird 2, Pleiades 1A/1B e SPOT 6/7. O processamento, a vetorização de feições e a sobreposição de imagens foram realizados nos softwares ArcGIS e QGIS.	As ferramentas de geoprocessamento foram fundamentais para a análise espacial da Área de Proteção Ambiental (APA) São Francisco Xavier, utilizando imagens de alta resolução dos satélites Quickbird 2 (2007) e Pleiades 1A/1B e SPOT 6/7 (2017). Os softwares ArcGIS e QGIS permitiram o processamento, a vetorização e a sobreposição dos dados ao zoneamento da APA, revelando um crescimento de 82,43% nas áreas construídas. As ferramentas possibilitaram quantificar mudanças e identificar zonas sensíveis, como a Zona de Conservação dos Recursos Hídricos, destacando os impactos da ocupação e a eficiência do planejamento territorial em equilibrar a conservação ambiental e o desenvolvimento socioeconômico.
Santos, 2023	Google Earth Engine (GEE) Mapbiomas 7.0 Modelo Digital de Elevação (MDE) - Plataforma TOPODATA Software QGIS (versão 3.22.14)	As ferramentas de geoprocessamento foram essenciais para analisar as mudanças na urbanização e uso do solo em Chapadinha-MA e na Reserva do Itamacaoca. O Google Earth Engine (GEE) processou imagens de satélite com o algoritmo Random Forest, monitorando a evolução urbana e a degradação ambiental. A plataforma Mapbiomas 7.0 comparou a cobertura do solo entre 1985 e 2021, evidenciando alterações na vegetação e corpos hídricos. O Modelo Digital de Elevação (MDE) da TOPODATA analisou aspectos topográficos e morfométricos, enquanto o QGIS processou dados e criou mapas de altitude e curvas de nível. As ferramentas foram cruciais para compreender o impacto da urbanização e apoiar o planejamento ambiental e a gestão de recursos naturais.
Azevedo et al., 2022	Modelo computacional Hydrus-1D Infiltrômetro modificado Philip-Dunne (MPD) Sensoriamento remoto Ferramentas de geoprocessamento	As ferramentas de geoprocessamento foram essenciais para analisar as mudanças na urbanização e uso do solo em Chapadinha-MA e na Reserva do Itamacaoca. O Google Earth Engine (GEE) processou imagens de satélite com o algoritmo Random Forest, monitorando a evolução urbana e a degradação ambiental. A plataforma Mapbiomas 7.0 comparou a cobertura do solo entre 1985 e 2021, evidenciando alterações na vegetação e corpos hídricos. O Modelo Digital de Elevação (MDE) da TOPODATA analisou aspectos topográficos e morfométricos, e o QGIS processou dados e criou mapas de altitude e curvas de nível. As ferramentas foram cruciais para entender o impacto da urbanização e apoiar o planejamento ambiental e a gestão de recursos naturais.
Côrtes et al., 2020	Sistema de Informações Geográficas (SIG) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra)	As ferramentas de geoprocessamento foram fundamentais para definir paisagens urbanas e realizar análises demográficas e espaciais. O uso de SIG organizou dados em uma grade regular, aprimorando a resolução espacial e facilitando a extração de informações detalhadas do Censo Demográfico de 2010 do IBGE. Dados do Incra sobre regularização fundiária e

	Técnicas de geoprocessamento para mapeamento de paisagens urbanas.	assentamentos agrícolas foram integrados, permitindo o mapeamento e a categorização de áreas como Núcleo Urbano e Entorno Urbano. As ferramentas mapearam a interação rural-urbana na Amazônia e geraram indicadores como o Coeficiente de Gini e a Razão de Sexo, avaliando a dispersão populacional e a reconfiguração rural. O geoprocessamento foi decisivo para desenvolver um modelo teórico-metodológico inovador, proporcionando uma visão abrangente da urbanização extensiva e suas implicações socioambientais.
--	--	--

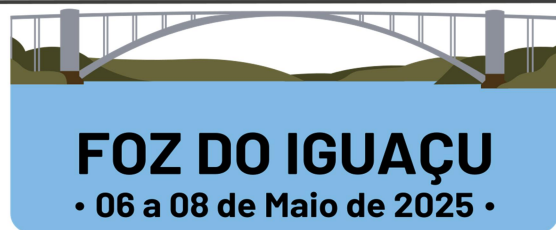
Fonte: Autores, 2025.

CONCLUSÃO

Este estudo apresentou uma análise sobre o uso de ferramentas de geoprocessamento para o monitoramento de mudanças no uso do solo e urbanização. Os principais achados evidenciam a eficácia dessas tecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto, na identificação de padrões de urbanização e na avaliação de impactos ambientais. Ferramentas como o software ArcGIS, imagens de satélite de alta resolução e classificações supervisionadas foram fundamentais para fornecer dados detalhados, permitindo a formulação de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento urbano sustentável. As metodologias revisadas demonstraram que o uso de geotecnologias potencializa a capacidade de monitoramento e previsão de mudanças territoriais, oferecendo subsídios valiosos para a gestão do território. As ferramentas se demonstraram importantes para o planejamento urbano e a conservação ambiental, uma vez que fornecem uma base técnica robusta para decisões estratégicas sobre o uso do solo. O estudo reforça a importância da integração entre diferentes ferramentas de geoprocessamento, ressaltando a contribuição desses métodos para a mitigação dos impactos das atividades humanas no ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALI, Kamran; JOHNSON, Brian A. Land-use and land-cover classification in semi-arid areas from medium-resolution remote-sensing imagery: A deep learning approach. **Sensors**, v. 22, n. 22, p. 8750, 2022.
2. AZEVEDO, Flavio Souza et al. Simulação hidrológica de biorretenção: análise de eficiência de técnicas compensatórias para mitigar impactos da urbanização. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 1077-1088, 2022.
3. BARBOSA, Wellynne Carla de Sousa; VALLADARES, Gustavo Souza. Análise da paisagem e do uso e cobertura das terras no nordeste brasileiro, litoral semiárido. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 620-632, 2022.
4. BHATNAGAR, Saheba; GILL, Laurence; GHOSH, Bidisha. Drone image segmentation using machine and deep learning for mapping raised bog vegetation communities. **Remote Sensing**, v. 12, n. 16, p. 2602, 2020.
5. BOBYLEV, Nikolai; SYRBE, Ralf-Uwe; WENDE, Wolfgang. Geosystem services in urban planning. **Sustainable Cities and Society**, v. 85, p. 104041, 2022.
6. BOORI, Mukesh Singh et al. Eco-environmental quality assessment based on pressure-state-response framework by remote sensing and GIS. **Remote sensing applications: Society and Environment**, v. 23, p. 100530, 2021.
7. CARVALHO, Rubens Moreira R.; LEITE, Pedro Henrique P.; SANFELICI, Daniel. Geoprocessamento aplicado ao estudo da dinâmica imobiliária: um estudo de caso sobre vazios urbanos na Região Norte de Niterói/RJ. **revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, v. 25, p. e202324, 2023.
8. CÔRTEZ, Julia Corrêa; D'ANTONA, Álvaro de Oliveira; OJIMA, Ricardo. Urbanização extensiva e reconfiguração rural na Amazônia: uma proposta teórico-metodológica baseada em indicadores demográficos e espaciais. **revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, v. 22, p. e202015, 2020.
9. DINIZ, Marco Túlio Mendonça et al. Enclave de Cerrado e a Atualização do Mapeamento das Unidades de Paisagem do Estado do Rio Grande do Norte. **Mercator (Fortaleza)**, v. 21, p. e21014, 2022.
10. GUILHERME, Adriano Pereira et al. Relação entre tipo de cobertura do solo e temperatura de superfície. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 515-525, 2022.
11. HENRIQUE, Raquel; TONIOLO, Maria Angélica. Planejamento Territorial e Desenvolvimento Sustentável: Um Estudo de Caso da APA São Francisco Xavier-SP. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. e00411, 2021.
12. JI, Zhengxin et al. Trade-off and projecting effects of land use change on ecosystem services under different policies scenarios: A case study in Central China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 7, p. 3552, 2021.
13. KOKO, Auwalu Faisal et al. Monitoring and predicting spatio-temporal land use/land cover changes in Zaria City, Nigeria, through an integrated cellular automata and markov chain model (CA-Markov). **Sustainability**, v. 12, n. 24, p. 10452, 2020.



14. LIAKOS, Leonidas; PANAGOS, Panos. Challenges in the geo-processing of big soil spatial data. **Land**, v. 11, n. 12, p. 2287, 2022.
15. MAHTTA, Richa et al. Urban land expansion: the role of population and economic growth for 300+ cities. **Npj Urban Sustainability**, v. 2, n. 1, p. 5, 2022.
16. RIBEIRO, Marina Pannunzio; MELLO, Kaline de; VALENTE, Roberta Aversa. Avaliação da estrutura da paisagem visando à conservação da biodiversidade em paisagem urbanizada. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 819-834, 2020.
17. SANTOS, Recimara Conceição dos. **Uso do geoprocessamento como ferramenta de análise do índice de urbanização e sua influência na reserva do Itamacaoca, município de Chapadinha-MA**. 2023.
18. WELERSON, Camila Coelho et al. Expansão antrópica de Paraty no Parque Nacional Serra da Bocaina, Bioma Mata Atlântica. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. e00231, 2021.
19. ZANG, Ning et al. Land-use mapping for high-spatial resolution remote sensing image via deep learning: A review. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 14, p. 5372-5391, 2021.