

ANÁLISE INTEGRADA DE DESMATAMENTO E USO DO SOLO EM PROPRIEDADES RURAIS COM BASE NO CAR

LUANA LAVAGNOLI MOREIRA¹, NIRVANA PAREDES DE OLIVEIRA SOUZA², CHRISTHIAN SANTANA CUNHA³ e MARCOS AURÉLIO MACHADO⁴

¹Dra. Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, AmbGEO, Florianópolis-SC, contato@ambgeo.com;

²Graduada em Geografia, AmbGEO, Florianópolis-SC, nirvanaparedesos@gmail.com;

³Dr. em Sensoriamento Remoto, AmbGEO, Florianópolis-SC, suporte@ambgeo.com;

⁴Especialista em Geotecnologias e SIG, AmbGEO, Florianópolis-SC, contato.ambgeo@gmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
08 a 09 de outubro de 2025

RESUMO: Este trabalho objetivou desenvolver um fluxo automatizado capaz de integrar dados de múltiplas fontes geoespaciais para gerar um laudo de análise do uso e cobertura do solo e detecção de desmatamentos em imóveis rurais registrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR) de forma rápida e reproduzível. A metodologia envolve o desenvolvimento de um script utilizando linguagem Python para gestão e processamento, PostgreSQL/PostGIS para armazenamento de dados vetoriais locais (CAR, PRODES), e a plataforma Google Earth Engine (GEE) para o processamento em larga escala de imagens de satélite (Sentinel-2) e dados no formato raster (MapBiomas). A aplicação desse fluxo de trabalho a um imóvel rural no bioma Cerrado identificou 18 alertas de desmatamento entre 2006 e 2024, com perda significativa de vegetação nativa e aumento de áreas antrópicas. O processo automatizado demonstrou eficácia, reduzindo drasticamente o tempo de análise manual e fornecendo uma base de evidências objetiva e padronizada para apoio à tomada de decisão, fiscalização ambiental e gestão territorial em nível de propriedade.

PALAVRAS-CHAVE: Desmatamento, CAR, Monitoramento Ambiental, Google Earth Engine, Análise Espacial

INTEGRATED ANALYSIS OF DEFORESTATION AND LAND USE IN RURAL PROPERTIES BASED ON THE CAR

ABSTRACT: This study aimed to develop an automated workflow capable of integrating data from multiple geospatial sources to generate a report on land use and land cover analysis and deforestation detection in rural properties registered in the Rural Environmental Registry (CAR), in a fast and reproducible manner. The methodology involves the development of a script using the Python programming language for data management and processing, PostgreSQL/PostGIS for local vector data storage (CAR, PRODES), and the Google Earth Engine (GEE) platform for large-scale processing of satellite imagery (Sentinel-2) and raster data (MapBiomas). The application of this workflow to a rural property in the Cerrado biome identified 18 deforestation alerts between 2006 and 2024, with significant loss of native vegetation and an increase in anthropic land use. The automated process proved to be effective, drastically reducing manual analysis time and providing an objective and standardized evidence base to support decision-making, environmental enforcement, and land management at the property level.

KEYWORDS: Deforestation, CAR, Environmental Monitoring, Google Earth Engine, Spatial Analysis

INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental é crucial para conservação e preservação de biomas, em especial, da Amazônia e Cerrado, que enfrentam pressões significativas devido a expansão de atividades agrícolas. De acordo com Jesus et al. (2020) ao analisar diferentes biomas brasileiros, foi possível a identificação de processos de degradação, por exemplo, por queimadas nestas regiões ao longo dos anos. Para Ampoli (2024) o desmatamento da Amazônia é um dos grandes desafios ambientais do

Brasil e do mundo, além disso, o autor compreende que o monitoramento deficiente tem agravado a situação do desmatamento, exigindo ações integradas de governos, sociedade e comunidade internacional para conter a degradação ambiental.

O monitoramento ambiental no Brasil enfrenta desafios que exigem práticas sustentáveis e que políticas públicas sejam executadas visando equilibrar o desenvolvimento regional entre desenvolvimento e preservação (ROQUETTE, 2019).

Neste sentido, políticas públicas e instrumentos legais, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR) que é um instrumento fundamental da política ambiental brasileira (Lei nº 12.651/2012) serve como objeto para controle de degradações e desmatamentos. O CAR é exigido para todos os imóveis rurais e tem como objetivo reunir informações ambientais sobre propriedades e posses, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APP), áreas de uso restrito, Reservas Legais, remanescentes florestais, outras formas de vegetação nativa e áreas consolidadas. Esses dados formam uma base essencial para ações de controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico, além de auxiliar no enfrentamento ao desmatamento. (BRASIL, 2012).

Programas de monitoramento e produção de dados tem sido idealizado nos últimos anos no Brasil e servem como referências para mensuração das mudanças de uso e cobertura do solo, degradação e desmatamento. Entre estes projetos podem ser citados o MapBiomas, que inicialmente, apresentou a proposta para o mapeamento de usos e ocupação do solo (Souza et al., 2020), além do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que existe desde 1988 estimando as taxas anuais de desmatamento utilizando diferentes sistemas sensores da coleção de Satélite Landsat, por exemplo. Atualmente os dados dos programas PRODES e DETER, estão disponíveis no portal TerraBrasilis e podem ser acessados para diferentes Biomas do Brasil (<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>). O TerraBrasilis é uma plataforma desenvolvida pelo INPE para organização, acesso e uso através de um portal web dos dados geográficos produzidos pelos seus programas de monitoramento ambiental.

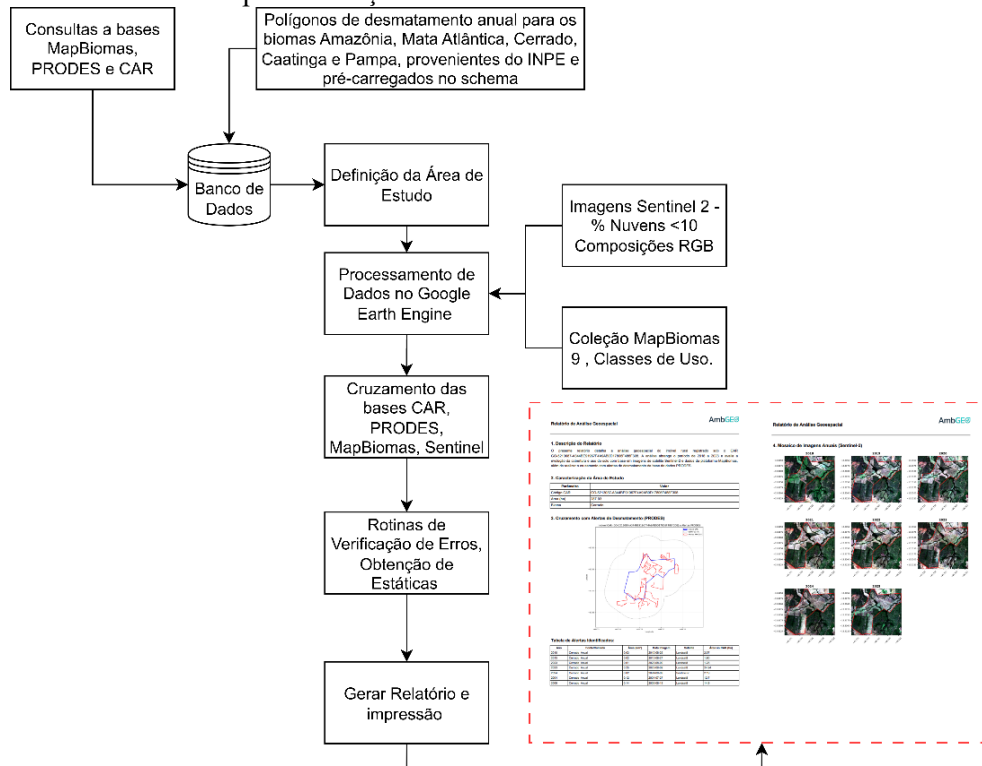
A utilização destes instrumentos e plataformas de monitoramento e gestão são importantes, contudo, por vezes estão dissociadas por estarem em diferentes ambientes, e, sendo assim, por vezes resultam em análises limitadas e sem a integração das bases. Considerando o contexto das propriedades rurais cadastradas no CAR, esta análise integrada, acessando diferentes plataformas em um processo manual e repetitivo, pode ser ineficiente.

Neste sentido, o presente trabalho desenvolveu um script para automatizar análises geoespaciais integradas utilizando linguagem de programação Python para gestão e processamento, PostgreSQL/PostGIS para armazenamento de dados vetoriais locais (CAR, PRODES), e a plataforma Google Earth Engine (GEE) para o processamento em larga escala de imagens de satélite (Sentinel-2) e dados no formato raster (MapBiomas). O objetivo principal deste estudo é desenvolver e validar um fluxo de trabalho automatizado capaz de integrar dados de múltiplas fontes geoespaciais para gerar um laudo de análise ambiental em nível de propriedade de forma rápida e reproduzível.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema, desenvolvido em Python utilizando o Visual Studio Code (VsCode), integrou (1) geometrias de imóveis rurais obtidas via GEOSERVER do CAR, disponível em um banco de dados PostGIS; (2) dados de desmatamento do projeto PRODES para múltiplos biomas com informações de desmatamento anual, com datas e sensores; (3) séries temporais de dados de uso e cobertura do solo da coleção 9.0 do MapBiomas; e (4) mosaicos anuais de imagens de satélite Sentinel-2. O processamento dos dados de sensoriamento remoto foi realizado na plataforma de computação em nuvem Google Earth Engine. A figura abaixo demonstra o fluxo de trabalho utilizado.

Figura 1. Fluxo de Trabalho para obtenção dos relatórios.



O primeiro passo consiste na consulta às bases do Cadastro Ambiental Rural (CAR), PRODES (monitoramento do desmatamento anual) e MapBiomias (uso e cobertura da terra), cujas informações são organizadas em um banco de dados. Este banco já conta com polígonos de desmatamento anual para os biomas Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga e Pampa, oriundos do INPE e previamente carregados em um schema específico. A partir dessas informações, define-se a área de estudo com base na geometria do imóvel rural ou de interesse.

Com a área definida, os dados são enviados ao Google Earth Engine, onde são processados para análise temporal e espacial. Nesse ambiente, são selecionadas imagens ópticas do satélite Sentinel-2 com baixa cobertura de nuvens (inferior a 10%), compostas em RGB, além do cálculo de índices espectrais como NDVI, EVI e NDMI. Em seguida, realiza-se o cruzamento espacial entre os dados do CAR, as áreas desmatadas do PRODES, as classes de uso e cobertura do MapBiomias e as imagens Sentinel-2. Essa integração permite identificar mudanças de cobertura vegetal, áreas embargadas e outras relações espaciais relevantes.

Após o cruzamento, o sistema executa rotinas de verificação de inconsistências e gera estatísticas descritivas da área, como percentuais de cobertura, variações ao longo dos anos e métricas de desmatamento. Por fim, com todos os dados integrados e analisados, é gerado automaticamente um relatório técnico ilustrado, contendo mapas, tabelas, imagens comparativas e gráficos. Esse relatório é exportado em formato digital ou impresso, sendo útil para análises ambientais, monitoramento de propriedades rurais, regularização e tomada de decisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, o fluxo de trabalho gera automaticamente um relatório em PDF contendo mapas, gráficos e tabelas que caracterizam a propriedade, identificam alertas de desmatamento sobrepostos (PRODES) e quantificam a evolução das classes de uso do solo (MapBiomias) ao longo de um período definido. A rotina foi testada em diferentes regiões e os resultados obtidos estão apresentados abaixo.

Figura 2. Descrição do relatório e Alerta de desmatamento (PRODES).

1. Descrição do Relatório
 O presente relatório detalha a análise geoespacial do imóvel rural registrado sob o CAR GO-5213087-A344BE91967F4A9AB0D17806F488F308. A análise abrange o período de 2018 a 2023 e avalia a evolução da cobertura e uso do solo com base em imagens de satélite Sentinel-2 e dados da plataforma MapBiomias, além de realizar o cruzamento com alertas de desmatamento da base de dados PRODES.

2. Caracterização da Área de Estudo

Parâmetro	Valor
Código CAR	GO-5213087-A344BE91967F4A9AB0D17806F488F308
Área (ha)	287,93
Bioma	Cerrado

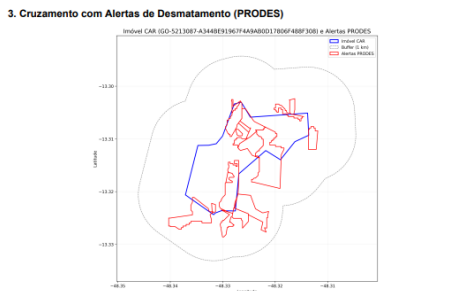


Tabela de Alertas Identificados:

Ano	Fonte/Canal	Área (km²)	Data Imagem	Satélite	Área no CAR (ha)
2019	Cerrado Anual	0,23	2019-08-29	Landsat8	2,67
2020	Cerrado Anual	0,22	2019-09-27	Landsat8	1,96
2023	Cerrado Anual	0,21	2023-08-09	Landsat8	1,28
2023	Cerrado Anual	0,25	2023-08-09	Landsat8	24,94
2024	Cerrado Anual	0,02	2024-08-09	Sentinel-2	2,19
2006	Cerrado Anual	0,12	2006-01-27	Landsat8	12,7
2006	Cerrado Anual	0,14	2006-08-18	Landsat8	14,9

Figura 4. Mapas de uso e cobertura do solo (MapBiomias).

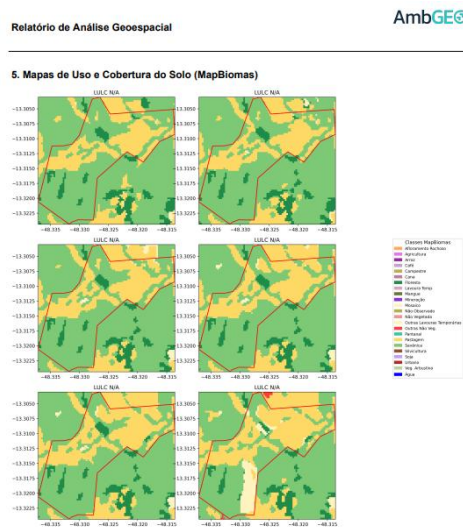


Figura 3. Mosaico de imagens Sentinel-2 (2018 – 2025).

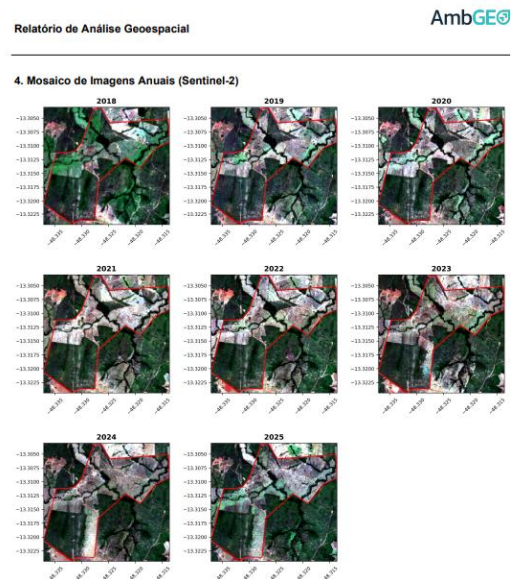
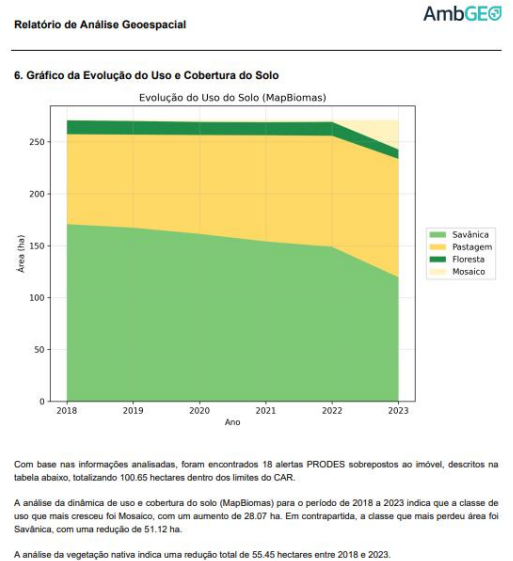


Figura 5. Gráfico de evolução do uso e cobertura do solo.



A análise geoespacial automatizada do imóvel rural registrado no CAR (figura 2) revelou a ocorrência de 18 alertas de desmatamento identificados na base PRODES, distribuídos entre os anos de 2006 e 2024, totalizando 100,65 hectares impactados dentro da área delimitada da propriedade.

As imagens de satélite Sentinel-2 (figura 3), evidenciam mudanças progressivas na cobertura do solo, visíveis pela substituição de áreas originalmente verdes e densas por padrões mais claros e fragmentados.

De forma complementar, os mapas temáticos de uso e cobertura gerados com dados do MapBiomias (figura 4) indicam, entre 2018 e 2023, uma redução expressiva da vegetação nativa, especialmente da classe Savânica, que apresentou uma perda de 51,12 hectares, ao mesmo tempo em que a classe "Mosaico de Uso" teve um crescimento de 28,07 hectares, indicando avanço de atividades

antrópicas. Tais padrões estão graficamente representados na figura 5, que sintetiza a evolução das principais classes no período.

As limitações da metodologia estão atreladas, por exemplo, erros e sobreposições nos Cadastros Ambientais Rurais, ausência de imagens a partir de uma grande porcentagem de nuvens, bem como inconsistência nas bases. Neste caso, é necessário ajustes em limiares adotados na ferramenta. Além disso, atualmente a ferramenta é processada em um ambiente localhost, necessitando, posteriormente ser ajustada para um sistema interativo, tipo WebGis.

Outros estudos corroboram a relevância de métodos automatizados no monitoramento ambiental. Pesquisas como a de Dias et al. (2023), utilizando redes neurais em séries temporais, e o sistema Indimap (2023), com foco em desmatamento ilegal, demonstram como tecnologias geoespaciais avançadas podem ampliar a precisão e eficiência das análises. Além disso, Gonzaga et al. (2022) destacam o valor desses sistemas no apoio a políticas públicas e ações de controle. A evolução da ferramenta para um ambiente WebGIS pode ampliar seu impacto e acessibilidade, fortalecendo ações de gestão territorial e conservação dos biomas.

CONCLUSÃO

A abordagem automatizada desenvolvida neste trabalho demonstrou-se eficaz para integrar dados geoespaciais de múltiplas fontes, reduzindo o tempo de análise manual e oferecendo uma base padronizada para a tomada de decisões ambientais em nível de propriedade rural. A combinação entre dados do CAR, MapBiomas, PRODES e imagens Sentinel-2, processados com ferramentas como Python, PostgreSQL/PostGIS e Google Earth Engine, resultou em um fluxo de trabalho ágil, reprodutível e com potencial de aplicação em escala regional. Para estudos futuros, recomenda-se a incorporação de dados climáticos e socioeconômicos para análises integradas, o que poderá potencializar seu uso por órgãos ambientais, pesquisadores e gestores públicos.

REFERÊNCIAS

- Ampolini, G. Difficulties in the process of protecting the Brazilian Amazon region. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, [S. l.], [S. d.].
- Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012.*
- Dias, J.; Santos, A.; Costa, G. B.; Cardoso, D.; Seruffo, M. Monitoramento Automatizado do NEE na Floresta Amazônica usando Redes Neurais LSTM, 2023
- Gonzaga, C.; Fernandes, T. D.; Boldrin, J.; Correa, M.; Roquette, J.; Silva, N.; Barbosa, D.; Pessi, D.; Paranhos, F. A.; Mioto, C.; Angeoletto, F. Sensoriamento remoto e o monitoramento da degradação florestal por entidades governamentais do Brasil. *Research, Society and Development*. v. 11, n. 5, 2022.
- Jesus, J. B. de ., Rosa, C. N. da ., Barreto, Í. D. de C., & Fernandes, M. M.. Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. *Ciência Florestal*, v. 30, n. 1, p. 176–191, 2020.
- Miranda, J. M. F.; Negócio, Y. F.; Marques, J. C. O.; Brito, S. Da S.; Pessoa, D. E. R. Indimap: Ferramenta Integrada Para Monitoramento De Desmatamento E Queimadas Em Terras Indígenas. In: *Workshop De Ferramentas E Aplicações - Simpósio Brasileiro De Sistemas Multimídia E Web (Webmedia)*, 29. , 2023, Ribeirão Preto/Sp. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira De Computação, 2023 . P. 81-84.
- Roquette, J. G. What can we do to promote sustainable development in the Brazilian Amazon? *Open Access Journal*, [S. l.], 2019.
- Souza, C. M.; Shimbo, J. Z.; Rosa, M. R ;Parente, L. L.; A. Alencar; A., Rudorff, BFT; Hasenack; H., Matsumoto; M., G. Ferreira, L., Souza-Filho, PWM, de Oliveira, SW, Rocha, WF, Fonseca, AV, Marques, CB, Diniz, CG, Costa, D., Monteiro, D., Rosa, ER, Vélez-Martin, E., Azevedo, T.. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, 2735, 2020.