

# **TRANSFORMAÇÕES NO USO DA TERRA EM ÁREAS DESMATADAS DO CERRADO DO NORDESTE GOIANO: UMA ANÁLISE COM APRENDIZADO DE MÁQUINA NO GOOGLE EARTH ENGINE.**

Edésio Severino Vieira Júnior<sup>1</sup>

Ana Paula Matos e Silva<sup>2</sup>

Elaine Barbosa da Silva<sup>3</sup>

## **RESUMO**

O avanço da fronteira agrícola no Nordeste Goiano tem provocado transformações significativas na paisagem e pressões sobre territórios tradicionalmente preservados, como comunidades quilombolas e unidades de conservação. Este estudo analisou áreas desmatadas em 2016 e classificou os usos consolidados da terra nos anos de 2017 e 2023, utilizando algoritmos de aprendizado de máquina na plataforma Google Earth Engine. Foram utilizados os classificadores Random Forest, SVM e CART, aplicados a imagens Sentinel-2, e dados da Plataforma TerraBrasilis, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os resultados apontam para a predominância da pastagem nas áreas desmatadas, evidenciando a consolidação da pecuária extensiva como vetor de uso da terra. As análises indicam a superioridade do Random Forest em ambientes de elevada heterogeneidade espectral. O estudo oferece subsídios para o monitoramento ambiental e políticas públicas voltadas à conservação do Cerrado.

**PALAVRAS-CHAVES:** Cerrado; desmatamento; Google Earth Engine, aprendizagem de máquina.

## **LAND USE CHANGES IN DEFORESTED AREAS OF THE NORTHEAST GOIÁS CERRADO: AN ANALYSIS USING MACHINE LEARNING ON GOOGLE EARTH ENGINE.**

## **ABSTRACT**

The expansion of the agricultural frontier in Northeast Goiás has caused significant changes in the landscape and increased pressure on traditionally preserved territories, such as quilombola communities and conservation units. This study analyzed deforested areas in 2016 and classified the consolidated land uses in the years 2017 and 2023 using machine learning algorithms on the Google Earth Engine platform. The classifiers Random Forest, SVM, and CART were applied to Sentinel-2 images and data from the TerraBrasilis Platform of the National Institute for Space Research (INPE). The results indicate the predominance of pasture in deforested areas, highlighting the consolidation of extensive cattle ranching as a driver of

<sup>1</sup>Geógrafo, Universidade Federal de Goiás - UFG, Email: edesiojr@discente.ufg.br

<sup>2</sup>Doutoranda, Universidade Federal de Goiás - UFG, Email: anapaulam@discente.ufg.br

<sup>3</sup>TÍTULO, Universidade Federal de Goiás - UFG, Email: elaine\_silva@ufg.br

land use. The analyses show the superiority of Random Forest in environments with high spectral heterogeneity. The study provides input for environmental monitoring and public policies aimed at the conservation of the Cerrado biome.

**KEYWORDS:** Cerrado; deforestation; Google Earth Engine; machine learning.

## TRANSFORMACIONES EN EL USO DEL SUELO EN ÁREAS DEFORESTADAS DEL CERRADO DEL NORESTE DE GOIÁS: UN ANÁLISIS CON APRENDIZAJE AUTOMÁTICO EN GOOGLE EARTH ENGINE.

### RESUMEN:

La expansión de la frontera agrícola en el noreste de Goiás ha provocado transformaciones significativas en el paisaje y presiones sobre territorios tradicionalmente preservados, como las comunidades quilombolas y las unidades de conservación. Este estudio analizó áreas deforestadas en 2016 y clasificó los usos consolidados de la tierra en los años 2017 y 2023, utilizando algoritmos de aprendizaje automático en la plataforma Google Earth Engine. Se utilizaron los clasificadores Random Forest, SVM y CART, aplicados a imágenes Sentinel-2 y datos de la Plataforma TerraBrasilis, del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). Los resultados apuntan a la predominancia del pastizal en las áreas deforestadas, evidenciando la consolidación de la ganadería extensiva como vector de uso del suelo. Los análisis indican la superioridad del Random Forest en entornos con alta heterogeneidad espectral. El estudio ofrece insumos para el monitoreo ambiental y políticas públicas orientadas a la conservación del Cerrado.

**Palabras clave:** Cerrado; deforestación; Google Earth Engine; aprendizaje automático.

### INTRODUÇÃO

O Nordeste Goiano é uma região marcada por uma diversidade de territórios, onde coexistem unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável, terras indígenas, comunidades quilombolas e assentamentos de pequenos agricultores. Historicamente preservada devido a fatores naturais como o relevo acidentado e a presença de rochas ígneas e metamórficas que dificultam a mecanização agrícola (Almeida, 2010), essa região tem sido, nas últimas décadas, alvo de transformações significativas em sua paisagem e dinâmica territorial.

O avanço da fronteira agrícola, impulsionado por políticas públicas de incentivo à modernização do campo, como o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO) e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o

Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER), ampliou a inserção do território nas lógicas produtivas do agronegócio, promovendo profundas alterações na cobertura vegetal e no modo de vida de populações locais (Silva et. al., 2013).

As dinâmicas socioambientais da região são influenciadas tanto por fatores globais, como a demanda internacional por commodities, quanto por processos locais de territorialização, que segundo Porto-Gonçalves (2006), configuram um espaço de disputa entre diferentes agentes sociais e econômicos. Moreira (2011) reforça essa perspectiva ao destacar que as transformações territoriais devem ser compreendidas a partir de uma abordagem crítica da geografia, considerando os conflitos de interesse que permeiam o uso e a apropriação da terra.

Nesse contexto, o uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto e os algoritmos de aprendizado de máquina, tornou-se essencial para o monitoramento das mudanças no uso e cobertura da terra. Dentre essas tecnologias, destaca-se a plataforma Google Earth Engine (GEE), que permite o processamento de imagens orbitais de forma integrada, facilitando análises multitemporais em larga escala.

Para esta análise, a utilização de dados confiáveis é essencial. Nesse contexto, destacam-se os polígonos de desmatamento disponibilizados pela plataforma TerraBrasilis, desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Essa plataforma fornece dados geográficos oficiais gerados pelos projetos de monitoramento da vegetação nativa, como o Projeto de Monitoramento do Desmatamento por Satélite (PRODES) e o sistema de alerta de desmatamento e degradação ambiental (DETER), ambos voltados ao suporte para fiscalização e controle do desmatamento (INPE, 2024).

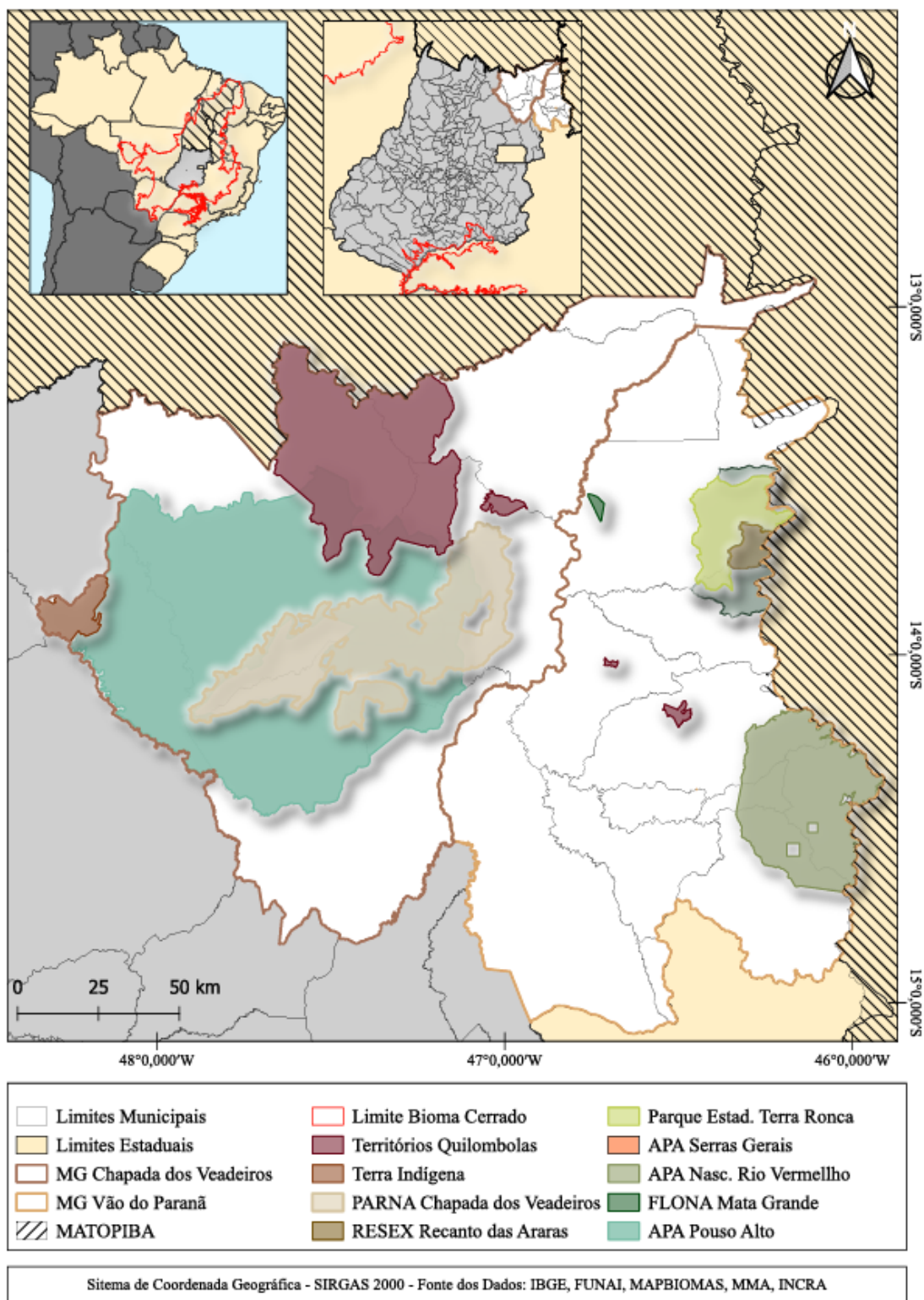
Destaca-se também a Plataforma de Alerta de Desmatamento da Rede MapBiomas, que refina os dados de diversas iniciativas e os disponibiliza gratuitamente, configurando-se como uma ferramenta eficaz para o monitoramento do desmatamento e apoio às ações de fiscalização (MapBiomas, 2025). Esses dados foram fundamentais para a realização das análises apresentadas neste estudo.

Este artigo tem como objetivo analisar e classificar os usos da terra consolidados nas áreas desmatadas do Nordeste Goiano, com base no ano de 2016 e comparações nos anos de 2017 e 2023, por meio da aplicação dos algoritmos *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM) e *Classification and Regression Trees* (CART), com imagens Sentinel-2 processadas na plataforma GEE. Tradicionalmente, algumas áreas do Cerrado são inicialmente ocupadas por pastagens como estratégia de demarcação e uso do território, para posteriormente serem convertidas em áreas de produção de commodities agrícolas (Silva et al., 2013). Compreender essas dinâmicas de uso e cobertura da terra é fundamental, especialmente por se tratar de uma das regiões mais preservadas do Cerrado goiano.

### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O recorte espacial deste estudo abrange os 22 municípios que compõem o Nordeste Goiano, conforme delimitação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), localizado entre as latitudes 12°49'29" S e 14°49'55" S e as longitudes 46°06'42" W e 48°20'49" W, fazendo limite com os estados da Bahia e do Tocantins. Esta região do Cerrado, considerada a savana mais biodiversa do mundo, possui elevada relevância ecológica e sociocultural, sendo caracterizada pela presença de comunidades tradicionais, áreas protegidas e por sofrer intensas pressões relacionadas ao avanço da fronteira agrícola.

**Figura 1: Mapa de Localização da região Nordeste Goiano**



. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Do ponto de vista físico-geográfico, a área inclui duas microrregiões distintas: a Chapada dos Veadeiros, caracterizada por altitudes superiores a 1.000 metros, com chapadas, serras e campos rupestres; e o Vão do Paranã, marcado por depressões intermontanas e vales encaixados. As formações geológicas predominantes pertencem à Bacia Sanfranciscana e às coberturas Proterozóicas, conferindo elevada geodiversidade à região (Moares, 2014).

A vegetação é composta por fitofisionomias diversas, como cerrado típico, veredas, matas secas e matas de galeria. A região abriga importantes Unidades de Conservação, como o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), o Parque Estadual de Terra Ronca e diversas Áreas de Proteção Ambiental (APAs). Destaca-se também a presença de territórios de povos tradicionais, como os Kalunga e os Avá-Canoeiro, cujos modos de vida estão fortemente ligados à manutenção da vegetação nativa e dos recursos hídricos (Almeida, 2010).

Além disso, a proximidade com a fronteira agrícola conhecida como MATOPIBA reforça as pressões sobre o uso da terra, intensificando os conflitos fundiários e ambientais. Esse contexto torna o Nordeste Goiano uma área estratégica para a compreensão das dinâmicas contemporâneas do Cerrado e das disputas territoriais em curso.

## **METODOLOGIA**

A base de dados principal foi composta por 688 polígonos de desmatamento, do ano de 2016, extraídos do sistema PRODES Cerrado, disponível na plataforma TerraBrasilis (INPE). As imagens utilizadas, para o monitoramento, foram provenientes dos meses de julho e agosto dos anos selecionadas para minimizar a presença de nuvens, nos anos de 2016, 2017 e 2023, utilizando imagens do satélite Sentinel-2.

O sensor MultiSpectral Instrument (MSI), embarcado no Sentinel-2, oferece 13 bandas espectrais, com resoluções espaciais de 10 m, 20 m e 60 m, possibilitando o monitoramento detalhado das mudanças na cobertura vegetal e do uso da terra. A escolha do ano de 2016 como referência principal deve-se à disponibilidade de imagens de alta qualidade e à possibilidade de acompanhar a consolidação dos usos da terra ao longo do tempo, dado que o Sentinel-2 iniciou operações regulares a partir de 2015. Para melhor capturar os efeitos diretos e indiretos do



desmatamento, foi delimitado um buffer de 500 metros ao redor de cada polígono de desmatamento.

Foram coletadas amostras de treinamento para cinco classes temáticas: pastagem (852 amostras), vegetação nativa (293 amostras), áreas urbanas (61 amostras), agricultura (46 amostras) e corpos d'água (6 amostras). A distribuição dessas amostras buscou refletir a predominância e a variabilidade espectral das classes observadas no terreno. A quantidade reduzida de amostras de corpos d'água justifica-se pela sua menor representatividade nos polígonos analisados.

Na quarta e última etapa, foram aplicados três algoritmos de classificação supervisionada: *Random Forest* (RF), *Classification and Regression Trees* (CART) e *Support Vector Machine* (SVM). A escolha desses modelos deve-se à sua ampla utilização em estudos similares, especialmente em áreas de bioma Cerrado e com dados multiespectrais (Khatami et al., 2016; Sheldon et al., 2023).

O algoritmo CART, baseado em árvores de decisão, destaca-se pela simplicidade de implementação e interpretação, porém apresenta limitações na discriminação de classes minoritárias ou em ambientes com elevada heterogeneidade espectral, além de ser suscetível ao overfitting (Meneses; Almeida, 2012; Estrabis et. al., 2019).

O Random Forest, por sua vez, é um método de aprendizado ensemble, que combina múltiplas árvores de decisão. Sua principal vantagem reside na capacidade de reduzir o *overfitting*, aumentando a precisão geral e a robustez frente a ruídos e desequilíbrios amostrais (Mendonça; Diniz, 2018; Cho et al., 2021).

O SVM, classificador baseado na maximização de margens, é particularmente eficiente em conjuntos de dados com alta dimensionalidade e classes bem separáveis. No entanto, sua performance pode ser afetada por desequilíbrios entre as classes e pela presença de ruído (Oliveira; Saboya, 2014; Sheldon et al., 2023).

A aplicação de técnicas de aprendizado de máquina (*machine learning*) representa um avanço metodológico relevante na área de sensoriamento remoto, permitindo a identificação de

padrões complexos em grandes volumes de dados. Contudo, um dos principais desafios associados a essas técnicas é o risco de *overfitting*, quando o modelo se ajusta de forma excessiva aos dados de treinamento, prejudicando sua capacidade de generalização (Domingos, 2012).

A validação dos modelos foi realizada por meio da análise visual das classificações e da comparação entre os resultados obtidos pelos diferentes algoritmos, com base em estudos anteriores (Khatami et al., 2016; Sheldon et al., 2023).

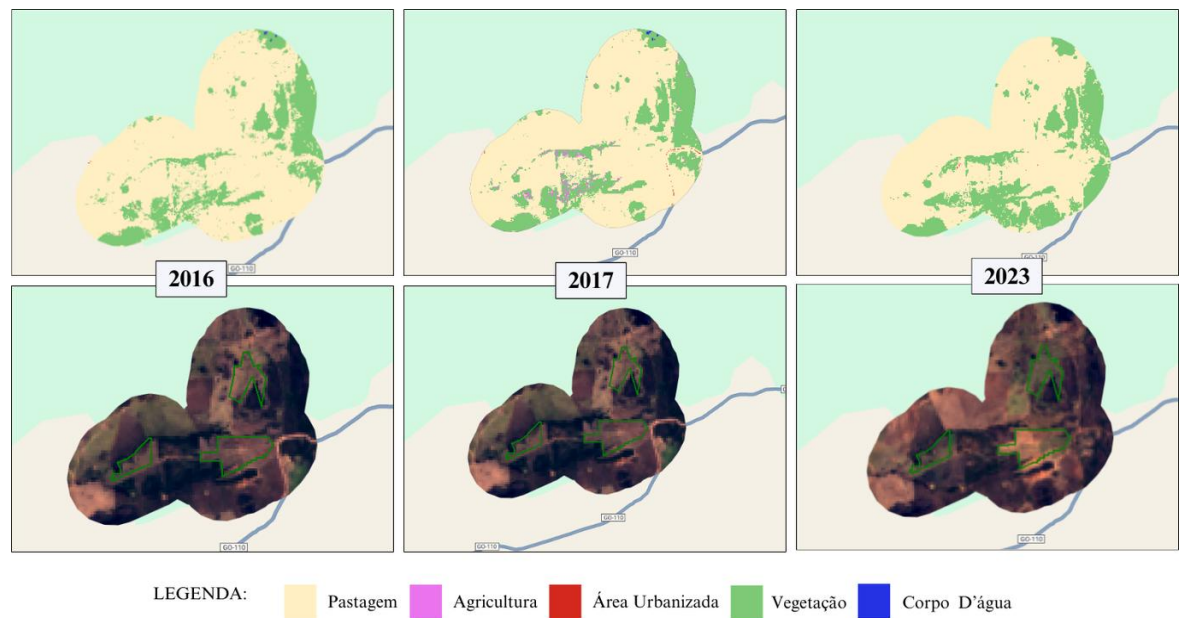
## RESULTADOS

A classificação das áreas desmatadas indicou a predominância da classe pastagem em todos os anos analisados (2016, 2017 e 2023), evidenciando a consolidação da pecuária extensiva como uso predominante da terra. O algoritmo Random Forest apresentou o melhor desempenho geral, com clareza na distinção entre classes e menor incidência de erros de confusão espectral.

As classificações com o Random Forest demonstraram consistência espacial, com destaque para a definição de áreas consolidadas de pastagem e remanescentes de vegetação nativa. Observou-se leve crescimento da classe pastagem ao longo dos anos, acompanhada por uma pequena redução das áreas com vegetação.



**Figura 2: Amostra de classificação do Random Forest.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

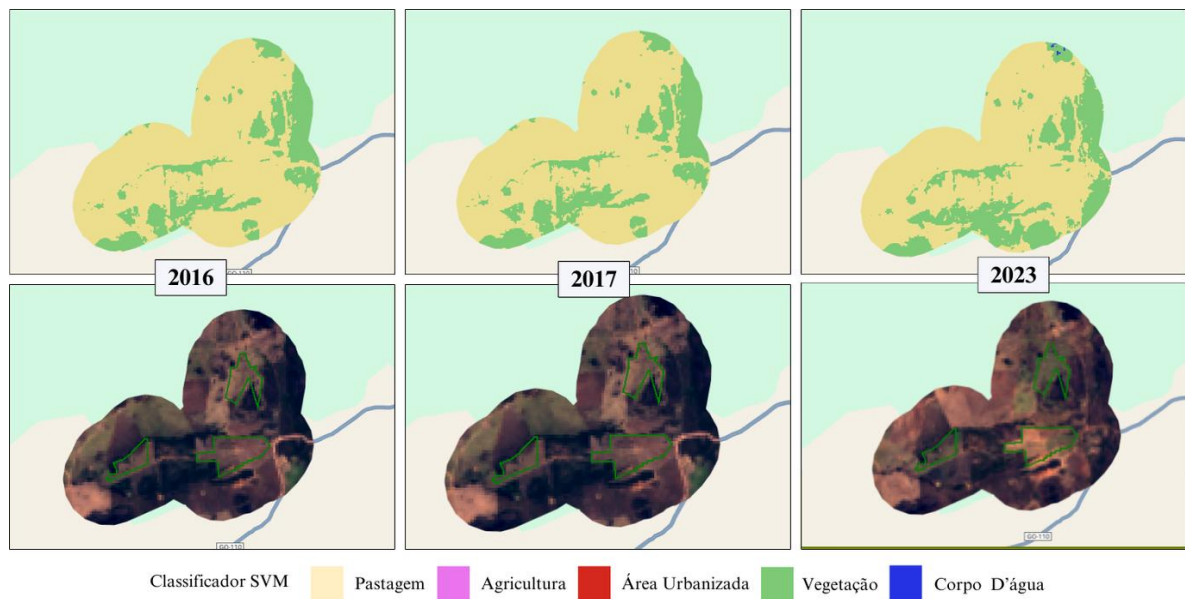
**Tabela 1: Resultado da classificação Random Forest.**

Classes	2016	2017	2023
Pastagem	87,27%	86,65%	88,85%
Agricultura	2,03%	2,35%	0,10%
Urbano	1,11%	1,86%	2,56%
Vegetação	9,53%	9,09%	8,47%
Água	0,05%	0,06%	0,01%

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O algoritmo SVM, embora tenha apresentado bom desempenho na separação entre pastagem e vegetação, mostrou maior sensibilidade a ruídos espectrais. Foram identificadas classificações incorretas em áreas com vegetação densa, que foram atribuídas a corpos d'água ou agricultura.

Figura 3: Amostra de classificação do SVM.



Fonte: elaborado pelo autores, 2025.

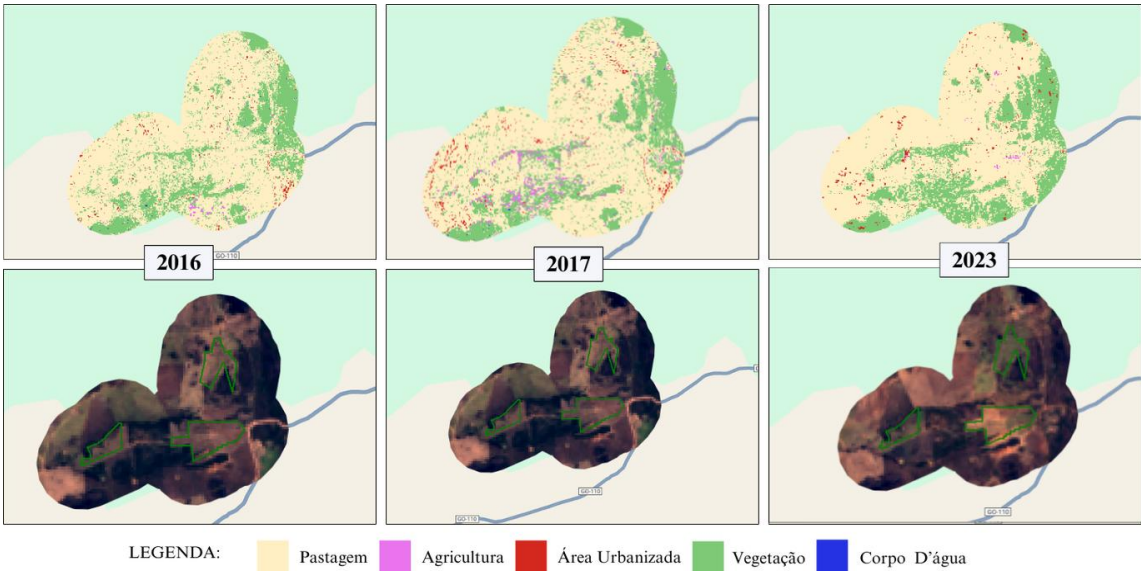
Tabela 2: Resultado da classificação SVM.

Classes	2016	2017	2023
Pastagem	90,20%	89,12%	89,72%
Agricultura	0,00%	0,00%	0,04%
Urbano	0,00%	0,01%	0,11%
Vegetação	9,75%	10,82%	10,12%
Água	0,05%	0,05%	0,01%

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

O classificador CART apresentou os maiores índices de fragmentação entre as classes, sendo o menos eficaz na discriminação entre áreas urbanizadas e agrícolas, sobretudo em zonas com mosaico de vegetação e uso antrópico.

Figura 4: Amostra de classificação do Cart.



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Tabela 3: Resultado da classificação Cart

Classes	2016	2017	2023
Urbano	3,78%	5,03%	6,75%
Vegetação	15,80%	16,03%	10,87%
Água	0,06%	0,06%	0,01%
Pastagem	76,90%	76,09%	82,18%
Agricultura	3,45%	2,78%	0,18%

Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Os três algoritmos demonstraram desempenhos variáveis, com o RF e SVM se destacando como os mais adequados para a área estudada. O CART apesar de simples, apresentou limitações significativas, especialmente em classes minoritárias e transicionais.

Estudos como o de Estrabis et. al., (2019) destacaram a importância de escolher algoritmos robustos para áreas como o Cerrado, dada a complexidade espectral e a heterogeneidade do uso da terra e fitofisionomia diferentes. Da mesma forma, Cho et al. (2021) evidenciam a superioridade do Random Forest em cenários com alta variabilidade. Por outro lado, o desempenho consistente do SVM corrobora com os resultados de Sheldon et al. (2023), que demonstram sua eficácia em cenários de baixa confundibilidade espectral.

No entanto, a classificação supervisionada corroborou com o que defende Ribeiro et al. (2019), onde argumentam que a dinâmica do desmatamento na região nordeste de Goiás reflete o avanço da fronteira agrícola no Cerrado, particularmente em direção à porção norte do bioma. A classificação supervisionada confirmou que a principal atividade nas áreas desmatadas é a pecuária extensiva de baixa tecnologia.

## **DISCUSSÕES**

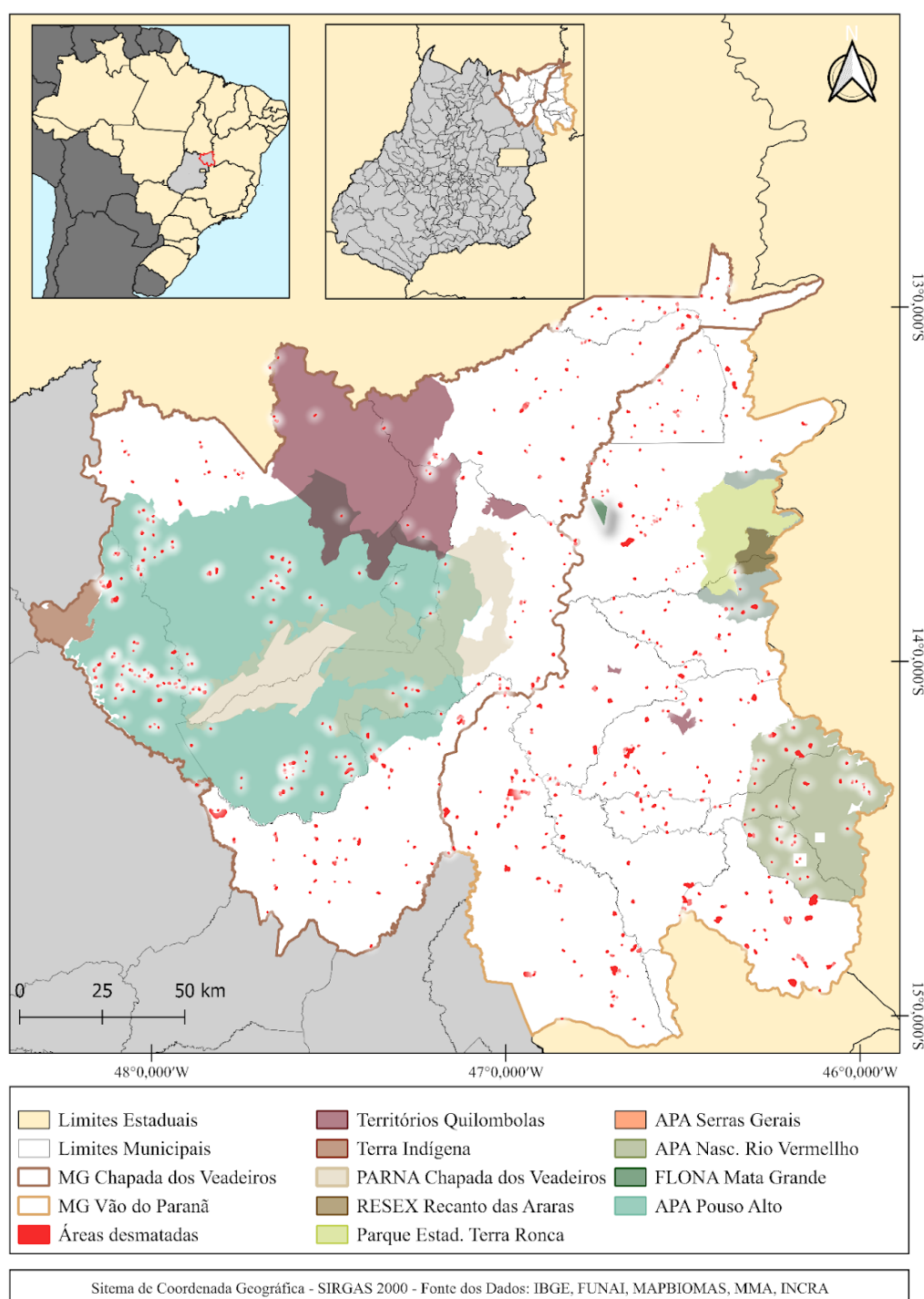
Quando as áreas desmatadas no período de 2016, são especializadas (Figura 3), revelam-se concentradas, sobretudo, nas áreas e territórios protegidos. Segundo os dados de perda de cobertura vegetal nativa, gerados pelo MapBiomas, 60,17% da vegetação nativa de Goiás foi suprimida até 2017. Sendo substituída por usos antrópicos, como pastagem, agricultura, infraestrutura urbana, plantação florestal ou mineração, o que equivale a mais de 204 mil km<sup>2</sup> (Ribeiro et al, 2019).

Por outro lado, na Terra Indígena Avá-Canoeiro, localizada no município de Colinas do Sul, não foram detectadas áreas de supressão da vegetação no período analisado. Entretanto, observa-se uma acentuada presença de desmatamento nas áreas adjacentes ao território indígena, evidenciando o papel crítico dessas comunidades na conservação ambiental. Esse resultado corrobora estudos que reforçam que territórios indígenas estão entre os mais preservados do Brasil, dado o caráter sagrado e cultural que esses povos atribuem ao território (Silva; Chaveiro, 2015; Sano et al., 2008).

As áreas desmatadas, em sua maioria, converteram-se em pastagem extensiva. Essa transformação, identificada nas três classificações supervisionadas, confirma a centralidade da pecuária como vetor do uso da terra, com pastagens representando mais de 85% da cobertura em todos os anos analisados.

O desmatamento próximo e, por vezes, dentro de unidades de conservação, como o PNCV e a APA Pouso Alto, evidencia fragilidades na fiscalização e a força dos interesses econômicos. A lógica da expansão do agronegócio — apoiada por políticas públicas desde o POLOCENTRO e o PRODECER — ampliou a especulação fundiária e os conflitos territoriais no Cerrado (PORTO-GONÇALVES, 2006; GOMES, 2007). Quanto à presença de vegetação remanescente dentro dos polígonos desmatados (cerca de 10%) não representa regeneração, mas sim fragmentos preservados.

**Figura 5: Espacialização das áreas desmatadas no ano de 2016.**



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.



A ausência de validação em campo pode limitar a precisão das classificações, como alertam Domingos (2012) e Sheldon et al. (2023), sendo necessário considerar as ambiguidades espectrais decorrentes da heterogeneidade das fitofisionomias do Cerrado. No entanto, essas limitações vêm sendo progressivamente reduzidas pelo uso de algoritmos avançados, aliado ao emprego de imagens de alta resolução e à experiência em interpretação visual. Nesta pesquisa, a combinação desses elementos foi utilizada para aprimorar a acurácia das classificações e a confiabilidade dos resultados obtidos.

O Cerrado, descrito por Chaveiro (2020) como “Cerrados”, no plural, é uma abordagem que enfatiza a pluralidade e a complexidade desse bioma. Essa perspectiva reflete a heterogeneidade não apenas ecológica, mas também cultural e social que compõem a região. Chaveiro (2020) destaca que o Cerrado não é uma entidade homogênea, mas um mosaico de paisagens, culturas, territorialidades e dinâmicas socioeconômicas, o que o torna um bioma singular no contexto brasileiro.

Essa concepção reconhece as múltiplas formas de ocupação e uso do território que coexistem no bioma. Abrangendo desde áreas preservadas e protegidas, como parques nacionais e estaduais, além de terras indígenas, até regiões intensamente exploradas pelo agronegócio e pela mineração. Além disso, o termo “Cerrados” ressalta as distintas formas de interação das populações humanas com o território, desde os povos indígenas e comunidades quilombolas que praticam atividades sustentáveis de autoconsumo, até os grandes produtores rurais que transformaram o bioma em uma das principais áreas de produção de commodities agrícolas do mundo.

Os interesses econômicos globais têm hegemonizado certas áreas, marginalizando outras e exacerbando desigualdades sociais. O desenvolvimento baseado na expansão do agronegócio muitas vezes ignora a sustentabilidade ambiental e a justiça social, resultando na expropriação de terras de camponeses, degradação ambiental e aumento da pobreza. A inserção da região no processo de modernização e a adaptação ao agronegócio geram tensões entre os “tradicionalistas”, que buscam conservar seus territórios e modos de vida, e os

“modernizadores”, que propõem o desenvolvimento da região por meio do turismo e da exploração econômica dos recursos naturais (Ribeiro et al., 2020).

A região Nordeste Goiano é, como destacado por Arrais (2013), uma área marcada pela precariedade das políticas públicas e pela ausência de infraestrutura que possibilite a sua plena inserção no circuito produtivo moderno. O autor caracteriza o Nordeste Goiano como uma "região do esperar", onde, apesar de sua importância estratégica no bioma Cerrado e de seus recursos naturais, a área não foi contemplada com investimentos substanciais nas últimas décadas, o que a posiciona como uma espécie de reserva de terra.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos confirmam a consolidação da pastagem como uso predominante nas áreas desmatadas do Nordeste Goiano, evidenciando o avanço do modelo de desenvolvimento agroexportador na região e seus impactos sobre a biodiversidade e os modos de vida das populações tradicionais. O estudo atingiu seu objetivo ao demonstrar que a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina, especialmente o *Random Forest*, no Google Earth Engine é uma ferramenta eficaz para o monitoramento multitemporal do uso da terra no Cerrado, superando em desempenho os algoritmos SVM e CART utilizados neste trabalho.

Apesar dos avanços metodológicos, ressalta-se a necessidade de incorporar dados de validação em campo e integrar novas fontes de dados, como imagens SAR, para aprimorar a precisão das classificações. Para enfrentar os desafios identificados, é fundamental ampliar o uso de tecnologias de monitoramento, fortalecer a fiscalização ambiental e promover políticas públicas voltadas à justiça territorial.

Destaca-se, ainda, a importância de ações intersetoriais que articulem a regularização fundiária de territórios tradicionais, o incentivo à agroecologia, a educação ambiental e a participação social. O Cerrado, como bioma estratégico para a sustentabilidade brasileira, requer políticas firmemente comprometidas com a conservação da sociobiodiversidade e o respeito aos modos de vida que a sustentam, garantindo sua proteção diante das pressões crescentes sobre seus territórios

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. G. **Territórios de quilombolas: pelos vãos e serras dos Kalunga de Goiás – patrimônio e biodiversidade de sujeitos do Cerrado**. Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 4, n. 1, p. 36-63, 2010.

ARRAIS, T. A. **A produção do território goiano: economia, urbanização, metropolização**. Goiânia: Editora UFG, 2013.

CHAVEIRO, E. F. **Geografias do Cerrado: territórios, conflitos e saberes**. Goiânia: Editora UFG, 2020.

CHO, David Fernando et al. **Desempenho do algoritmo de classificação de imagens Random Forest para mapeamento do uso e cobertura do solo no Cerrado brasileiro**. Revista Brasileira de Cartografia, 2021.

DA SILVA, Lorrane Gomes; CHAVEIRO, Eguimar Felício. **Avá-Canoeiro: no contexto do Cerrado do Norte Goiano**. Ateliê Geográfico, v. 5, n. 2, p. 36-63, 2015.

DOMINGOS, P. **A few useful things to know about machine learning**. Communications of the ACM, v. 55, n. 10, p. 78-87, 2012.

ESTRABIS, J. M.; MARCATO JUNIOR, J.; PISTORI, H. **Avaliação de classificadores para o mapeamento da vegetação nativa no Cerrado**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 71, n. 3, p. 699–712, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.ufcg.edu.br/rbc/index.php/rbc/article/view/1872>. Acesso em: 23 jun. 2025.

ESTRABIS, N. V.; MARCATO JUNIOR, J.; PISTORI, H. **Mapeamento da vegetação nativa do Cerrado na região de Três Lagoas-MS com o Google Earth Engine**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 71, p. 702–725, 2019. Disponível em:

<https://www.revistas.ufcg.edu.br/rbc/index.php/rbc/article/view/1894>. Acesso em: 23 jun. 2025.

GOMES, Horieste. Abordagens Geográficas do Cerrado: paisagens e diversidade: Geographic Approaches of the Cerrado: landscapes and diversity. **Élisée-Revista de Geografia da UEG**, v. 9, n. 2, p. e922010-e922010, 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 nov. 2024.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Sobre TerraBrasilis**. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br>. Acesso em: 27 nov. 2024.

KHATAMI, R. et al. **A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land cover classification**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 114, p. 122-135, 2016.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento no Brasil – RAD 2022**. São Paulo: MapBiomass, 2023. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento no Brasil – RAD 2024**. São Paulo: MapBiomass, 2025. Disponível em: [https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2025/05/RAD2024\\_15.05.pdf](https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2025/05/RAD2024_15.05.pdf). Acesso em: 3 jul. 2025.

MENDONÇA, J. L. G.; DINIZ, C. G. **Análise comparativa de classificadores de uso e cobertura da terra no Cerrado**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, n. 5, p. 1593-1610, 2018.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Análise de dados de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. 2. ed. Brasília: UnB, 2012.

MORAES, Juliana Maceira. **Geodiversidade do estado de Goiás e do Distrito Federal**. Brasília: UnB, 2014.

MOREIRA, R. **O lugar e a produção do espaço: temas e proposições da Geografia Crítica Brasileira**. São Paulo: Contexto, 2011.

OLIVEIRA, G.; SABOYA, L. **Aplicação de máquinas de vetores de suporte em imagens de sensoriamento remoto**. Revista Brasileira de Geomática, v. 2, n. 1, p. 17-28, 2014.

GONÇALVES, Carlos Walter Porto. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. Editora Record, 2006.

RIBEIRO, Helen de Fátima; FARIA, Karla Maria Silva; CEZARE, Cássio Henrique Giusti. **Dinâmica espaço-temporal do desmatamento nos Territórios da Cidadania no nordeste goiano**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 3, p. 1180–1196, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/241187>. Acesso em: 23 jun. 2025.

SANO, S. M. et al. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

SHELDON, A. L. et al. **Evaluation of machine learning algorithms for land cover classification in heterogeneous tropical environments**. Remote Sensing Applications: Society and Environment, v. 30, p. 100870, 2023.

SILVA, Elaine Barbosa da. **A dinâmica socioespacial e as mudanças na cobertura e uso da terra no bioma Cerrado**. 2013. 148 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.