
MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS TRANSFORMAÇÕES DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM GRAJAÚ (MA) A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Bruno Araujo **CORRÊA**

Doutorando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras – UFLA. Docente substituído pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - IFPI

E-mail: brunoaraujo.c@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0418-9261>

*Recebido
Janeiro/2026*

*Aceito
Junho/2026*

*Publicado
Junho/2026*

Resumo: As mudanças no uso e cobertura da terra têm-se intensificado nas últimas décadas, especialmente nos países em desenvolvimento. Grajaú (MA) tem observado intensas transformações associadas ao crescimento do agronegócio. Situado na região do MATOPIBA e inserido no bioma Cerrado, o município apresenta forte expansão das atividades agropecuárias sobre áreas de vegetação nativa. Este estudo teve como objetivo analisar as mudanças espaciais e temporais da cobertura da terra entre os anos de 2000 e 2024, utilizando dados de sensoriamento remoto provenientes das plataformas PRODES e MapBiomas. Os dados foram extraídos por meio do Google Earth Engine, processados em ambiente SIG no software QGIS e analisados a partir de técnicas de classificação e quantificação espacial das classes de uso e cobertura da terra. Os resultados demonstraram redução de 1.809,71 km² de cobertura florestal, correspondendo a uma perda de 24% da vegetação nativa no período analisado. Em contrapartida, as áreas relacionadas à agropecuária expandiram-se de 863,7 km² para 2.116,06 km², representando um aumento de 145%. Também foi observada redução das superfícies de corpos d'água, que passaram de 3,64 km² para 2,89 km², além do aumento das áreas não vegetadas, de 20,24 km² para 39,55 km², indicando expansão urbana e de infraestrutura. O estudo demonstra a importância do sensoriamento remoto na aquisição, processamento e análise de grandes volumes de dados espaciais, contribuindo para o

monitoramento ambiental e para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à conservação ambiental e ao planejamento territorial sustentável.

Palavras-chave: Cerrado; agronegócio; conflito; MATOPIBA; antrópica.

MAPPING AND ANALYSIS OF LAND USE AND LAND COVER CHANGES IN GRAJAÚ (MA) USING REMOTE SENSING DAT

Abstract: Changes in land use and land cover have intensified in recent decades, especially in developing countries. Grajaú (MA) has experienced intense transformations associated with the growth of agribusiness. Located in the MATOPIBA region and within the Cerrado biome, the municipality shows strong expansion of agricultural activities over areas of native vegetation. This study aimed to analyze the spatial and temporal changes in land cover between 2000 and 2024, using remote sensing data from the PRODES and MapBiomas platforms. The data were extracted using Google Earth Engine, processed in a GIS environment using QGIS software, and analyzed using spatial classification and quantification techniques for land use and land cover classes. The results showed a reduction of 1,809.71 km² of forest cover, corresponding to a 24% loss of native vegetation during the analyzed period. Conversely, areas related to agriculture expanded from 863.7 km² to 2,116.06 km², representing an increase of 145%. A reduction in water body surfaces was also observed, decreasing from 3.64 km² to 2.89 km², in addition to an increase in non-vegetated areas, from 20.24 km² to 39.55 km², indicating urban and infrastructure expansion. The study demonstrates the importance of remote sensing in the acquisition, processing, and analysis of large volumes of spatial data, contributing to environmental monitoring and the development of public policies aimed at environmental conservation and sustainable territorial planning.

Keywords: Cerrado; agribusiness; conflict; MATOPIBA; anthropogenic.

MAPEO Y ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS EN EL USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO EN GRAJAÚ (MA) A PARTIR DE DATOS DE TELEDETECCIÓN

Resumen: Los cambios en el uso y la cobertura del suelo se han intensificado en las últimas décadas, especialmente en los países en desarrollo. Grajaú (MA) ha experimentado intensas transformaciones asociadas al crecimiento de la agroindustria. Ubicado en la región MATOPIBA y dentro del bioma Cerrado, el municipio muestra una fuerte expansión de las actividades agrícolas sobre áreas de vegetación nativa. Este estudio tuvo como objetivo analizar los cambios espaciales y temporales en la cobertura del suelo entre 2000 y 2024, utilizando datos de teledetección de las plataformas PRODES y MapBiomas. Los datos se extrajeron con Google Earth Engine, se procesaron en un entorno SIG con el software QGIS y se analizaron mediante técnicas de clasificación y cuantificación espacial para las clases de uso y cobertura del suelo. Los resultados mostraron una reducción de 1,809.71 km² de cobertura forestal, lo que corresponde a una pérdida del 24% de vegetación nativa durante el período analizado. Por el contrario, las áreas relacionadas con la agricultura se expandieron de 863.7 km² a 2,116.06 km², lo que representa un incremento del 145%. También se observó una reducción en la superficie de cuerpos de agua, que disminuyó de 3,64 km² a 2,89 km², además de un aumento en las áreas sin vegetación, de 20,24 km² a 39,55 km², lo que indica expansión urbana y de infraestructura. El estudio demuestra la importancia de la teledetección en la adquisición, el procesamiento y el análisis de grandes volúmenes de datos

espaciales, contribuyendo al monitoreo ambiental y al desarrollo de políticas públicas orientadas a la conservación del medio ambiente y la planificación territorial sostenible.

Palabras clave: Cerrado; agronegocios; conflicto; MATOPIBA; antropogénico.

INTRODUÇÃO

As mudanças no uso e ocupação da terra tornaram-se cada vez mais evidentes, especialmente devido ao uso da tecnologia de sensoriamento remoto, aliado aos avanços na área de inteligência artificial (Ghilzai *et al.*, 2025). Esses recursos consolidaram-se como uma importante base de dados, permitindo uma análise precisa e detalhada das alterações no espaço natural provocadas pelas ações antrópicas. Por meio do monitoramento remoto, é possível identificar padrões de desmatamento, expansão agrícola, urbanização e outras mudanças que impactam a paisagem e a biodiversidade de uma determinada região (Bakhronova *et al.*, 2024). Esse tipo de análise fornece subsídios fundamentais para a gestão ambiental e para o desenvolvimento de políticas de conservação. Ela possibilita compreender melhor a extensão e a intensidade das intervenções humanas sobre os ecossistemas naturais, conforme Obando, Luwesi, Akimbi (2024) e Afuye *et al.* (2024).

O termo "uso e cobertura da terra" tem sido utilizado principalmente nas ciências ambientais para diferenciar as paisagens naturais das atividades antrópicas nelas presentes. De acordo com Atr e Berberolu (2012) e Niemi, Jonson e Howe (2014), a cobertura da terra inclui todos os elementos biofísicos na superfície, como vegetação, água e solo. Por outro lado, o uso da terra refere-se às atividades humanas voltadas a fins econômicos e sociais. Tal distinção é fundamental para as análises desses territórios, pois permite entender quais são os principais impactos que as ações antrópicas causam nos ecossistemas.

Alterações na paisagem, como incêndios florestais, deslizamentos de terra, desflorestamento e outras mudanças na cobertura e no uso do solo, estão entre as principais transformações monitoradas por meio do sensoriamento remoto. Essas mudanças são destacadas em estudos de Ma (2024) e Zhu, Qiu e Ye (2022). As modificações no uso e na ocupação do solo são fatores significativos na promoção das mudanças climáticas, especialmente pela liberação de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. A análise de imagens de satélite permite observar a extensão e a frequência dessas alterações, auxiliando na compreensão do impacto das atividades

humanas sobre o meio ambiente. Além disso, contribui para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação climática (Xu *et al.*), 2023).

O cerrado maranhense tem passado por importantes mudanças ao longo das últimas décadas. Tais alterações são promovidas principalmente por ações antrópicas ligadas ao desenvolvimento do agronegócio (Oliveira, Raposo e Garcia, 2024). O surgimento de monoculturas voltadas para o plantio em larga escala de soja e milho, além da criação de pastagens, é a mudança mais visível na paisagem (Araújo *et al.*, 2019). Essa região, em especial, é considerada a última fronteira agrícola do Brasil, denominada MATOPIBA, que abrange os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Favareto *et al.*, 2019).

Esse bioma é reconhecido internacionalmente como um dos maiores hotspots de biodiversidade do planeta, sendo o lar de inúmeras espécies endêmicas e atuando no sequestro de carbono (Terra *et al.*, 2023; Silva; Lacher, 2020). Essa região também é responsável pelas principais bacias hidrográficas do Brasil, que abastecem áreas de vasta produção agrícola.

O Maranhão é o terceiro estado com maior área desmatada no bioma Cerrado, totalizando 48.523,41 km², atrás de Tocantins (50.528,33 km²) e Goiás (49.033,38 km²) (INPE, 2024). (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2024). Entretanto, em termos proporcionais à área de Cerrado que cobre cada estado, o Maranhão apresenta a maior intensidade relativa de desmatamento, com cerca de 22,9% do bioma já suprimidos; Tocantins e Goiás tiveram perdas de 20,0% e 14,9%, respectivamente. No Maranhão, o município de Grajaú possui 91% do seu território no bioma Cerrado e 9% na Amazônia. Segundo dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES), Grajaú ocupa a nona posição entre os municípios que mais desmatam o Cerrado, totalizando 2.569,49 km² de área desmatada.

Entre 2001 e 2023, os anos de 2007 e 2008 registraram as maiores taxas de desmatamento, totalizando aproximadamente 415,8 km² (INPE, 2024). Esse desmatamento é, em grande parte, impulsionado pela expansão do agronegócio sobre áreas de vegetação nativa. A região também enfrenta diversos conflitos fundiários, envolvendo povos indígenas, cujos territórios e modos de vida são afetados, e populações de agricultores familiares, que sofrem pressão de grandes proprietários rurais.

As mudanças na paisagem natural do município de Grajaú vão muito além da supressão da vegetação nativa; envolvem também as dimensões socioeconômicas e culturais da região. A

ampliação do agronegócio tem promovido o surgimento de conflitos entre grandes latifundiários, pequenos agricultores e povos originários, todos em busca de recursos, como a posse da terra para cultivo. Esses conflitos elevam as tensões e refletem um dos principais desafios da reforma agrária e da demarcação de terras indígenas. Nesse cenário, torna-se essencial promover a conservação ambiental e a justiça socioambiental em defesa do desenvolvimento sustentável (Barbosa, Santos e Ferreira, 2015).

O processamento de grandes volumes de dados provenientes do sensoriamento remoto revolucionou a aquisição e a manipulação de dados satelitais. Análises espaciais com imagens de alta resolução espacial e temporal permitem a obtenção de novos dados ambientais sobre uma mesma área. Ferramentas desenvolvidas e disponibilizadas gratuitamente têm se mostrado elementos importantes nas discussões ambientais relacionadas à preservação e conservação. O Google Earth Engine vem democratizando esse acesso, fornecendo uma ampla base de dados, o que possibilita análises de séries históricas, entre outras funcionalidades (Gorelick *et al.*, 2017). Assim, nesse contexto, sistemas como o PRODES e o MapBiomas são referências para estudos científicos e para a concepção de políticas públicas.

O PRODES e o MapBiomas ampliam significativamente o acesso público a dados geoespaciais, fundamentais para decisões informadas sobre o uso e a ocupação da terra. O PRODES disponibiliza, anualmente, dados detalhados sobre o desmatamento, permitindo o monitoramento preciso das áreas afetadas. Já o MapBiomas tem como principal produto a publicação anual de dados sobre uso e ocupação da terra, proporcionando uma visão abrangente das mudanças nos diferentes tipos de cobertura vegetal e nas atividades humanas. Essas bases de dados combinadas oferecem um panorama essencial para políticas de gestão territorial, conservação ambiental e desenvolvimento sustentável.

Assim, em virtude das numerosas mudanças ambientais e sociais na dinâmica do uso e ocupação da terra em Grajaú, é essencial contribuir para as ações de planejamento territorial. Os estudos enriquecem principalmente a base científica sobre o bioma Cerrado. Além disso, fornecem informações cruciais a gestores públicos, à comunidade acadêmica e aos moradores locais. Esses estudos fomentam o engajamento contra os impactos negativos do avanço do agronegócio.

Este estudo tem como objetivo analisar as mudanças espaciais e temporais no uso e na cobertura da terra no município de Grajaú, Maranhão, entre 2000 e 2024. Para isso, utiliza-se o sensoriamento remoto e dados das plataformas PRODES e MapBiomas. Assim, é possível

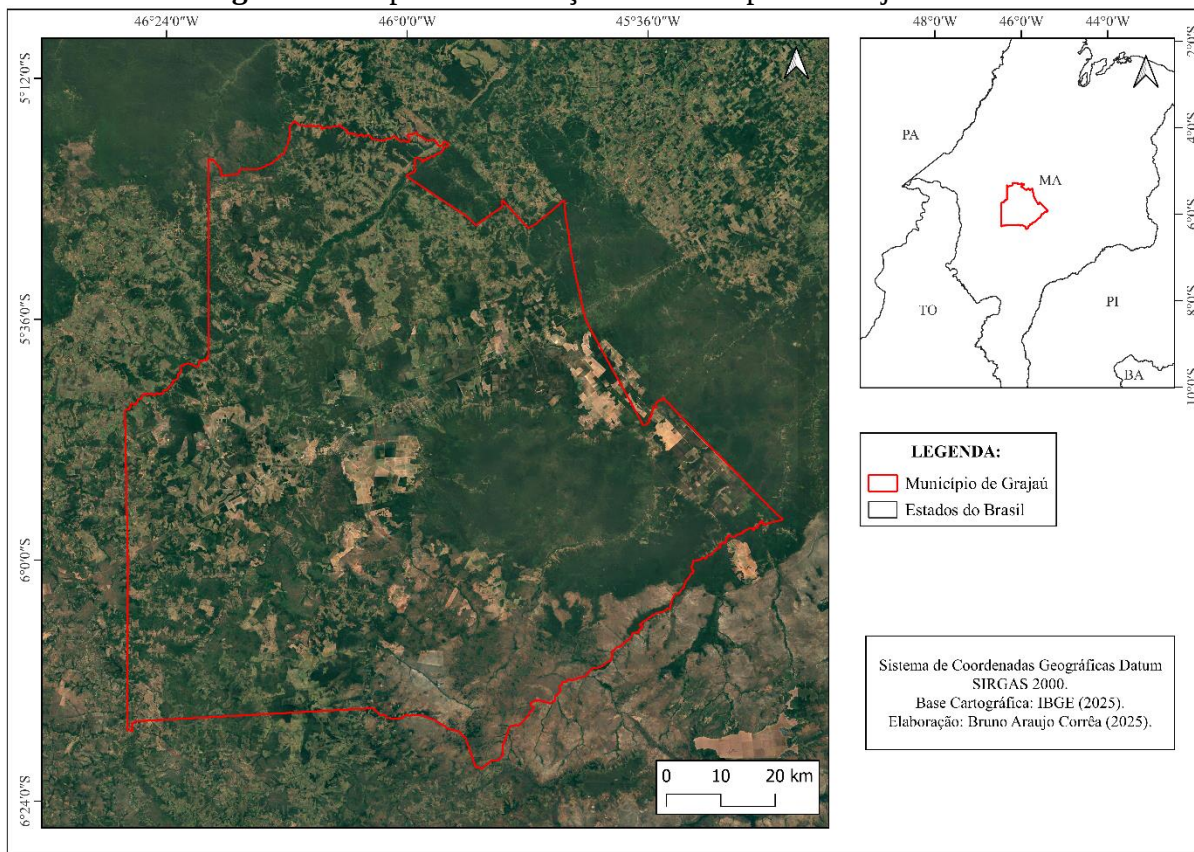
identificar os padrões de transformação da paisagem, especialmente relacionados às atividades agropecuárias na região.

METODOLOGIA

Área de estudo

O município de Grajaú, situado no estado do Maranhão, está localizado na porção central deste (Figura 1). Possui uma área de 8.861,691 km² e uma população de 73.872 mil habitantes em 2022. Apresenta vegetação predominantemente do bioma cerrado e está totalmente inserido na Amazônia Legal. Além disso, possui várias terras indígenas, sendo a Terra Indígena Bacurizinho uma das mais importantes da região. O município é cortado pelos rios Grajaú e Mearim, este último formando uma das mais importantes bacias hidrográficas do estado do Maranhão (IBGE, 2022).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Grajaú – MA



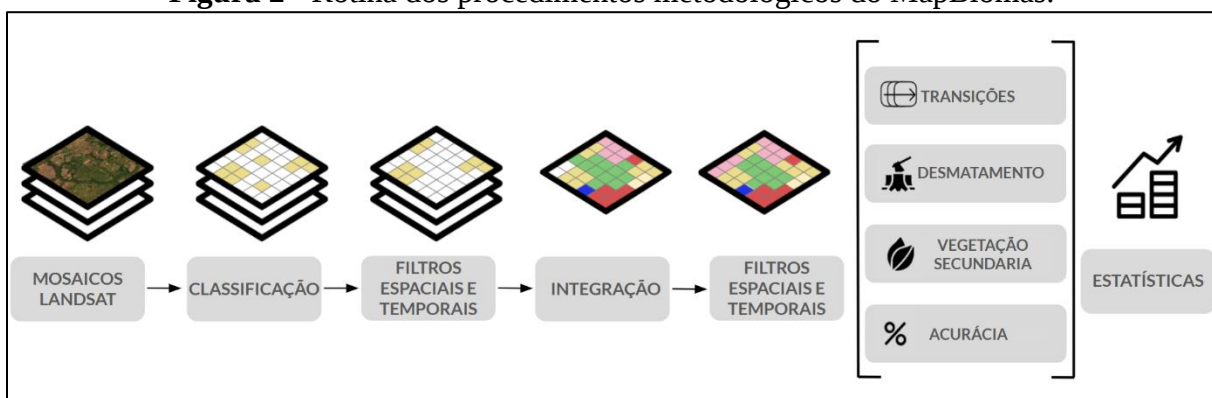
Fonte: IBGE (2025). Organização: O autor (2025). Elaboração: Bruno Araújo (2025).

Aquisição e análise dos dados

Para analisar as mudanças ocorridas no município de Grajaú, foram utilizados dados de desmatamento do Projeto PRODES, disponibilizados gratuitamente pelo INPE por meio da plataforma TerraBrasilis, no período de 2000 a 2024. Esses dados são obtidos no formato vetorial shapefile (.shp) e processados no ambiente SIG pelo software QGIS. Para produzi-los, o PRODES emprega imagens de satélite da série Landsat, com resolução espacial de 30 metros e temporal de 15 dias para a mesma área. Na classificação das áreas de desmatamento, o PRODES utiliza a fotointerpretação manual, o que garante uma acurácia global que varia de 94,3% a 99% (INPE, 2024).

Também foram utilizados dados de uso e cobertura da terra da Coleção 10 do MapBiomass para o período de 2000 a 2024, extraídos por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE) (Figura 2). Para realizar a extração dos dados na plataforma, foram usados os comandos de ImageCollection, filterBounds, clip e Export.image.toDrive; assim, esses dados foram obtidos no formato GeoTIFF. A base de dados do MapBiomass tem uma resolução espacial de 30 metros, obtida a partir da constelação de satélites Landsat. Por possuir um grande volume de dados, essas imagens são processadas em ambiente de nuvem, utilizando algoritmos de aprendizado de máquina (machine learning), especialmente o classificador Random Forest. Esses dados foram agrupados nas seguintes classes: Floresta, Vegetação Herbácea e Arbustiva, Agropecuária (Pastagem e Agricultura), Área não Vegetada e Corpo D'água. Tais dados permitem a visualização e a tabulação das principais alterações sofridas pela paisagem natural ao longo dos anos. No Quadro 1, apresentam-se as principais características das classes mapeadas.

Figura 2 - Rotina dos procedimentos metodológicos do MapBiomass.



Fonte: MapBiomass (2025).

Quadro 1 - Características das classes de uso e cobertura da terra da coleção 10 do MapBiomias.

Classes	ID	Caraterísticas
Floresta	1	Representa áreas com vegetação natural densa, que apresenta principalmente espécies lenhosas com dossel contínuo.
Vegetação Herbácea e Arbustiva	2	São formações naturais de vegetação baixa, composta principalmente por gramíneas, ervas e pequenos arbustos.
Agropecuária (Pastagem)	3 / 3.1	São todas as áreas destinadas a criação de pastagem para alimentação do gado.
Agropecuária (Agricultura)	3 / 3.2	Aquelas áreas ocupadas por culturas agrícolas temporárias ou perenes. Caracterizada pela alteração completa da cobertura original.
Área não Vegetada	4	São superfícies sem cobertura vegetal significativa, como áreas urbanas, solo exposto, rochas, estradas e mineração.
Corpo D'água	5	Abrange rios, lagos, represas e quais quer outros tipos de reservatórios natural ou artificial.

Fonte: Adaptado de MapBiomias (2025).

Os mapas de uso e ocupação da terra dos anos de 2000, 2010, 2015 e 2024 foram produzidos a partir do software QGIS versão 3.38, utilizando os rasters da Coleção 10 do MapBiomias, exportados em formato GeoTIFF e adquiridos por meio da plataforma Google Earth Engine. Em seguida, realizou-se o recorte das imagens com base no limite municipal de Grajaú, proveniente do IBGE. Após isso, as classes originais foram reclassificadas e agrupadas nas categorias estabelecidas no Quadro 1. Dessa forma, procedeu-se à conversão dos arquivos raster para o formato vetorial por meio da ferramenta “Poligonizar”, possibilitando o cálculo das áreas de cada classe com a calculadora de campo. Por fim, elaboraram-se os layouts cartográficos contendo os seguintes elementos: legenda, escala, orientação norte e grade de coordenadas, o que permitiu as análises espaço-temporais das mudanças da paisagem natural do município.

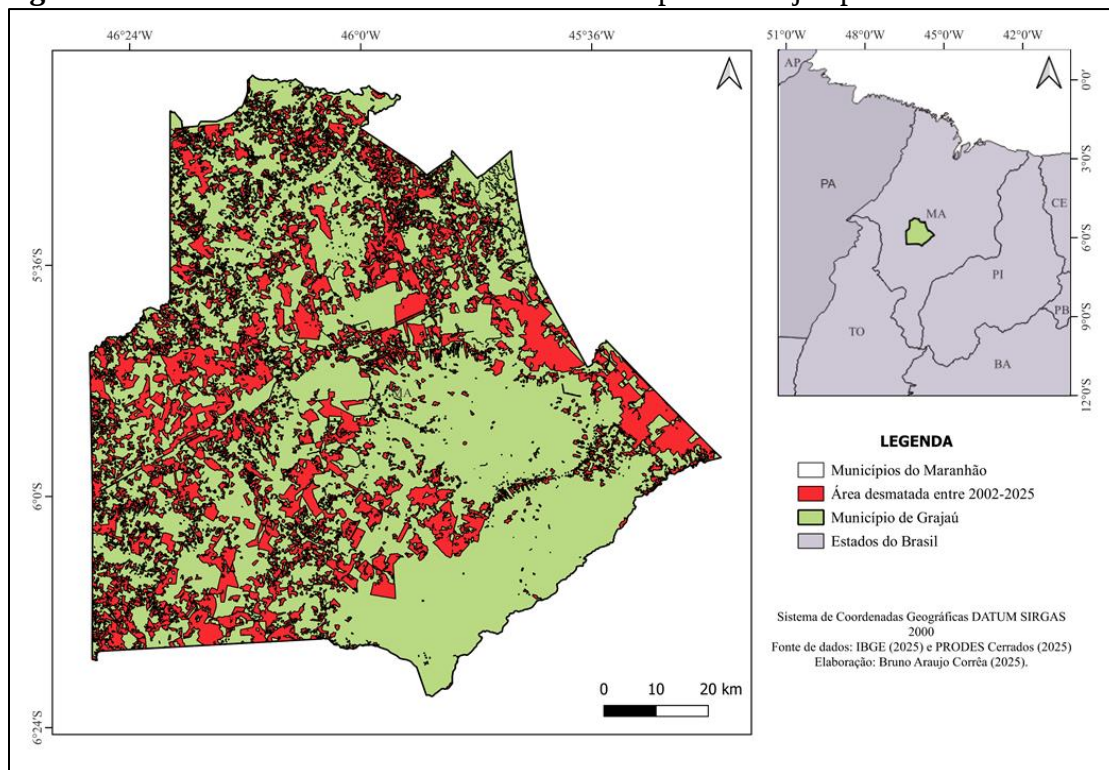
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de bases de dados de modo amplo consolidadas no cenário internacional possibilita maior confiabilidade e robustez às análises espaciais desenvolvidas neste estudo. Os dados do PRODES (INPE) e do MapBiomias evidenciam transformações significativas na paisagem natural do município de Grajaú (MA) nas últimas décadas. Situado na região do MATOPIBA, a última e mais importante fronteira agrícola do Brasil, o município apresentou uma forte expansão do setor do agronegócio, de forma principal na produção de soja, milho e na criação

de gado em larga escala. Esse processo de desenvolvimento agrícola resulta na supressão progressiva da vegetação nativa, de forma especial das formações típicas do Cerrado.

Dados do PRODES (INPE, 2024) demonstram que, entre 2001 e 2024, o município perdeu aproximadamente cerca de 2.712,056 km² de área natural, figurando entre as dez cidades que mais desmataram nesse período analisado (Figura 3). Os maiores picos de desmatamento ocorreram nos anos de 2007, 2008 e 2013. Esses picos possivelmente estão relacionados à valorização das commodities agrícolas. Além disso, ocorreram durante uma forte expansão na produção de soja e milho, conforme Favareto *et al.* (2019) e Almeida, Sodré e Mattos Júnior (2019). Esses estudos identificam uma ampliação do agronegócio em áreas antes ocupadas por povos originários e agricultores familiares em toda a região sul do Maranhão.

Figura 4 - Incremento de desmatamento no município de Grajaú para o bioma Cerrado.

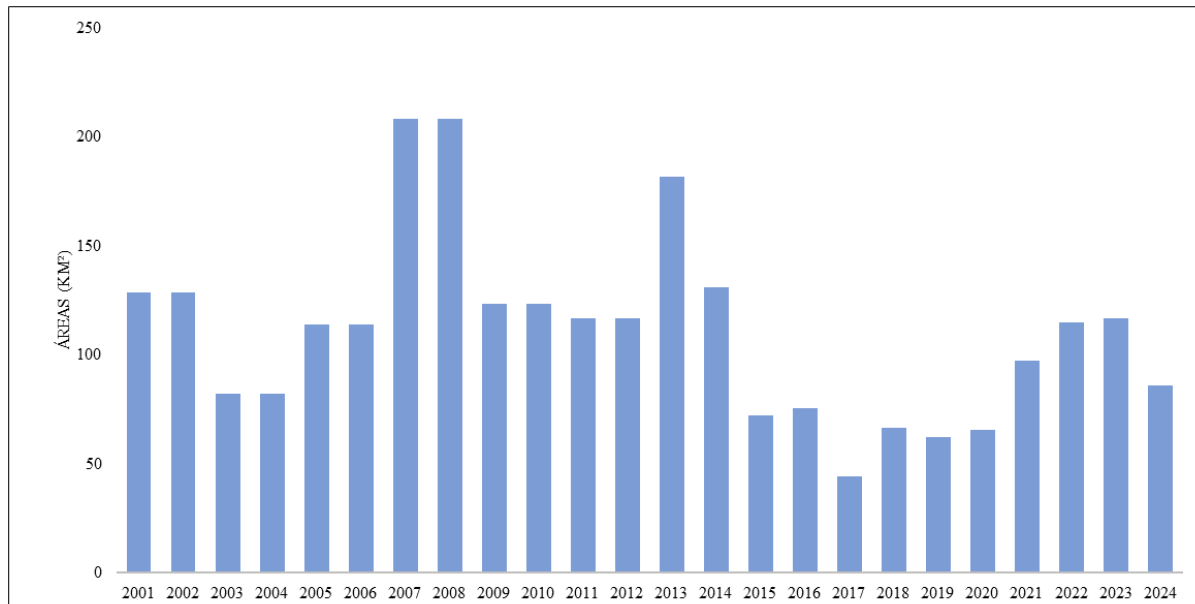


Fonte: IBGE (2025); PRODES Cerrado (2025); Organização: O autor (2024). Elaboração: Bruno Araújo (2025).

Na figura 5, apresentam-se as taxas de desmatamento no município de Grajaú, que exibem uma variação cíclica, com períodos de acentuada atividade de supressão e de relativa estabilidade. Esse comportamento é comumente associado a diversos fatores, de forma principal ligados às variações da cotação internacional das commodities agrícolas produzidas na região. Outro fator

que também pode influenciar esses dados de desmatamento são ações pontuais de fiscalização e de políticas públicas para coibir o desmatamento na região. Esses padrões podem ser observados em vários municípios localizados na região do MATOPIBA, onde as variações acompanham as safras agrícolas e a intensificação da fiscalização ambiental (RAD, 2023).

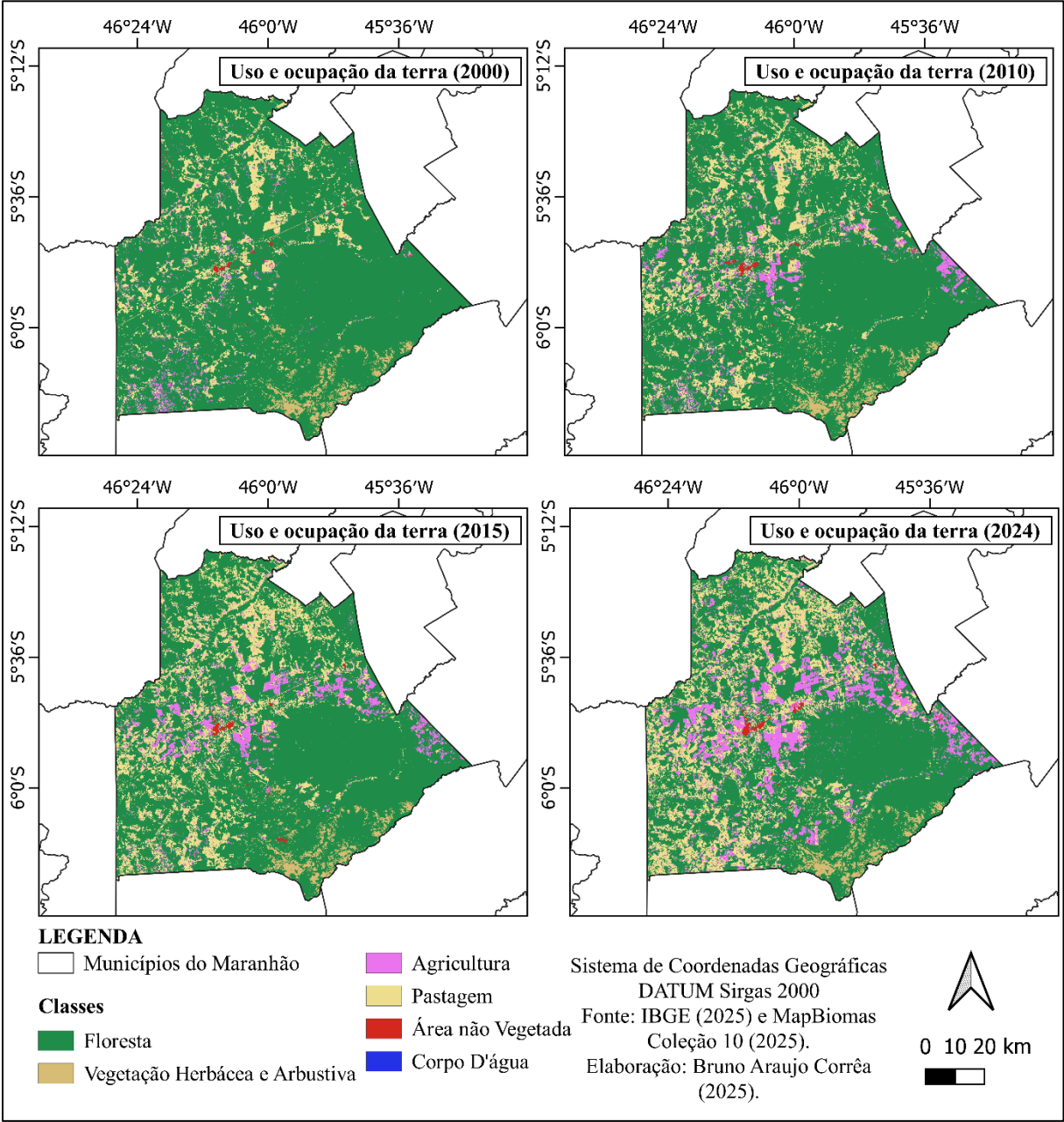
Figura 5 - Área de desmatamento no município de Grajaú.



Fonte: Adaptado de TerraBrasilis (2025).

Foram levadas em consideração as mudanças no uso e ocupação da terra para o município de Grajaú entre os anos de 2000 e 2024, a Figura 6 estão demonstradas as classes analisadas: Florestas, Vegetação Herbácea e Arbustiva, Agricultura, Pastagem, Área não Vegetada e Corpos d'Água.

Figura 6 - Mapa de uso e ocupação da terra para os anos de 2000, 2010, 2015 e 2024.



. Fonte: IBGE (2025); MapBiomass (2025). Organização: O autor (2025). Elaboração: Bruno Araújo (2025).

Ao analisar os mapas de uso e ocupação da terra (Figura 6), é possível entender quais foram as principais transformações na paisagem natural do município. Destacam-se a expansão agrícola e a diminuição da cobertura florestal nativa e de outras formações naturais ao longo dos anos. Na Tabela 1, são apresentadas as áreas de cada classe de uso e ocupação da terra entre 2000 e 2024.

Tabela 1 - Classes do uso e ocupação da terra de Grajaú.

Classes	Área (km ²) 2000	% do município (2000)	Área (km ²) 2024	% do município (2024)
Floresta	7.532,99	85,01	5.723,28	64,58
Vegetação Herbácea e Arbustiva	212,15	2,39	208,17	2,53
Agropecuária (Pastagem)	861,23	9,72	1.848,45	20,86
Agropecuária(Agricultura)	2,47	0,03	267,61	3,02
Área não vegetada	20,24	0,23	39,55	0,45
Corpo D'água	3,64	0,04	2,89	0,03

Fonte: Organização: O autor (2025).

Os resultados do uso e ocupação da terra, provenientes da coleção 10 do MapBiomass, corroboram a tendência de desmatamento no município. A classe Floresta, em 2000, ocupava uma área total de 7.532,99 km², reduzida para 5.723,28 km² já em 2024, o que representa uma perda de 1.809,71 km², ou 24% dessa classe. Já as classes Agropecuária (Pastagem e Agricultura) apresentaram um expressivo crescimento nesse período, passando de 863,7 km² em 2000 para 2.116,06 km² em 2024, refletindo um aumento de 145% no período (Tabela 1). Esses dados oferecem uma visão das transformações a que o município foi submetido ao longo do tempo.

A expansão do agronegócio no estado do Maranhão iniciou-se por volta da década de 1980, de forma principal devido ao valor das terras, que atraiu dezenas de famílias de outras regiões do Brasil (Feitosa *et al.*, 2023; Naldo; Júnior, 2019). Esses processos de ocupação refletem com clareza o intenso movimento econômico de ocupação do cerrado nessa região. Esse modelo é de forma ampla amparado pela intensa mecanização e industrialização no manejo do solo, que demandam um forte investimento em insumos externos para fomentar a produtividade agrícola de exportação. Outro fator que propiciou esse desenvolvimento acelerado, de acordo com Valladares *et al.* (2007), foi a dominância de solos com relevos favoráveis à expansão agrícola em larga escala e mecanizada. Esse avanço também causa danos socioambientais, como a perda de biodiversidade, compactação do solo e o assoreamento de corpos d'água, processos observados na bacia do rio Grajaú (Silva, 2023).

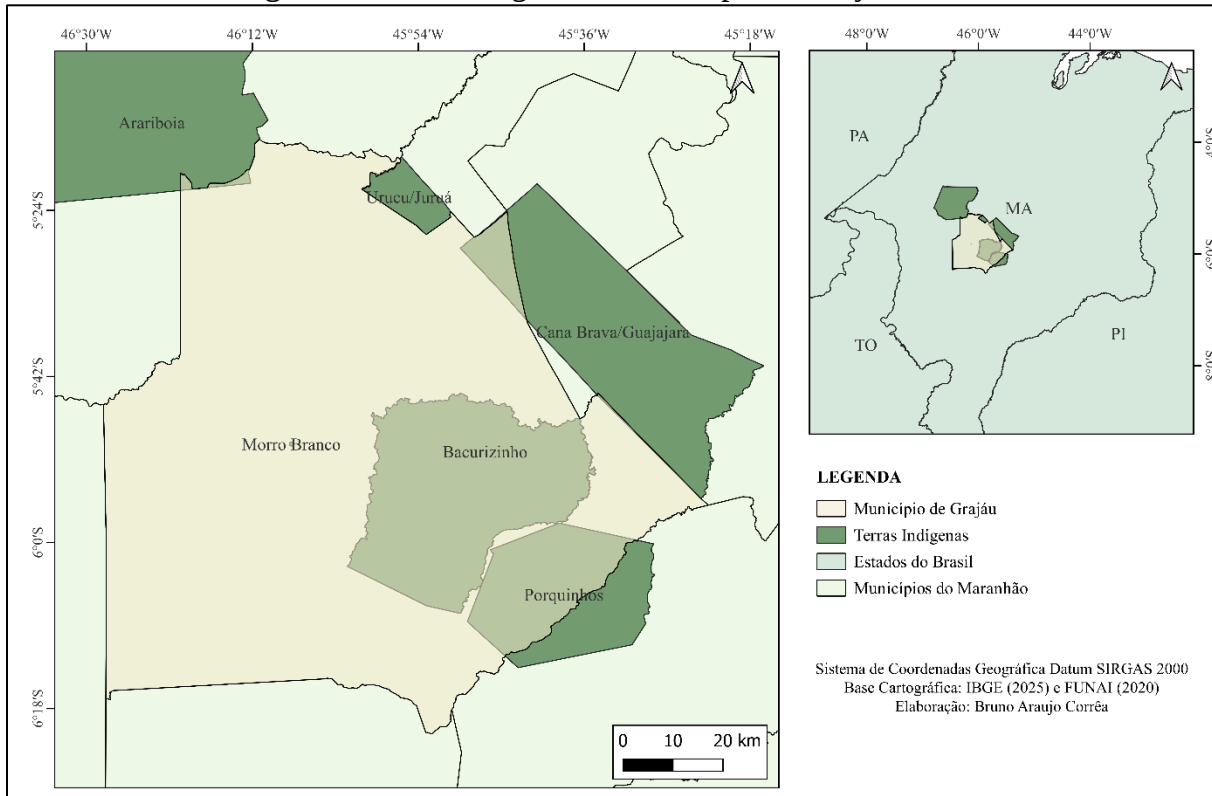
Em relação às áreas de vegetação herbácea e arbustiva, houve uma redução de 212,5 km² para 208,17 km². Essa mudança é relativamente pequena, mas significativa, pois essas áreas atuam como zonas de transição entre as florestas e os campos abertos. Além disso, representam um importante sistema de conservação da biodiversidade. Por menor que seja essa redução, os dados demonstram que o desmatamento também abrange zonas de cerrado, essenciais para a biodiversidade e para a recarga hídrica.

Já as áreas não vegetadas aumentaram de 20,24 km² para 39,55 km², evidenciando um crescimento urbano, além da ampliação das infraestruturas rurais e das rodovias na região. Silva (2023) relaciona o aumento da urbanização desordenada em Grajaú à degradação dos recursos hídricos, causada pelo lançamento de esgoto doméstico e pela significativa redução das matas ciliares.

Em relação aos corpos d'água presentes no município, observou-se que a área diminuiu de 3,64 km² para 2,89 km² de área. Embora essa perda represente apenas cerca de 0,75 km², os danos ao ecossistema local podem se estender a outras regiões. Essa redução na superfície d'água, juntamente com a diminuição das florestas, constitui um alerta claro sobre o regime hídrico da região. Pesquisas realizadas por Obando, Luwesi e Akombo (2024) destacam que a perda contínua da vegetação natural afeta drasticamente os fluxos hídricos superficiais e subterrâneos. Essa perda contribui para o estresse no ciclo hidrológico e reduz tanto a quantidade quanto a qualidade da água.

As sucessivas expansões agropecuárias no município de Grajaú vêm agravando os conflitos fundiários e pressionando comunidades tradicionais. O município abriga as terras indígenas (Figura 7) Araribóia, Bacurizinho, Cana Brava, Morro Branco, Porquinhos e Urucu-Jaruá, todas da etnia Guajajara, totalizando 1.566,54 km² destinados à proteção ambiental e aos povos originários. Todavia, a pressão do setor exportador do agronegócio incide não somente sobre os agricultores familiares, mas também sobre as terras indígenas, provocando tensões entre atores (Barbosa, Santos e Ferreira, 2015). A análise espacial dos mapas de 2000 e 2024 (figura 6) demonstra que é possível notar grandes manchas de florestas ainda intactas. Essas manchas são visíveis devido à relação entre a demarcação das terras indígenas e a proibição da entrada de não índios nesses ambientes.

Figura 7 -Terras indígenas no município de Grajaú – MA.



Fonte: IBGE (2025); Funai (2020). Organização: O autor (2025). Elaboração: Bruno Araújo (2025).

As principais transformações observadas no município de Grajaú são semelhantes às registradas em outros municípios do cerrado maranhense, como Chapadinha e Buriti. Esses municípios tiveram perdas florestais superiores a 20% em apenas duas décadas, conforme Araújo *et al.* (2019). Assim, é possível compreender que a expansão do agronegócio abrange uma vasta área. Esses dados corroboram que ações de políticas agrárias, juntamente com o baixo valor das terras, impulsionam o aumento dos grandes grupos do agro. Desse modo, pode-se entender que políticas públicas voltadas à conservação e preservação ambiental são escassas ou estão sendo suprimidas em detrimento do avanço econômico não sustentável.

O desmatamento nessa região está em grande parte associado à extração de madeira para os mais diversos fins, como a construção civil, móveis, produção de cercas e outros usos. Outro fator que impulsiona a expansão do desmatamento é a ampliação do agronegócio na região, principalmente com a produção de soja, milho e a criação de gado de corte. Em 2000, a área plantada com milho e soja era de 51,3 km² e 6,1 km², respectivamente; essas commodities são as principais culturas agrícolas da região. Já em 2024, a área plantada passou para um total de 542,7

km², um aumento de 845,47%, de acordo com os dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) (IBGE, 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados de sensoriamento remoto sobre uso e cobertura da terra em Grajaú (MA), entre 2000 e 2024, mostrou que as atividades do agronegócio influenciam drasticamente o uso da terra na região. Essas atividades também alteram a dinâmica natural das formações do cerrado maranhense. O uso do sensoriamento remoto, aliado a dados do MapBiomas e PRODES, revelou-se uma ferramenta essencial para o monitoramento ambiental. Essa ferramenta permite acompanhar mudanças ao longo do tempo e em diferentes locais, facilitando a identificação de padrões de desmatamento e expansão agrícola na região. As sucessivas perdas florestais observadas e a ampliação das áreas de agropecuária evidenciam intensa alteração da natureza para atividades econômicas mais intensivas.

Tais transformações apresentam impactos ambientais negativos diretamente sobre os recursos hídricos e a biodiversidade, além de interferir nas comunidades locais. A diminuição da superfície d'água, o aumento da urbanização e das áreas não vegetadas comprovam um amplo e preocupante desequilíbrio ambiental preocupante. Assim, torna-se de suma importância fortalecer e promover políticas públicas que incentivem o desenvolvimento agrícola sustentável, sem comprometer os recursos naturais do ecossistema local.

Desse modo, os resultados obtidos neste estudo demonstram a clara necessidade da aplicação de todos os mecanismos de fiscalização ambiental, além de um planejamento territorial estratégico. Para alcançar isso, é imprescindível utilizar diversas ferramentas, como o sensoriamento remoto. Novas pesquisas são fundamentais para integrar diferentes fontes de dados na formulação de estratégias para o manejo dos recursos naturais. Assim, entender a dinâmica espaço-temporal do uso e da cobertura do solo no município de Grajaú é necessário para proteger o meio ambiente e promover o desenvolvimento sustentável da região.

REFERÊNCIAS

AFUYE, Gbenga Abayomi *et al.* Global trend assessment of land use and land cover changes: a systematic approach to future research development and planning. **Journal Of King Saud**

University - Science, v. 36, n. 7, p. 103262, ago. 2024. Scientific Scholar. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103262>.

ALMEIDA, Juscinaldo Goes; SODRÉ, Ronaldo Barros; MATTOS JÚNIOR, José Sampaio de. O MATOPIBA nas chapadas maranhenses: impactos da expansão do agronegócio na microrregião de chapadinha. **Revista Nera**, FapUNIFESP (SciELO), n. 47, p. 248-271, 11 fev. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.47946/rnera.v0i47.6271>.

ARAÚJO, Hugo Borges *et al.* Mudança de cobertura da terra nos municípios de Chapadinha e Buriti – MA, entre os anos de 1990 a 2017. **Revista Geonorte**, v. 10, n. 36, p. 194-214, 16 dez. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.21170/geonorte.2019.v.10.n.36.a194.214>.

ATR, Onur; BERBEROLU, Sha. Land Use/Cover Classification Techniques Using Optical Remotely Sensed Data in Landscape Planning. **Landscape Planning**, InTech, 13 jun. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/31351>.

BAKHRONOVA, Shakhnoza *et al.* Assessment of Ecological Damage using GIS and Remote Sensing: a comprehensive literature review. **E3S Web Of Conferences**, v. 563, p. 03009, 2024. EDP Sciences. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202456303009>.

BARBOSA, Zulene Martins; SANTOS, Luis Carlos dos; FERREIRA, Nilce Cardoso. Sustentabilidade dos municípios e vulnerabilidade regional no estado do Maranhão: a região do alto mearim e grajaú. In: SILVA, Fábio Carlos da; AMIN, Mario Miguel; NUNES, Silvia Ferreira (org.). **Sustentabilidade dos municípios da Amazônia**. Belém: Naea, 2015. Cap. 5. p. 179-230. Disponível em: <https://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/acervo-projetos-cartilhas-outros/UFPA-NAEA-Livro-04-Sustentabilidade-Municipios-Amazonia.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2025.

BRASIL. Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI). Geoprocessamento e Mapas. **Portal FUNAI**, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>. Acesso em: 25 jun. 2026.

FAVARETO, Arilson *et al.* Há mais pobreza e desigualdade do que bem estar e riqueza nos municípios do Matopiba. **Revista Nera**, FapUNIFESP (SciELO), n. 47, p. 348-381, fev. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.47946/rnera.v0i47.6275>.

FEITOSA, Milena Monteiro *et al.* A soja no estado do Maranhão, Brasil: uma análise temporal da expansão e substituição das culturas alimentares. **Geografares**, v. 3, n. 37, p. 114-131, 1 dez. 2023. Universidade Federal do Espírito Santo. DOI: <http://dx.doi.org/10.47456/geo.v3i37.40394>.

GHILZAI, Rimsha Jamil *et al.* Advances in AI-Based Land Use and Land Cover Classification: a review of deep learning and remote sensing integration. **International Journal Of Innovations In Science And Technology**, p. 2066-2090, 25 ago. 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.33411/ijist/20257320662090>.

GORELICK, Noel *et al.* Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing Of Environment**, Elsevier BV, v. 202, p. 18-27, dez. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades/Brasil/Maranhão/Grajaú**, 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/grajau/panorama>. Acesso em: 12 dez. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TerraBrasilis**, 2024. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>. Acesso em: 12 dez. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TerraBrasilis**: Dashboard de Desmatamento – Cerrado (Incrementos). São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, [202-?]. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/cerrado/increments>. Acesso em: 12 dez. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Tabela 5457 – Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes**. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 12 dez. 2025.

MA, Yingying. Advancing Disaster Management through Remote Sensing: applications, challenges, and future prospects. **Science And Technology Of Engineering, Chemistry And Environmental Protection**, Dean & Francis Press, v. 1, n. 9, p. 1-5, out. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.61173/ye1me637>.

MAPBIOMAS BRASIL. **Legenda Coleção 10 — Códigos das classes da legenda e paleta de cores utilizadas**, 2025. Disponível em: <https://brasil.MapBiomass.org/wp-content/uploads/sites/4/2025/08/Legenda-Colecao-10-Legend-Code.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2025.

MAPBIOMAS Pampa. **Visão geral da metodologia**, 2025. Disponível em: <https://pampa.MapBiomass.org/pt/visao-geral-da-metodologia/>. Acesso em: 12 dez. 2025.

NALDO, Juscinaldo; JOSÉ JÚNIOR,. A luta pela terra frente à dinâmica territorial do agronegócio da soja no Maranhão: o caso da microrregião de chapadinha (1990: 2015). **Got - Journal Of Geography And Spatial Planning**, CEGOT - Center of Studies on Geography and Spatial Planning, n. 16, p. 251-274, mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.17127/got/2019.16.011>.

NIEMI, Gerald J.; JOHNSON, Lucinda B.; HOWE, Robert W. Environmental Indicators of Land Cover, Land Use, and Landscape Change. **Environmental Indicators**, p. 265-276, out. 2014. Springer Netherlands. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-9499-2_16.

OBANDO, Joy A.; LUWESI, Cush N.; AKOMBO, Rose Adhiambo. The impact of land use and cover changes on river flows in Wundanyi Catchment of Taita Hills, Kenya (1970–2030).

Sustainable Social Development, v. 2, n. 3, p. 2507, 11 maio 2024. Asia Pacific Academy of Science Pte. Ltd.. DOI: <http://dx.doi.org/10.54517/ssd.v2i3.2507>.

OLIVEIRA, Raquel Moraes de; RAPOSO, Letícia Martins; GARCIA, Romay Conde. Transformation of land use and cover in the Cerrado: the impact of the sector agriculture from 1985 to 2020. **Sigmae**, Even3, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.29327/2520355.13.1-2>.

RAD2023 (Brasil) (org.). **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023**. São Paulo, 2024. 154 p. Disponível em: https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/10/rad2023_completo_15-10-24_portugues.pdf. Acesso em: 12 dez. 2025.

SILVA, Ítalo Nascimento. **A expansão urbana recente de grajaú-ma e seus impactos ambientais relacionados ao rio Grajaú**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Humanas-Geografia, Universidade Federal do Maranhão, Grajaú, 2023.

SILVA, José Maria Cardoso da; LACHER, Thomas E.. Cerrado—South America. **Encyclopedia Of The World'S Biomes**, Elsevie, p. 546-553, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.11983-9>.

TERRA, Marcela C. N. S. *et al.* The inverted forest: aboveground and notably large belowground carbon stocks and their drivers in brazilian savannas. **Science Of The Total Environment**, Elsevier BV, v. 867, p. 161320, abr. 2023 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161320>.

VALLADARES, Gustavo Souza; QUARTAROLI, Carlos Fernando; HOTT, Marcos Cicarini; MIRANDA, Evaristo Eduardo de; NUNES, Ronalton da Silva; KLEPKER, Dileta; LIMA, Gustavo Pereira. **Mapeamento da Aptidão Agrícola das Terras do Estado do Maranhão**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2007. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 6), Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/17684/1/bpd6aptMA.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2025.

XU, Huanyu *et al.* Remote Sensing Study on the Coupling Relationship between Regional Ecological Environment and Human Activities: a case study of qilian mountain national nature reserve. **Sustainability**, v. 15, n. 14, p. 11177, 18 jul. 2023. MDPI AG. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su151411177>.

ZHU, Zhe; QIU, Shi; YE, Su. Remote sensing of land change: a multifaceted perspective. **Remote Sensing Of Environment**, Elsevier BV, v. 282, p. 113266, dez. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2022.113266>.