RGe ISSN: 2177-3246

DESMATAMENTO DO BIOMA CERRADO, ENTRE OS ANOS DE 1985 A 2024, NA REGIÃO METROPOLITANA DO SUDOESTE MARANHENSE – MA

DEFORESTATION OF THE CERRADO BIOME, BETWEEN 1985 AND 2024, IN THE METROPOLITAN REGION FROM SOUTHWEST MARANHENSE – MA

DEFORESTACIÓN DEL BIOMA CERRADO, ENTRE LOS AÑOS 1985 Y 2024, EN LA REGIÓN METROPOLITANA DEL SUROESTE DE MARANHÃO - MA

10.56238/revgeov17n5-027

Isolda Cordeiro Carvalho
Graduanda em Engenharia Florestal
Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
E-mail: isoldacarvalhoicc@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-5344-4609

Eduarda Vaz Braga
Mestranda em Ciências Ambientais
Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
E-mail: eduardavazbraga@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4265-8092

Wesley Moura Lima
Mestrando em Ciências Ambientais
Instituição: Universade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
E-mail: wesley.lima@uemasul.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-5980-7312

Aylla Hallad Sales de Sousa
Graduando em Geografia
Instituição: Universade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
E-mail: aylla.sousa@uemasul.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-6263-233X

Antonio Queres da Silva Neto
Graduando em Geografia
Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
E-mail: netoqueres@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-4834-4520

RGe
ISSN: 2177-3246

Taissa Caroline Silva Rodrigues
Doutora em Geografia
Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
E-mail: Taissa.rodrigues@uemasul.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7320-2717

Josué Carvalho Viegas
Doutorando em Geografia
Instituição: Universade de Coimbra
E-mail: josueviegasgeo@hotmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3932-1480

RESUMO
Considerando a acelerada degradação do bioma Cerrado frente à expansão da fronteira agrícola no MATOPIBA, observa-se uma pressão constante sobre os remanescentes naturais no sudoeste maranhense. Com essa pesquisa, objetiva-se analisar a dinâmica espaço-temporal do uso da terra na Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense entre 1985 e 2024, identificando as principais trajetórias de conversão da vegetação nativa. Para tanto, procede-se à análise multitemporal de dados da Coleção 9.0 do MapBiomas, com processamento estatístico em ambiente Python para a geração de matrizes de transição e modelagem de fluxos via Diagramas de Sankey. Desse modo, observa-se que a região sofreu uma redução de 42,91% das formações florestais, enquanto a pastagem consolidou-se como o uso predominante, expandindo-se para mais de 9.500 km². O que permite concluir que a dinâmica territorial da região é marcada por um processo de antropização severa, onde a substituição da cobertura original por matrizes produtivas demanda estratégias urgentes de ordenamento e conservação ambiental.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Matriz de Transição. Antropização. Dinâmica Territorial.

ABSTRACT
Considering the accelerated degradation of the Cerrado biome due to the expansion of the agricultural frontier in the MATOPIBA region, there is a constant pressure on natural remnants in southwestern Maranhão. This study aims to analyze the spatio-temporal dynamics of land use in the Metropolitan Region of Southwestern Maranhão between 1985 and 2024, identifying the main conversion trajectories of native vegetation. To this end, a multitemporal analysis of MapBiomas Collection 9.0 data was performed, with statistical processing in a Python environment to generate transition matrices and flow modeling via Sankey Diagrams. Thus, it is observed that the region suffered a 42.91% reduction in forest formations, while pasture consolidated as the predominant use, expanding to more than 9,500 km². This leads to the conclusion that the regional territorial dynamics are marked by a process of severe anthropization, where the replacement of original cover by productive matrices demands urgent territorial planning and environmental conservation strategies.

Keywords: Remote Sensing. Transition Matrix. Anthropization. Territorial Dynamics.

ISSN: 2177-3246

RESUMEN
Considerando la acelerada degradación del bioma Cerrado frente a la expansión de la frontera agrícola en el MATOPIBA, se observa una presión constante sobre los remanentes naturales en el sudoeste del estado de Maranhão. El objetivo es analizar la dinámica espacio-temporal del uso de la tierra en la Región Metropolitana del Sudoeste de Maranhão entre 1985 y 2024, identificando las principales trayectorias de conversión de la vegetación nativa. Para ello, se procede al análisis multitemporal de datos de la Colección 9.0 de MapBiomas, con procesamiento estadístico en entorno Python para la generación de matrices de transición y modelado de flujos mediante Diagramas de Sankey. De este modo, se observa que la región sufrió una reducción del 42,91% de las formaciones forestales, mientras que la pastura se consolidó como el uso predominante, expandiéndose a más de 9.500 km². Lo que permite concluir que la dinámica territorial de la región está marcada por un proceso de antropización severa, donde la sustitución de la cobertura original por matrices productivas demanda estrategias urgentes de ordenamiento y conservación ambiental.

Palabras clave: Sensoriamento Remoto. Matriz de Transición. Antropización. Dinámica Territorial.

1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é reconhecido como a savana mais biodiversa do mundo e desempenha papel fundamental na manutenção dos serviços ecossistêmicos, especialmente no que se refere à regulação hídrica e à conservação da biodiversidade (RIBEIRO *et al.*, 2022; BRASIL, 2024). No Brasil, esse bioma ocupa aproximadamente 23% do território nacional, sendo considerado estratégico tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico (IBGE, 2020).

Apesar de sua relevância, o Cerrado tem sido intensamente pressionado nas últimas décadas pela expansão da fronteira agrícola, sobretudo na região do MATOPIBA, resultando em elevadas taxas de desmatamento e conversão da vegetação nativa em áreas antrópicas (INPE, 2021a; MAPBIOMAS, 2024). Esse processo tem provocado alterações na paisagem natural, comprometendo a integridade ecológica do bioma e seus serviços ambientais.

No estado do Maranhão, essa dinâmica é particularmente evidente na Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense (RMSM), onde a expansão da agropecuária se configura como o principal vetor de transformação do uso da terra, promovendo a substituição de áreas naturais por sistemas produtivos (LIMA *et al.*, 2024).

Embora existam estudos sobre o desmatamento no Cerrado em escala nacional e regional, ainda são limitadas as análises que abordam de forma integrada a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra na RMSM, especialmente considerando séries históricas de longo prazo baseadas em dados consistentes (SOUSA *et al.*, 2023).

A Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense, vem enfrentando sérios problemas ambientais, tais como desmatamento, degradação ambiental e principalmente intensificação de queimadas que predominam em determinada época do ano. Desse modo, o uso de imagens de sensoriamento Remoto em concomitância com uso de SIG's têm representado uma importante ferramenta de aquisição, análise e monitoramento das transformações do espaço geográfico que, podem servir de instrumento para identificar as principais mudanças espaciais que ocorreram ao longo do tempo, principalmente em ambientes de grandes proporções territoriais.

Nesse sentido, a análise da dinâmica de uso e cobertura da terra na Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense entre 1985 e 2024 se justifica pela necessidade de compreender as transformações espaciais ocorridas e os fatores que têm impulsionado a conversão da vegetação nativa em usos antrópicos.

Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra na RMSM no período de 1985 a 2024, por meio de dados do MapBiomas, buscando quantificar as mudanças ocorridas e identificar os principais vetores de transformação da paisagem. Para tanto, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento associadas à análise quantitativa de dados, permitindo compreender a evolução das classes de uso do solo e suas

implicações ambientais e territoriais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O CERRADO E A DINÂMICA AMBIENTAL

O Cerrado é reconhecido como o segundo maior bioma da América Latina, ocupando aproximadamente 24% do território brasileiro e sendo classificado como um hotspot mundial de biodiversidade devido ao seu elevado índice de endemismo e às ameaças crescentes que enfrenta. Sua relevância transcende os aspectos biológicos, alcançando dimensões econômicas e ecológicas vitais, uma vez que atua como um grande provedor de serviços ecossistêmicos indispensáveis para a manutenção da economia local e regional. Frequentemente descrito como a "grande caixa d'água" ou o "berço das águas" do Brasil, o bioma possui uma localização estratégica e altitude que permitem o abastecimento de oito das doze regiões hidrográficas do país, incluindo bacias fundamentais como a do São Francisco, a Amazônica e a Platina (RIBEIRO *et al.*, 2022).

No contexto global, o Cerrado corresponde a aproximadamente 10% de todas as áreas de savanas do globo e caracteriza-se como um bioma heterogêneo, formado por um conjunto diferenciado de microbiomas que repousa sobre extensas superfícies de aplainamentos mescladas por um conjunto significativo de planaltos sedimentares de topografia tipicamente plana. Possui clima tipicamente sazonal, com dois períodos bem definidos, um seco (de abril a setembro) e um chuvoso (de outubro a março), com diferenciações nas suas médias anuais de precipitação, apresentando amplitude variando entre 750 e 2.000 mm, com quedas expressivas no período de estiagem. Já os padrões de temperatura apresentam máximas absolutas podendo chegar a 40°C e as mínimas inferiores a 18°C (SANO *et al.*, 2020).

Do ponto de vista pedológico, apresenta solos predominantemente profundos, bem drenados e intensamente lixiviados, com o domínio dos Latossolos, que recobrem aproximadamente 46% da área do bioma, seguidos pelos Neossolos Quartzarênicos (15%) e Plintossolos (cerca de 10%) (EMBRAPA, 2021). Essa configuração, em conjunto com uma marcada sazonalidade climática, definida por invernos secos e verões chuvosos, sustenta uma biodiversidade singular. O cerrado é a savana mais rica do mundo, abrigando mais de 12.000 espécies de plantas nativas catalogadas, das quais cerca de 35% são endêmicas (BRASIL, 2024).

A complexidade estrutural dessa vegetação é classificada em 11 tipos fitofisionômicos principais, organizados em três grandes grupos: formações florestais (como o Cerradão e Matas de Galeria), formações savânicas (Cerrado stricto sensu) e formações campestres (Campos Limpos e Sujos). Além de sua riqueza biológica, o bioma exerce um papel hidrológico crítico, sendo reconhecido como o "berço das águas" por alimentar oito das doze principais bacias hidrográficas brasileiras (ISPN, 2024). Entretanto, esse patrimônio natural e os saberes tradicionais a ele associados

enfrentam riscos crescentes devido ao avanço da fronteira agrícola, que já converteu cerca de 50% da cobertura nativa em áreas antrópicas (MAPBIOMAS, 2024).

2.2 DINÂMICA TERRITORIAL E VETORES DE TRANSFORMAÇÃO DO SUDOESTE MARANHENSE

O processo de mudanças de uso e cobertura da terra no cerrado tem significativa atuação do Estado, que a partir de 1950 passou-se a investir em políticas de ocupação e integração do Brasil Central. Porém é a partir de 1970, com a composição de uma série de projetos de ordenamento e ocupação do território nacional por parte do Governo Federal, que em associação com capital estrangeiro, destacando-se o Japão, formou as bases para uma acelerada e desordenada ocupação e promoveu uma intensa exploração, e transformou a área de abrangência do Cerrado em uma nova e importante fronteira agrícola brasileira e modificou os aspectos socioeconômicos regionais, principalmente pela mudança do modelo de produção, com a inserção de técnicas e maquinários modernos, correção de solo, que impulsionou a produtividade agropecuária, tornando o Brasil um dos principais produtores mundiais de commodities agrícolas (DELGADO, 2005; MATOS, 2006; PEREIRA, 2024).

Esse cenário ocasionou significativas transformações no bioma, com taxas de perda de cobertura vegetal, como mostrados nos diferentes programas de monitoramento do desmatamento do cerrado, que apontam que desde 1990, mais de 45% do cerrado encontra-se em algum nível de antropização (SANO et al., 2008). Dados desmatamento do cerrado (INPE, 2021b) mostram que entre 2015 e 2020 uma área de aproximadamente 45.732 km² de cerrado foi suprimida, dos quais, mais de 60% concentraram-se na área denominada de MATOPIBA, um espaço geográfico de 73 Mha de hectares (35%) do limite total do Cerrado que abrange os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

Apesar de consolidada desde a décadas de 1980, na área de abrangência do MATOPIBA o processo de expansão da agropecuária foi institucionalizado a partir de 2015, quando a partir do decreto n° 8.447 de 6 de maio de 2015 foi criada o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba, sendo revogado em 2020, e ocasionou expansão do desmatamento dos estados que compõem o Matopiba, como mostrados pelos levantamentos sistêmicos do desmatamento do cerrado, onde o Tocantins concentrou 22,77% de toda vegetação natural de cerrado desmatada, seguido pelo Maranhão que suprimiu 17,82% do cerrado, Piauí com 10,60% e Bahia com 8,90%, fator que tem colocado o MATOPIBA no centro das discussões sobre preservação ambiental e desenvolvimento econômico (INPE, 2021b).

Segundo Lima *et al.* (2024), esse processo consolidou uma mudança de paradigma, convertendo o Cerrado nativo em solo exposto e matrizes de monocultura. Essa reconfiguração

transformou o Sudoeste Maranhense em um nó logístico estratégico para o agronegócio, mas o custo dessa eficiência econômica é evidenciado na paisagem. Como apontam os dados do IPEA (2022), o crescimento obtido nas últimas décadas é marcado por uma forte concentração de renda e pela supressão sistemática de fitofisionomias raras do Cerrado.

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO E MONITORAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA NO BRASIL

O sensoriamento remoto constitui uma das principais ferramentas para o monitoramento ambiental em larga escala, permitindo a obtenção de informações da superfície terrestre por meio de sensores orbitais, sem contato direto com o objeto de estudo (LIU, 2020). Essa tecnologia possibilita a análise espaço-temporal das transformações no uso e cobertura da terra, sendo amplamente utilizada em estudos voltados à dinâmica ambiental e ao planejamento territorial.

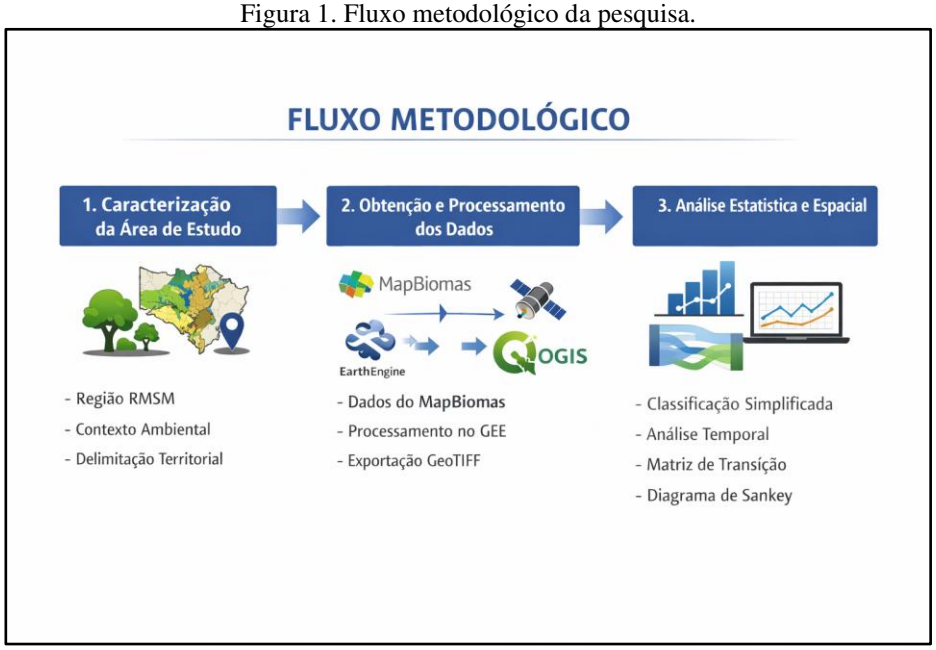
O avanço das geotecnologias, tem ampliado a capacidade de monitoramento das mudanças ambientais. Nesse contexto, destacam-se os sensores da série Landsat, que oferecem uma das mais longas séries históricas de observação da Terra, possibilitando análises desde a década de 1980 (SOUZA *et al.*, 2020). A aplicação do sensoriamento remoto no estudo do uso e cobertura da terra permite identificar padrões de ocupação, expansão de atividades antrópicas e processos de degradação ambiental, sendo fundamental para a compreensão da dinâmica territorial, especialmente em regiões de fronteira agrícola (LIU, 2020).

Nesse cenário, o projeto MapBiomas destaca-se como uma importante iniciativa para o monitoramento do território brasileiro. Por meio do uso de imagens Landsat e da plataforma Google Earth Engine, o MapBiomas gera mapas anuais de uso e cobertura da terra utilizando de técnicas de classificação automatizada e algoritmos de aprendizado de máquina (SOUZA *et al.*, 2020). Dessa forma, o sensoriamento remoto, aliado a iniciativas como o MapBiomas, constitui uma base fundamental para a análise da dinâmica de uso e cobertura da terra, permitindo a identificação de padrões e tendências de transformação ambiental em diferentes escalas.

3 METODOLOGIA

O procedimento metodológico adotado neste estudo foi estruturado em três etapas principais: (i) caracterização da área de estudo; (ii) obtenção e processamento dos dados; e (iii) análise estatística e espacial (figura 1).

Figura 1. Fluxo metodológico da pesquisa.



Fonte: Autores, 2026.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho corresponde à porção do bioma Cerrado inserida na Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense (RMSM). De acordo com a Federação dos Municípios do Estado do Maranhão (FAMEM, 2021), a RMSM é composta por 22 municípios, dos quais 18 possuem seus territórios inseridos no bioma Cerrado, abrangendo uma área aproximada de 32.715,35 km² (figura 2).

Figura 2. Mapa de localização da RMSM, área de Cerrado.



Fonte: IBGE, 2022. Elaboração: Autores, 2026.

A região está localizada entre os biomas Amazônia e Cerrado, sendo este último predominante, ocupando cerca de 90% da área. Segundo a classificação climática de Köppen, predomina o clima tropical de savana (Aw), caracterizado por duas estações bem definidas: uma chuvosa, entre outubro e abril, e outra seca, entre maio e setembro, com precipitação média anual em torno de 1.500 mm e temperaturas médias superiores a 18°C. Do ponto de vista fitofisionômico, a região apresenta um mosaico vegetacional composto por formações savânicas, florestais e campestres, típicas do Cerrado, incluindo matas de galeria e florestas estacionais (SANO *et al.*, 2019).

3.2 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS ESPACIAIS

Os dados de uso e cobertura da terra utilizados neste estudo foram obtidos a partir da Coleção 9.0 do projeto MapBiomas, que disponibiliza séries históricas anuais baseadas na classificação supervisionada de imagens do satélite Landsat, com resolução espacial de 30 metros.

A escolha dos dados do MapBiomas se justifica pela sua consistência temporal e pela acurácia reportada em estudos científicos, sendo amplamente utilizados em análises de dinâmica do uso e cobertura da terra no Brasil (SANO *et al.*, 2019). De acordo com Souza *et al.* (2020), os produtos do MapBiomas apresentam confiabilidade, resultante de processos sistemáticos de validação baseados em amostras independentes. Além disso, estudos aplicados em diferentes regiões do país têm demonstrado a consistência do conjunto de dados para análises espaço-temporais, especialmente em escalas regionais e de longo prazo (LIMA et al., 2024). Apesar disso, reconhece-se que os dados podem apresentar incertezas inerentes aos processos de classificação automática de imagens orbitais.

O sistema de referência adotado foi o SIRGAS 2000 (EPSG:4674), garantindo compatibilidade com as bases vetoriais de limites municipais e biomas disponibilizados pelo IBGE. Os dados foram acessados por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE), fazendo uso do repositório oficial do MapBiomas, sendo posteriormente exportados no formato GeoTIFF para processamento local.

Posteriormente, os dados foram importados para o software QGIS, onde foram realizadas operações de recorte espacial, organização das camadas e elaboração dos mapas temáticos referentes aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2024, possibilitando a análise temporal da dinâmica de uso e cobertura da terra na área de estudo.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

A análise quantitativa foi realizada em ambiente Google Colab, utilizando a linguagem de programação Python (versão 3.10). A adoção de ferramentas de código aberto para estatística geoespacial justifica-se pela reprodutibilidade dos dados e eficiência no processamento de grandes

matrizes, como feito por Vanderplas (2022). O fluxo metodológico estruturou-se em três etapas fundamentais:

Etapa de Manipulação Matricial e Cálculo de Áreas: Utilizou-se a biblioteca Rasterio para leitura dos arquivos GeoTIFF e o NumPy para a contagem de pixels. Para a conversão em quilômetros quadrados (km²), aplicou-se a constante de 0,0009, correspondente à resolução espacial de 30m (900 m² por pixel), conforme a equação:

$$A_C = \Sigma P \; x \; 0{,}0009$$

Onde:

AC = área total da classe em quilômetros quadrados (km²);
ΣP = somatório de pixels classificados para a referida categoria;
0,0009 = fator de conversão baseado na resolução espacial de 30 metros dos sensores Landsat (900 m² / 1.000.000).

Para a visualização dos dados, foram elaborados gráficos de linhas, permitindo representar a evolução e a distribuição das classes ao longo do tempo.

Estruturação de Dados: Foram selecionadas as classes mais representativas do ponto de vista ambiental e econômico (Floresta, Savana, Pastagem, Agricultura, Silvicultura e Área Urbana), permitindo uma abordagem mais objetiva da dinâmica de uso e cobertura da terra na região. Com base na metodologia de Souza e Vale (2022), utilizaram-se matrizes de transição para calcular as trajetórias de mudança, permitindo mensurar a supressão líquida e a expansão territorial de cada categoria.

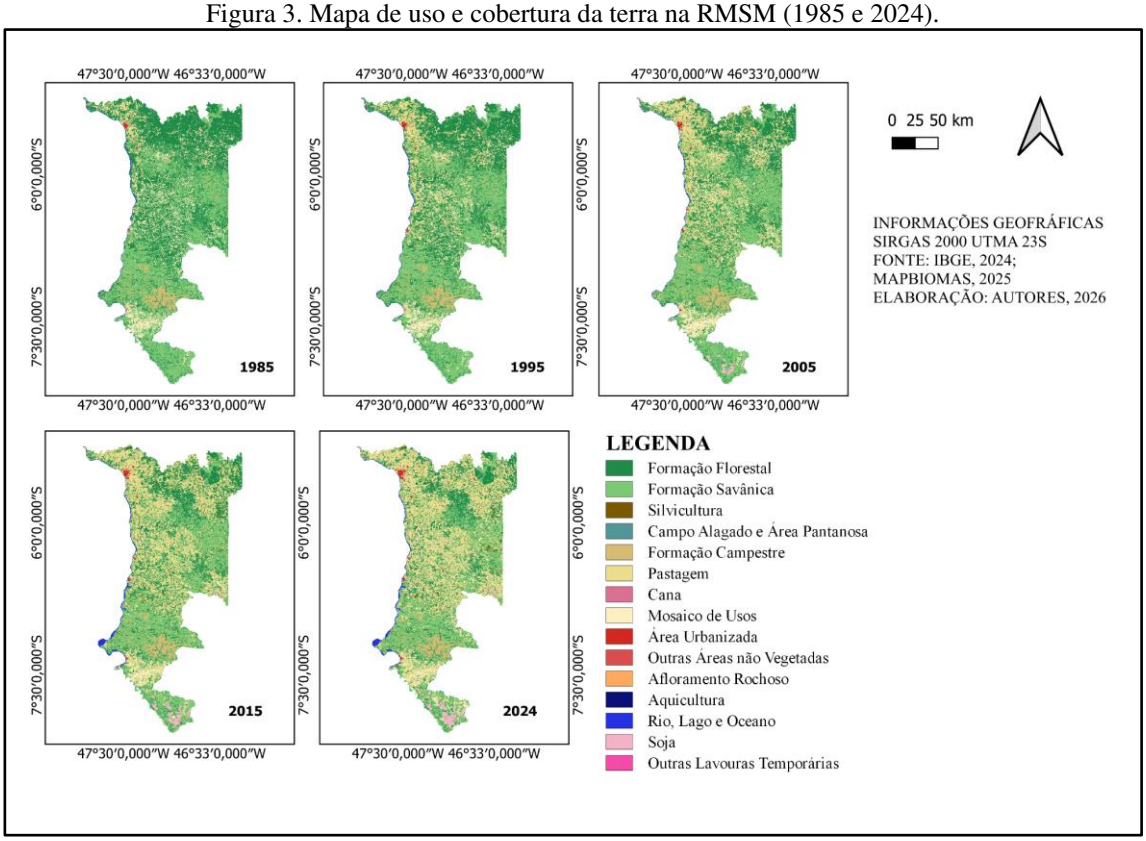
Modelagem de Fluxos e Transição: A dinâmica de mudança foi analisada por meio de matrizes de transição. Para a representação visual, utilizou-se a biblioteca Plotly na construção de um Diagrama de Sankey, que permite identificar as trajetórias de conversão da vegetação nativa para usos antrópicos entre 1985 a 2024. Esta abordagem de fluxos é essencial para a compreensão de fronteiras agrícolas, conforme demonstrado nos estudos regionais de Braga *et al.* (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A dinâmica de uso e cobertura da terra na Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense (RMSM), no período de 1985 a 2024, evidencia transformações importantes na estrutura da paisagem, caracterizadas pela redução das formações naturais e pela expansão de usos antrópicos, especialmente a pecuária.

A análise dos mapas de uso e cobertura (Figura 3) demonstra que, em 1985, a área de estudo era predominantemente ocupada por vegetação natural, com destaque para formações florestais e savânicas. Ao longo das décadas seguintes, observa-se um processo de fragmentação e substituição dessas formações, com maior intensidade a partir dos anos 2000, período associado à integração do MATOPIBA como uma das principais fronteiras agrícolas do Brasil.

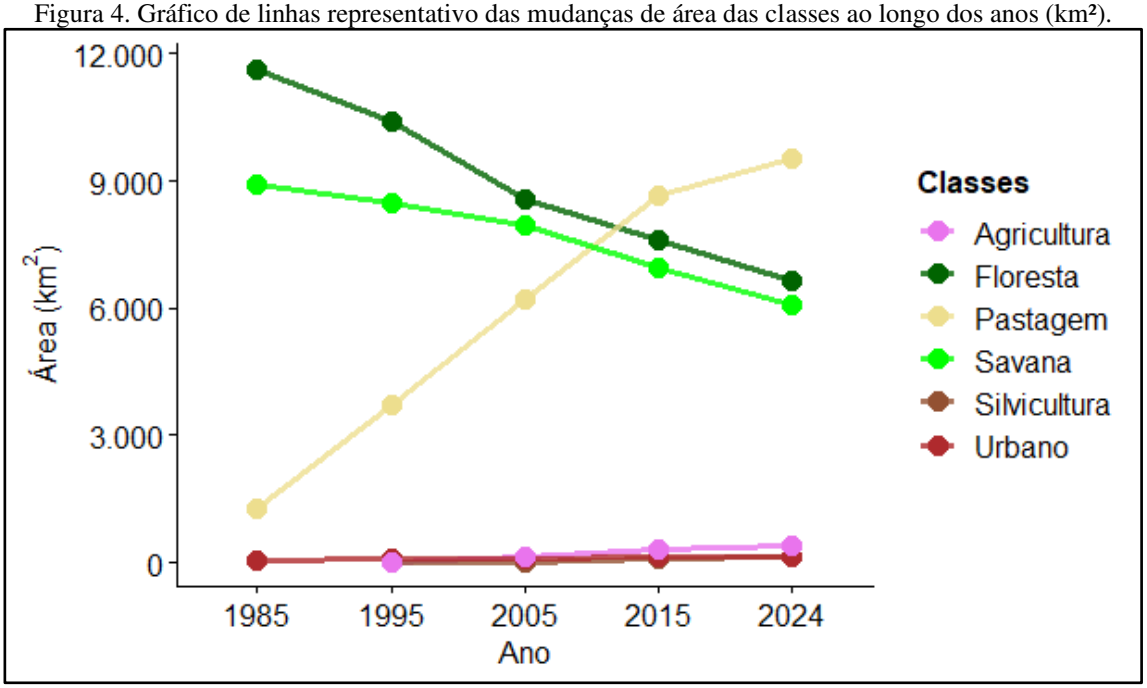
Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra na RMSM (1985 e 2024).



Fonte: MAPBIOMAS, 2025. Elaboração: Autores, 2026.

A tendência de transição é corroborada pela análise quantitativa apresentada no gráfico de linhas (Figura 4). Verifica-se uma redução na classe Formação Florestal, que passou de 11.630,95 km² em 1985 para 6.639,17 km² em 2024, representando uma perda de 42,91%. A Formação Savânica também apresentou declínio, recuando de 8.906,05 km² para 6.062,85 km² (redução de 31,92%). Esses dados indicam uma simplificação da paisagem que, conforme destacam Ribeiro *et al.* (2022), compromete não apenas a biodiversidade local, mas também os saberes tradicionais associados ao Cerrado.

Figura 4. Gráfico de linhas representativo das mudanças de área das classes ao longo dos anos (km²).



Fonte: MAPBIOMAS, 2025. Elaboração: Autores, 2026.

Em contrapartida, a classe Pastagem apresentou crescimento, saltando de 1.257,08 km² (1985) para 9.527,13 km² (2024), firmando-se como o uso da terra predominante na região. Isso reflete a expansão da pecuária, reconhecida como o principal vetor inicial de conversão da vegetação nativa no bioma (MAPBIOMAS, 2023). Paralelamente, nota-se a emergência e estabilização das classes de Agricultura (397,76 km²) e Silvicultura (121,94 km²) a partir de 2005, além do crescimento da Área Urbana, que atingiu 132,67 km² em 2024.

O padrão de ocupação identificado nesta pesquisa reforça a tese de Braga *et al.* (2024) sobre a hegemonia do setor agropecuário na região. A relação de causa e efeito entre a abertura de novas frentes de pastagem e o posterior crescimento das lavouras de grãos explica o recuo acentuado da vegetação nativa, especialmente nos municípios de Açailândia e Amarante do Maranhão. Esta diversificação aponta para uma modernização econômica da RMSM, onde os polos urbanos, como Imperatriz e Açailândia, passam a atuar como centros logísticos essenciais para o escoamento da produção agropecuária e de papel e celulose (REZENDE *et al.*, 2021).

A dinâmica de mudança de 1985 até 2024 é detalhada pela matriz de transição (Tabela 1). Observa-se que 38,59% das áreas de floresta foram convertidas em pastagem, enquanto as áreas savânicas apresentaram uma taxa de conversão para agricultura (3,64%) superior à das florestas (0,43%).

Tabela 1. Matriz de transição de uso e cobertura da RMSM (%).

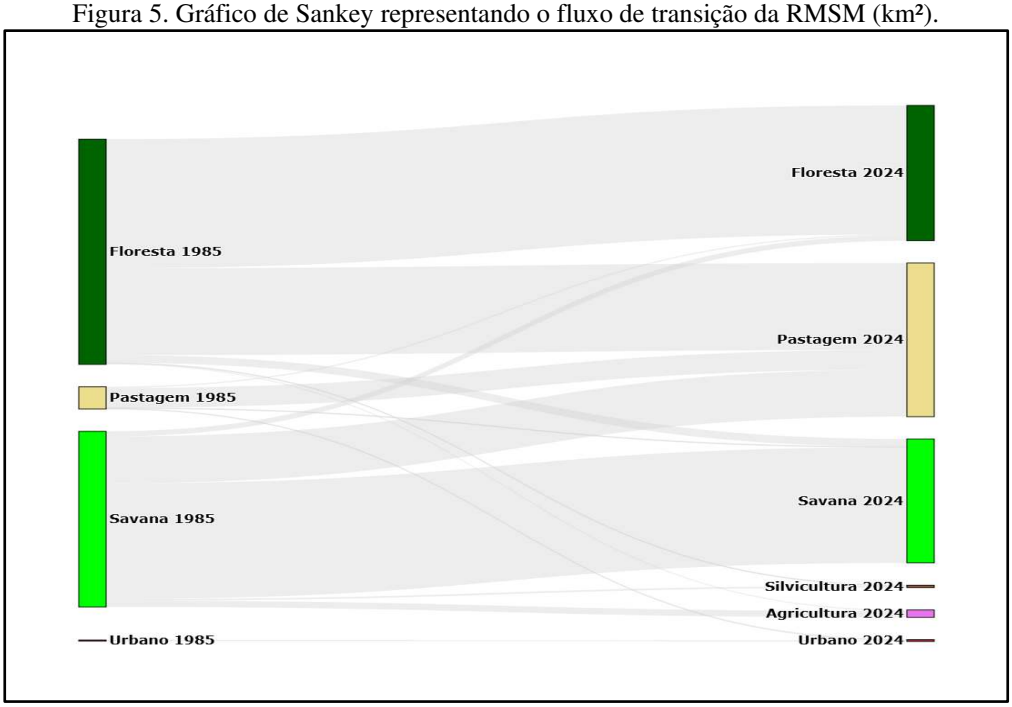
	Floresta	Savana	Silvicultura	Pastagem	Urbano	Agricultura
Floresta	57,26	3,40	0,31	38,60	0,00	0,43
Savana	2,91	65,77	0,97	26,72	0,00	3,64
Pastagem	5,26	3,06	0,00	88,68	3,00	0,00
Urbano	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00

Fonte: MAPBIOMAS, 2025. Elaboração: Autores, 2026.

Esse comportamento sugere que a expansão da agricultura mecanizada, impulsionada pela demanda global por soja, tem priorizado áreas savânicas devido à facilidade de supressão e relevo favorável. Os fluxos mostram a centralidade da pecuária na reorganização espacial, atuando muitas vezes como uma fase intermediária antes da introdução de culturas de maior valor agregado ou da expansão urbana (SOUZA *et al.*, 2020).

O diagrama de Sankey (Figura 5) reforça essas interpretações ao evidenciar que os principais fluxos de transição convergem para a classe pastagem, tanto por meio de áreas florestais quanto savânicas. Esse resultado confirma a centralidade da pecuária na reorganização espacial da RMSM, sendo o principal vetor de transformação da paisagem. O movimento direto da vegetação para o uso antrópico é frequentemente mediado por práticas de manejo que aceleram a substituição da cobertura. Nesse sentido, Rodrigues et al. (2025) argumentam que a ocorrência de queimadas na RMSM funciona como um braço operacional da expansão agropecuária, onde o fogo é o agente que viabiliza a transição rápida entre o ambiente natural e as áreas de pastoreio ou cultivo mecanizado.

Figura 5. Gráfico de Sankey representando o fluxo de transição da RMSM (km²).



Fonte: MAPBIOMAS, 2025. Elaboração: Autores, 2026.

A explicação para essas mudanças está relacionada a facilidade do escoamento desses produtos, como também a demanda por grãos e matéria prima para a produção de celulose e carvão. Tais fatores atrelados ao baixo custo de produção, mão de obra e das terras, intensificam a expansão da monocultura nesta região, principalmente em locais outrora usados para pastagem, pela facilidade no manejo e implantação.

Assim, as informações mencionadas mostram como a transformação das formações florestais e savânicas está intrinsecamente relacionada à expansão dos mosaicos agropastoris e monoculturas. Tal processo reforça a hipótese de que as alterações no uso do solo são diretamente influenciadas pelas atividades econômicas voltadas para a dinamização da economia, especialmente aquelas direcionadas ao mercado externo (Araújo-Pinto, 2021). Essas atividades, pautadas pela demanda internacional, têm sido protagonistas na modificação da paisagem natural, substituindo ecossistemas nativos por áreas de cultivo intensivo, especialmente no contexto de commodities agrícolas e silvicultura voltadas à exportação.

De acordo com Oliveira (2025), a Região Tocantina atravessa um processo de ressignificação territorial, deixando de ser uma área de relativo isolamento. Nesse contexto, a intensificação das transformações no uso e cobertura da terra na RMSM não ocorre de forma isolada, mas está diretamente articulada às dinâmicas econômicas regionais e globais. A expansão das atividades agropecuárias, aliada ao fortalecimento das cadeias produtivas e à melhoria da infraestrutura de transporte, reforça a inserção da região em circuitos produtivos voltados à exportação. Como consequência, observa-se a substituição progressiva de ecossistemas nativos por usos antrópicos mais intensivos, evidenciando que a reconfiguração da paisagem é, sobretudo, um reflexo das estratégias de desenvolvimento econômico que privilegiam a competitividade e a integração aos mercados internacionais.

5 CONCLUSÃO

A investigação sobre a dinâmica de uso e cobertura da terra na Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense (RMSM) entre 1985 e 2024 permitiu compreender as transformações espaciais em uma das áreas mais dinâmicas do bioma Cerrado. Os resultados evidenciam que a região passou por um processo de amadurecimento produtivo, caracterizado pela conversão de expressivas áreas de Formação Florestal (42,91%) e Savânica (31,92%) em matrizes antrópicas, com destaque para a consolidação da pecuária, que se tornou a classe dominante no território.

Ficou demonstrado que a RMSM não é apenas uma área de expansão de pastagens, mas um polo em diversificação. O surgimento e crescimento das áreas de agricultura mecanizada e silvicultura a partir da década de 2000, somados ao crescimento da área urbana, indicam a inserção definitiva da região nos fluxos econômicos do MATOPIBA. Essa transição reflete a modernização do campo, onde

atividades de maior valor agregado passam a ocupar o espaço geográfico, demandando infraestrutura logística e serviços especializados nos centros urbanos de influência.

Contudo, a análise também aponta para a necessidade de um planejamento territorial. A manutenção dos serviços ecossistêmicos, especialmente a regulação hídrica e o controle térmico proporcionados pelos remanescentes de vegetação nativa, é um fator determinante para a própria viabilidade econômica da agropecuária a longo prazo. A fragmentação da paisagem observada nos mapas temáticos sugere que o desafio para as próximas décadas reside em conciliar a produtividade crescente com a conservação ambiental, assegurando a resiliência climática da região metropolitana.

Em suma, este estudo cumpre o objetivo de quantificar e espacializar as trajetórias de mudança na RMSM, oferecendo um diagnóstico que pode subsidiar políticas públicas de ordenamento territorial. Recomenda-se, para trabalhos futuros, a análise do impacto dessas mudanças na qualidade dos corpos hídricos e na variação da temperatura de superfície, a fim de aprofundar o entendimento sobre as consequências microclimáticas da substituição da cobertura vegetal nesta importante porção do estado do Maranhão.

REFERÊNCIAS

ARAUJO-PINTO, A. *et al.* Scrutinizing the MapBiomas dataset: a comparison with reference land use and land cover maps in Brazil. **Remote Sensing**, Basel, v. 13, n. 24, p. 50-65, 2021. DOI: 10.3390/rs13245065.

BRAGA, Eduarda Vaz *et al*. Análise das mudanças de uso e cobertura da terra na Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 13, n. 30, p. 132-152, 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Bioma Cerrado**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mma. Acesso em: 01/02/2026.

DELGADO, Guilherme C. A questão agrária no Brasil, 1950-2003. Questão social e políticas sociais no Brasil contemporâneo. Brasília: **IPEA** , pág. 51-90, 2005.

EMBRAPA. **Visão de Futuro do Cerrado: 2020-2040**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/visao-de-futuro. Acesso em: 22 mar. 2024.

FAMEM. Região Metropolitana do Sudoeste maranhense passa a contar com 22 municípios. Disponível em: <https://www.famem.org.br/noticias/noticias/exibe/0030120-regiao-metropolitana-do-sudoeste-maranhense-passa-a-contar-com-22-municipios>. Acesso em: 01/04/2025

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **BDiA**: banco de dados de informações ambientais. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br. Acesso em: 01/02 2026.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Coordenação Geral de Observação da Terra. **PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA E DEMAIS BIOMAS**. avisos - Bioma Cerrado, 2021a. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads. Acesso em: 15/04/2025.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **PRODES - Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite: Cerrado**. São José dos Campos: INPE, 2021b. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/cerrado. Acesso em: 20/02/2026.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Impactos socioeconômicos e ambientais da expansão agrícola no MATOPIBA. Brasília: **IPEA**, 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/0c82a7c9-be16-4baa-9054-2f30d093a782/content. Acesso em: 20/02/2026.

ISPN. Instituto de Sociedade, População e Natureza. **O Bioma Cerrado.** Brasília, DF: ISPN, 2024. Disponível em: https://ispn.org.br/biomas/cerrado/. Acesso em: 20/03/2026.

LIMA, Karlla Karem Silva de et al. Dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do solo na região do MATOPIBA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 1, p. 281-296, 2024.

LIU, Jian Guo; MASON, Philippa J. Essential image processing and GIS for remote sensing. 2. ed. **Hoboken**: Wiley-Blackwell, 2020.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas: Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. São Paulo, 2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/downloads/. Acesso em: 01/02/2026

MAPBIOMAS. **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023**. São Paulo: MapBiomas, 2024. Disponível em: https://alerta.mapbiomas.org/relatorios . Acesso em: 01/02/2026.

MATOS, Patrícia Francisca De Matos. A consolidação da modernização agrícola no Cerrado e os impactos ambientais. **Revista Mediação**, Pires do Rio/GO, v. 1. n. 1.66-81. 2006.

OLIVEIRA, Allison Bezerra. A Região Tocantina do Maranhão: em busca de uma caracterização e definição. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 35, n. 82, p. 979-1004, 2025. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2025v35n82p979.

PEREIRA, Roberto Mendes. **Modelagem dinâmica de uso e cobertura da terra para mesorregião sul maranhense**. 2024. 241 f. Tese (Doutorado em geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2024.

REZENDE, L. S.; SANTOS, J. S.; SILVA, M. T. Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Maranhão: uma análise baseada em dados do MapBiomas. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 73, n. 4, p. 1120-1135, 2021.

RIBEIRO, Charles Lima *et al*. Saberes do Cerrado: degradação do bioma ao risco da perda do conhecimento tradicional. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 8, n. 6, p. 871-883, 2022.

RODRIGUES, T. C. S.; VIEGAS, J. C.; BRAGA, E. V. Expansão agropecuária e ocorrência de queimadas: estudo de caso no Cerrado da Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense. **Revista Caderno Pedagógico**, Curitiba, v. 22, n. 14, p. 1-25, 2025.

SANO. Edson Eyji; BETTIOL, Giovana Maranhão; MARTINS, Eder de Souza; COUTO JÚNIOR, Antônio Felipe VASCONCELOS, Vinícios; BOLFE, Èdson Luis; VICTORIS, Daniel de Castro. Características gerais da paisagem do Cerrado. in: BOLFE, Édson Luis; SANO, Edson Eujy; CAMPOS, Silvia Kanadani (editores técnicos). **Dinâmica agrícola no cerrado**: análises e projeções. Brasília: EMBRAPA, 2020.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; JESUS, E. T. Land use and land cover changes in the Brazilian Cerrado based on MapBiomas data. **Applied Geography,** [s. l.], v. 103, p. 32-40, fev. 2019.

SANO, Edson Eyji et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira** , v. 43, p. 153-156, 2008.

SOUSA, Marcos V. L. *et al.* Importance of protected areas by Brazilian states to reduce deforestation in the Amazon. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 12, n. 190, p. 1-18, 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2220-9964/12/5/190. Acesso em: 1 fev. 2026.

SOUZA, M. A.; VALE, A. T. Dinâmica de uso e cobertura da terra e fragmentação florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 1950-1972, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.5902/1980509864627. Acesso em: 01/03/2025

SOUZA, Carlos M. *et al.* 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, p. 2735, 2020.

ISSN: 2177-3246

VANDERPLAS, Jake. **Python Data Science Handbook**: Essential Tools for Working with Data. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2022. Disponível em: https://jakevdp.github.io/PythonDataScienceHandbook/. Acesso em: 01/03/2025