



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS**

CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

WANESSA FERREIRA DE CERQUEIRA

**EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE CHAPADA DA
NATIVIDADE: Um estudo do período de 2012 a 2023.**

PALMAS-TO

2025

WANEISSA FERREIRA DE CERQUEIRA

**EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE CHAPADA DA
NATIVIDADE: Um estudo do período de 2012 a 2023.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Agrônômica
do Instituto Federal do Tocantins – *Campus* Palmas,
como exigência à obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Vieira Pacheco
Sant'Ana

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Machado Carneiro

PALMAS-TO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

C411e Cerqueira, Wanessa Ferreira de
EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE CHAPADA
DA NATIVIDADE : Um estudo do período de 2012 a 2023. / Wanessa
Ferreira de Cerqueira. – Palmas, TO, 2025.
52 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins,
Campus Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'ana
Coorientador: Dr. Bruno Machado Carneiro

1. Geoprocessamento. 2. MapBiomias. 3. Chapada da Natividade.
I. Vieira Pacheco Sant'ana, Edvaldo. II. Machado Carneiro, Bruno. III.
Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS - TO
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

WANESSA FERREIRA DE CERQUEIRA

EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE CHAPADA DA NATIVIDADE: UM ESTUDO DO PERÍODO DE 2012 À 2023

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Superior Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus* Palmas - TO, como exigência à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 08 de agosto de 2025

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'Ana
IFTO - Campus Palmas - TO.

Prof. Dr. Bruno Machado Carneiro
IFTO - Campus Palmas - TO.

Prof. Dr. Thômas Vieira Nunes
IFTO - Campus Palmas - TO.

Palmas - TO, 08 de agosto de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Edvaldo Vieira Pacheco Santana, Coordenador**, em 08/08/2025, às 07:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thomas Vieira Nunes, Servidor**, em 08/08/2025, às 08:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Machado Carneiro, Servidor**, em 08/08/2025, às 09:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2858234** e o código CRC **52D1AC07**.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

Campus Palmas 310 Sul, Av. LO 5, s/n, esquina com a Avenida NS 10 - Plano Diretor Sul — CEP 77021-090 Palmas/TO - portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº 23236.015917/2025-15

SEI nº 2858234

À minha família: aos meus pais
Jeomá e Osmarina, ao meu
incrível irmão Allan.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que em todos esses anos de vida me guiou e sustentou com amor e fidelidade, mesmo antes que eu me entregasse verdadeiramente a Ele. Sua graça me fortaleceu nos dias bons e, principalmente, nos difíceis. Sem Ele, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Jeomá Pinto de Cerqueira e Osmarina Dias Ferreira, meu reconhecimento eterno. Obrigada por todo amor, apoio e cuidado. Obrigada por acreditarem no meu sonho, mesmo quando isso significou renunciar a alguns dos seus. Criar uma filha em outra cidade, em um curso que muitas vezes exigiu dedicação integral, não foi tarefa fácil. Ainda assim, vocês enfrentaram tudo com coragem e generosidade. Sou profundamente grata e serei por toda a vida.

Ao meu irmão Allan, obrigada pela presença constante, você me inspira a ser alguém melhor todos os dias. Às amigas Haranna, Elivania e Nurya, minha gratidão por estarem ao meu lado nessa jornada. E às minhas colegas de faculdade e estágio, Luana e Kamilla, foi um privilégio dividir essa reta final com vocês, vocês definitivamente tornaram tudo mais leve. E à todos os meus familiares, especialmente ao meu tio Jenilson e ao meu primo Félix, obrigada por cada conversa leve que trouxe alívio nos dias de tensão.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'Ana, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Bruno Machado Carneiro, minha sincera gratidão por acreditarem no meu trabalho, pelas orientações e pelas correções criteriosas. A convivência acadêmica com vocês foi uma parte essencial da minha formação.

E, por fim, aos professores e profissionais do IFTO Campus Palmas, meu agradecimento pelo compromisso com a educação e por acreditarem no seu poder transformador. Cada um de vocês, à sua maneira, contribuiu para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra no município de Chapada da Natividade, Tocantins, entre os anos de 2012 e 2023. A pesquisa foi realizada com base em dados do MapBiomas (Coleção 9), processados no software QGIS e no R, por meio de regressões polinomiais de 2ª ordem, com coeficientes de determinação variando entre $R^2=0,65$ e $R^2=0,91$. A classe Formação Savânica apresentou redução contínua e expressiva ($R^2=0,94$), evidenciando forte pressão antrópica sobre o Cerrado. A Formação Florestal estabilizou após queda inicial ($R^2=0,65$); a Pastagem cresceu até 2016 e manteve estabilidade nos anos seguintes ($R^2=0,74$); e a Soja registrou expansão acelerada a partir de 2015, com forte tendência de crescimento ($R^2=0,91$). A conversão de uso ficou concentrada em áreas com maior aptidão edafoclimática, relevo mecanizável e acesso à infraestrutura logística. A estabilização parcial da Formação Florestal demonstra influência do marco regulatório ambiental, especialmente do Código Florestal de 2012 e dos instrumentos como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), cuja implementação enfrenta entraves no município. O estudo fornece subsídios técnicos para o planejamento territorial e ambiental, reforçando a importância das geotecnologias no monitoramento da paisagem e na formulação de políticas públicas sustentáveis.

Palavras-chave: Geoprocessamento. MapBiomas. Cerrado. Chapada da Natividade. Código Florestal.

ABSTRACT

This study aims to analyze the land use and land cover dynamics in the municipality of Chapada da Natividade, Tocantins, between 2012 and 2023. The research was based on data from MapBiomass (Collection 9), processed using QGIS and R software, with second-order polynomial regressions applied. The models presented coefficients of determination ranging from $R^2=0.65$ to $R^2=0.91$. The Savanna Formation class showed a continuous and significant reduction ($R^2=0.94$), indicating strong anthropogenic pressure on the Cerrado biome. Forest Formation stabilized after an initial decline ($R^2=0.65$); Pasture expanded until 2016 and then remained stable ($R^2=0.74$); and Soybean cultivation experienced accelerated growth from 2015 onward ($R^2=0.91$), becoming the main driver of agricultural intensification in the region. Land conversion was concentrated in areas with higher edaphoclimatic suitability, mechanizable terrain, and access to logistical infrastructure. The partial stabilization of Forest Formation reflects the influence of environmental regulations, particularly the Forest Code of 2012 and instruments such as the Rural Environmental Registry (CAR), which still face implementation challenges in the municipality. The study provides technical input for territorial and environmental planning, reinforcing the role of geotechnologies in landscape monitoring and the development of sustainable public policies.

Keywords: Geoprocessing. MapBiomass. Cerrado. Chapada da Natividade. Forest Code.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização e abrangência do MATOPIBA	13
Figura 2 – Localização do Estado do Tocantins	15
Figura 3 – Localização do município de Chapada da Natividade – TO	16
Figura 4 – Declividade do município de Chapada da Natividade – TO.	17
Figura 5 – Geomorfologia do município de Chapada da Natividade – TO	18
Figura 6 – Solos do município de Chapada da Natividade – TO	19
Figura 7- Localização geográfica e limite territorial do município de Chapada da Natividade – TO, com base em imagem de satélite.	24
Figura 8 – Dinâmica de uso e cobertura da terra no município de Chapada da Natividade – 2012.	27
Figura 9 – Evolução do crescimento da área plantada no Tocantins	28
Figura 10 – Dinâmica de uso e cobertura da terra no município de Chapada da Natividade – 2019.	29
Figura 11 – Dinâmica de uso e cobertura da terra no município de Chapada da Natividade – TO (2023).	30
Figura 12 - Comparativo de Uso e Cobertura da Terra do Município de Chapada da Natividade dos anos de 2012 - 2023.	31
Figura 13 – Variação anual e tendência temporal da área de Formação Florestal no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023.	34
Figura 14 – Variação anual e tendência temporal da área de Formação Savânica no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023.	37
Figura 15 – Variação anual e tendência temporal da área de Pastagem no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023.	39
Figura 16 – Variação anual e tendência temporal da área de Soja no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023.	41

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	9
2. DESENVOLVIMENTO	11
2.1 Revisão de Literatura.....	11
2.1.1História e relevância da agricultura para o Brasil	11
2.1.2 MATOPIBA	12
2.1.3 O estado do Tocantins	14
2.1.4 Chapada da Natividade	16
2.1.4.1 Geomorfologia município de Chapada da Natividade	17
2.1.4.2 Solos do município de Chapada da Natividade	18
2.1.5 Uso de Geotecnologias na Agricultura	20
2.1.6 MapBiomas.....	21
2.1.7 O Código Florestal de 2012: Implicações na Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo	21
3. METODOLOGIA.....	23
3.1 Aquisição e tratamento dos dados.....	24
3.2 Processamento e análise dos dados.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
4.1 Dinâmica Espacial do Uso e Cobertura da Terra.....	26
4.1.2 Formação Florestal	33
4.1.3 Formação Savânica: Cerrado	36
4.1.4 Pastagem	38
4.1.5 Soja	40
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICE A – Planilha de dados de uso da terra no município de Chapada da Natividade (2012–2023).....	52

1.INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos principais motores do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, consolidando o país como um dos líderes globais na produção e exportação de commodities agrícolas (OLIVEIRA; LOPES; SANTOS, 2022). Contudo, para além do impacto nacional, é no território que se revelam as especificidades e contradições da expansão agropecuária, especialmente em regiões fronteiriças como o estado do Tocantins. Criado em 1988, o estado apresenta uma dinâmica recente e intensa de reconfiguração territorial, impulsionada pelo avanço do agronegócio (RODRIGUES SOBRINHO, 2023).

Um exemplo significativo dessa transformação ocorre no município de Chapada da Natividade, localizado no sudeste do Tocantins. Apesar de ser diretamente impactado pela expansão agrícola regional, o município ainda carece de estudos detalhados que integrem dados espaciais multitemporais com os vetores físicos, logísticos e legais que moldam o uso da terra local. Com uma área de aproximadamente 1.640,83 km² e população estimada em 3.117 habitantes (IBGE, 2023), Chapada da Natividade representa um microcosmo das tensões entre produção e conservação.

Diante desse contexto, torna-se fundamental analisar as transformações ocorridas entre 2012 e 2023, período marcado não apenas pela intensificação das atividades agropecuárias, mas também pela vigência do novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), cuja aplicação tem alterado as práticas de ocupação territorial em diferentes escalas.

Nesse cenário, o geoprocessamento integrado à agricultura de precisão configura como uma ferramenta metodologicamente eficaz para a coleta, processamento e análise detalhada de dados territoriais, com elevado grau de acurácia. A incorporação de tecnologias avançadas de mapeamento, como a topografia convencional, imagens aéreas e de satélite, sistemas de posicionamento global (GPS) e as sequências de vídeo geoespaciais, aprimora a produção de mapas temáticos e viabiliza a mensuração precisa das diversas categorias de uso e cobertura do solo (REGHINI; CAVICHIOLI, 2020).

O Brasil conta com diversas iniciativas de monitoramento ambiental que contribuem significativamente para a gestão e o planejamento territorial. O PRODES,

coordenado pelo INPE, realiza o mapeamento anual do desmatamento na Amazônia desde 1988, e disponibiliza esses dados na plataforma TerraBrasilis (DE ALMEIDA, 2021).

Recentemente, o governo federal anunciou que os dados do PRODES passarão a ser utilizados como critério para a concessão de crédito rural a partir de 2026, reforçando o papel estratégico do monitoramento no controle ambiental (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2025)

De modo complementar, o PRODES Cerrado, também conduzido pelo INPE, visa monitorar e quantificar anualmente a remoção da vegetação nativa no bioma Cerrado, utilizando imagens de satélites Landsat para identificar áreas desmatadas superiores a um hectare. Seus dados, contam com uma série histórica de 2000 a 2017, que são fundamentais para entender a dinâmica de ocupação do Cerrado e subsidiar políticas públicas (MAURANO; ALMEIDA; MEIRA, 2019).

O projeto TerraClass, desenvolvido em parceria entre o INPE e a Embrapa, que mapeia e qualifica o uso e cobertura da terra nas áreas previamente desmatadas da Amazônia Legal. Os resultados, gerados a partir de imagens de satélite, são disponibilizados no GeoPortal TerraClass, que oferece ferramentas como matrizes de transição e diagramas de Sankey para acompanhar a dinâmica das mudanças no uso da terra (ANTUNES, 2019).

No entanto, para fins de mapeamento e análise da dinâmica do uso da terra, o MapBiomas surge como uma ferramenta particularmente adequada, pois oferece uma série histórica anual harmonizada de mapas de uso e cobertura da terra para todo o território nacional (SILVA et al., 2023). Tais características o tornam especialmente útil em comparação a outras iniciativas mais restritas em escopo temático ou espacial, como o PRODES e o TerraClass.

Seu principal objetivo é mapear anualmente a cobertura e o uso do solo em todo o território brasileiro. A plataforma adota como base a delimitação dos biomas definida pelo IBGE e opera por meio da infraestrutura do Google Earth Engine (GEE), o que permite o processamento eficiente de grandes volumes de dados orbitais. Essa abordagem proporciona informações detalhadas sobre áreas agrícolas, pastagens e formações florestais, apresentado como um instrumento essencial para subsidiar decisões relacionadas ao manejo sustentável e ao planejamento territorial e ambiental (SOUZA et al., 2020)

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo principal analisar as mudanças no uso da terra no município de Chapada da Natividade, no período compreendido entre os anos de 2012 e 2023, bem como identificar os principais vetores e atores sociais e econômicos que influenciam a modificação do uso da terra no território.

Ao adotar uma abordagem local e multitemporal, pretende-se contribuir para a redução da lacuna de estudos aplicados em escala municipal, oferecendo subsídios técnicos que apoiem o planejamento territorial e o debate sobre sustentabilidade no Cerrado tocantinense.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão de Literatura

2.1.1 História e relevância da agricultura para o Brasil

A agricultura brasileira surgiu com o processo de colonização, marcado pela implantação de culturas voltadas à exportação, como cana-de-açúcar, algodão e café, em grandes propriedades e com uso de mão de obra escravizada. Durante os períodos colonial e imperial, predominavam práticas extensivas, baixa produtividade e pouca inovação técnica (EMBRAPA, 2017).

No entanto, foi a partir da década de 1970 que se iniciou uma transformação significativa na agricultura brasileira, com a criação da Embrapa. A instituição teve papel fundamental no desenvolvimento de tecnologias adaptadas aos solos e climas tropicais, o que possibilitou a expansão agrícola no Cerrado, região até então considerada imprópria para a agricultura. Esse avanço foi resultado de pesquisas voltadas para a correção da acidez do solo, fertilização e desenvolvimento de cultivares adaptadas (VILELA; SOARES; WAGNER, 2020).

Tais avanços tecnológicos contribuíram significativamente para o Produto Interno Bruto (PIB) do país, posicionando o Brasil como um dos maiores produtores e exportadores do mundo, reconhecidos internacionalmente por esses resultados (OLIVEIRA; LOPES; SANTOS, 2022). Nesse contexto de transformações na economia global e de crescente inserção do agronegócio brasileiro no comércio internacional, dois marcos históricos assumem papel central na configuração da atual posição do Brasil no mercado global.

Conforme apontam Mesquita et al. (2021), dois fatores geopolíticos tiveram papel estratégico na ampliação das exportações brasileiras nas últimas décadas: a criação do Mercado Comum do Sul (Mercosul), em 1991, e o crescimento econômico acelerado da China no início do século XXI.

O Mercosul favoreceu a integração regional ao estabelecer acordos comerciais que reduziram barreiras tarifárias entre os países-membros, ampliando o escoamento de produtos brasileiros, especialmente no setor agroindustrial. Paralelamente, a demanda chinesa por commodities impulsionou as exportações de grãos, carnes e minerais, consolidando o Brasil como um dos principais fornecedores globais (NASSAR, 1999; BATALHA; PINHO, 2023)

Esse reposicionamento na divisão internacional do trabalho reforça a especialização produtiva do país em setores de baixo valor agregado, ainda que tenha proporcionado superávits comerciais e crescimento setorial. (NUNES; NUNES, 2012)

Em 2023, o agronegócio brasileiro participou de cerca de 23,8% do PIB nacional (CEPEA, 2024). Essa significativa participação demonstra o quanto o ramo tem proporcionado melhorias no cenário econômico do país (OLIVEIRA; LOPES; SANTOS., 2022).

Segundo o estudo de Bolfe et al. (2016), um exemplo notável dessa expansão pode ser observado no crescimento da participação das regiões Norte e do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), no cenário produtor do país.

2.1.2 MATOPIBA

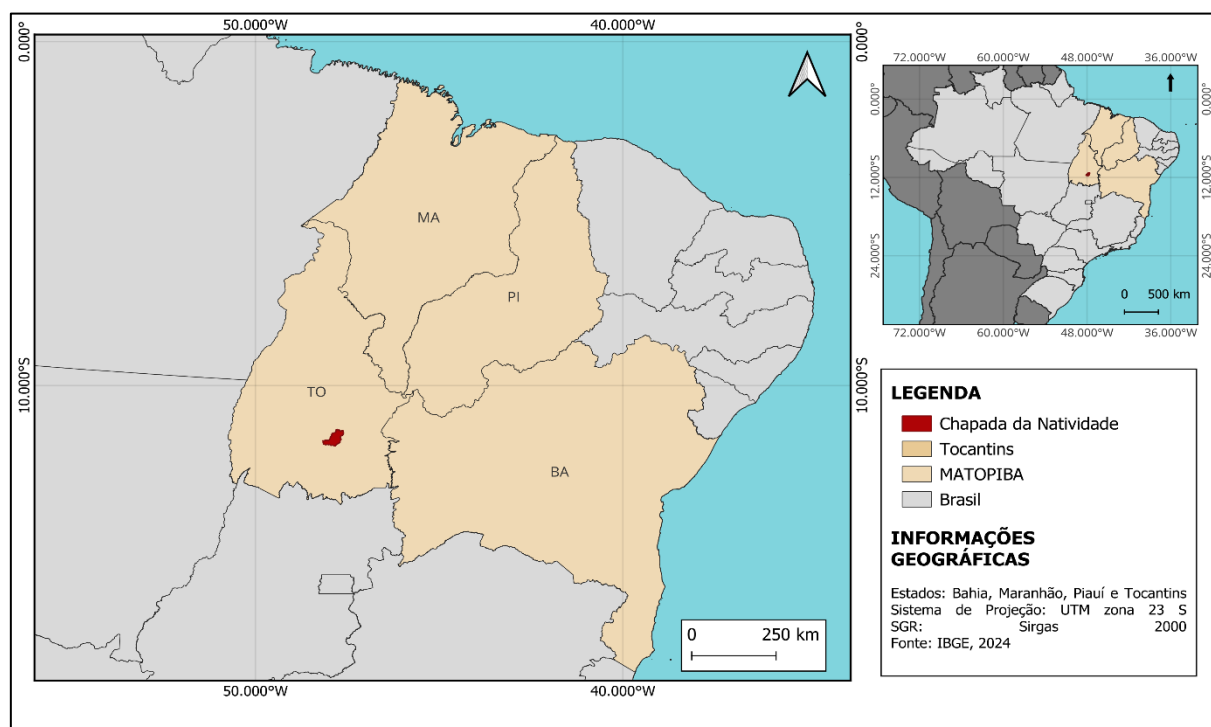
A região do Matopiba se destaca pelo notável crescimento da produtividade agrícola e pela relevância na produção de commodities como soja, milho e algodão. A denominação refere à mesorregião formada pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (GARCIA et al., 2024), que vem se consolidando como uma das principais fronteiras agrícolas do país (Figura 1).

Esse processo ganhou impulso a partir de 2015, quando a região foi oficialmente reconhecida como fronteira agrícola prioritária com a instituição do Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba, por meio do Decreto Presidencial nº 8.447, de 15 de maio de 2015. Desde então, a intensificação das atividades agropecuárias tem contribuído para o avanço da produção agrícola (CARNEIRO, 2024).

Os biomas presentes na região incluem o Cerrado, que ocupa 90,94% do total da área, seguido pela Amazônia com 7,27%, e a Caatinga, que representa 1,64% da área total (EMBRAPA, 2025).

No âmbito da produção de grãos a região se destaca com colheitas expressivas, na safra 2022/23, o cultivo da soja ocupou cerca de 4,8 milhões de hectares, resultando em uma produção de 18,5 milhões de toneladas, o que corresponde a aproximadamente 12% da produção nacional (EMBRAPA, 2024).

Figura 1 – Localização e abrangência do MATOPIBA



Fonte: Autor (2025).

Esse processo ganhou impulso a partir de 2015, quando a região foi oficialmente reconhecida como fronteira agrícola prioritária com a instituição do Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba, por meio do Decreto Presidencial nº 8.447, de 15 de maio de 2015. Desde então, a intensificação das atividades agropecuárias tem contribuído para o avanço da produção agrícola (CARNEIRO, 2024).

Os biomas presentes na região incluem o Cerrado, que ocupa 90,94% do total da área, seguido pela Amazônia com 7,27%, e a Caatinga, que representa 1,64% da área total (EMBRAPA, 2025).

No âmbito da produção de grãos a região se destaca com colheitas expressivas, na safra 2022/23, o cultivo da soja ocupou cerca de 4,8 milhões de hectares, resultando em uma produção de 18,5 milhões de toneladas, o que corresponde a aproximadamente 12% da produção nacional (EMBRAPA, 2024).

O estado do Tocantins, uma das figuras centrais que compõem o MATOPIBA, se consolidou em 2023 como uma das principais potências agropecuárias do país. De acordo com o Governo do Tocantins (2024), a agropecuária estadual registrou um crescimento de 25,6% em 2023, posicionando o Tocantins como o segundo estado com maior avanço agropecuário no país. Esse desempenho contribuiu significativamente para o fortalecimento da economia regional, refletindo a importância estratégica do setor para o desenvolvimento econômico estadual.

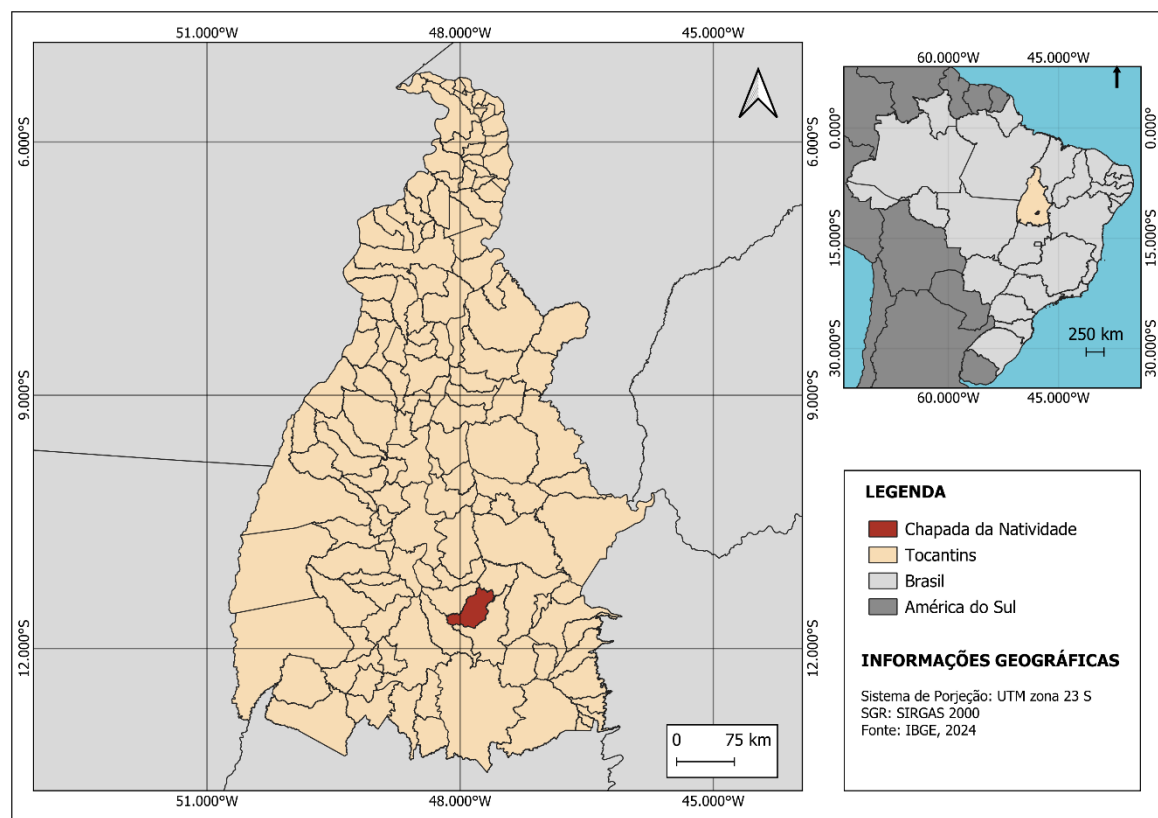
2.1.3 O estado do Tocantins

Criado no ano de 1988 (GOVERNO DO TOCANTINS, 1999), o Estado do Tocantins (Figura 2) possui uma extensão territorial de 277.720,5 km² (IBGE, 2021). O estado é predominantemente composto por latossolos e neossolos quartzarênicos, que, apesar de apresentarem limitações naturais, como acidez e baixa fertilidade, possuem grande potencial agrícola (LIMA *et al.*, 1999).

A expansão do agronegócio no Tocantins decorre da combinação entre políticas públicas de desenvolvimento, investimentos em infraestrutura, como a construção da Ferrovia Norte-Sul, de usinas hidrelétricas e iniciativas do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Embora tenha ocorrido de forma mais tardia em comparação a outras regiões do país, esse processo foi intensificado a partir da década de 1970, com a implantação do Projeto Rio Formoso, que promoveu a produção irrigada de grãos e consolidou a fronteira agrícola no vale do Araguaia (VERGARA, 2021).

O Estado também apresenta um clima tropical, marcado por uma alternância bem definida entre estação chuvosa e estação seca. A temperatura média anual é de 24,9 °C, variando entre 23,9 °C e 27,7 °C, enquanto a precipitação média anual totaliza aproximadamente 1.643 mm, dos quais cerca de 85% ocorrem no período chuvoso. Essas condições climáticas são particularmente favoráveis ao desenvolvimento das principais culturas agrícolas anuais no estado (COLLICCHIO; ROCHA, 2022).

Figura 2 – Localização do Estado do Tocantins



Fonte: Autor (2025).

O relevo do Tocantins é predominantemente composto por depressões e planícies, com altitudes variando entre 360 e 600 metros, características que favorecem amplamente a mecanização agrícola. Quanto aos solos, predominam Latossolos, Plintossolos e Cambissolos, que, apesar da baixa fertilidade natural, apresentam profundidade e boa drenagem. Com manejo adequado e práticas de correção, esses solos oferecem elevada aptidão para o cultivo de diversas culturas e para a pecuária (CADERNO DE CARACTERIZAÇÃO, 2021). Tais condições naturais têm contribuído para a crescente inserção do estado no cenário agrícola nacional, especialmente na produção de grãos, como a soja, e na integração com os principais mercados do MATOPIBA.

Apesar de ser o estado mais novo do Brasil, o Tocantins, vem assumindo com o passar dos anos uma posição de destaque entre os produtores de soja da região do MATOPIBA, consolidando como o segundo maior produtor, atrás apenas da Bahia, e como o principal produtor de soja da região Norte do Brasil (CONAB, 2023).

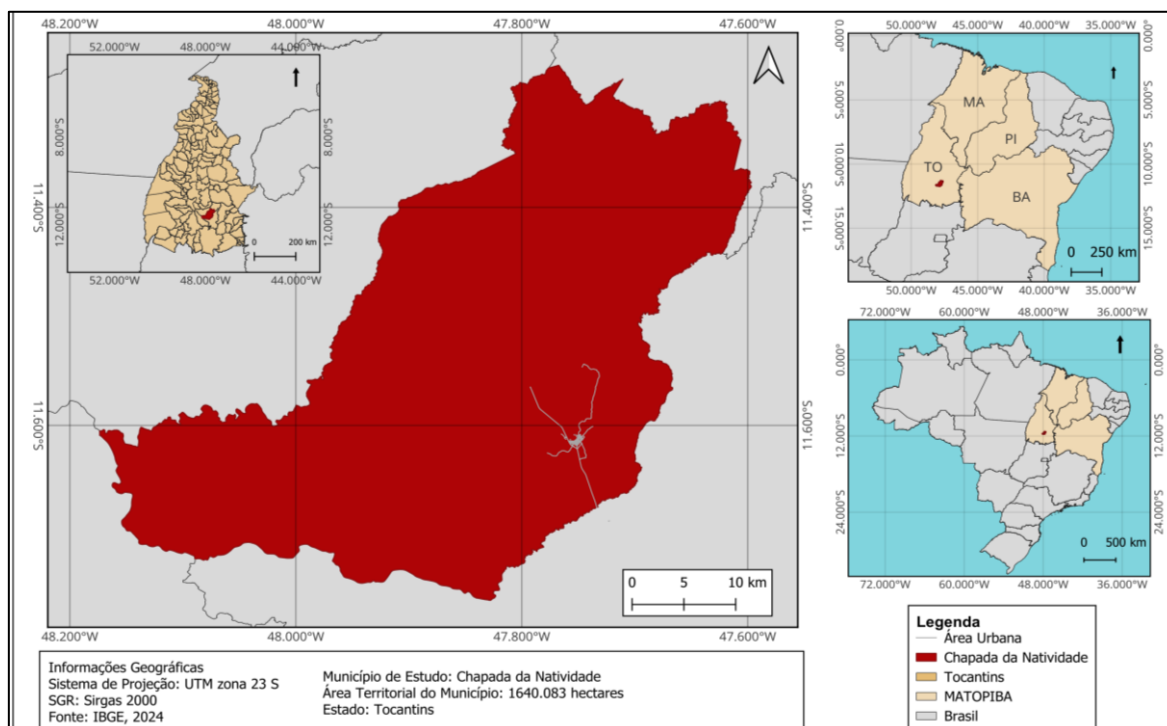
Segundo Vergara *et al.* (2020), a posição geográfica do Tocantins favorece sua conexão com corredores logísticos, como a BR-153 e a Ferrovia Norte-Sul. Na região Sudeste, a agricultura tem se fortalecido por projetos estratégicos, como o Manoel Alves, e pela expansão da soja, destacando o potencial agrícola da área e sua integração ao MATOPIBA, consolidando-a como estratégica para o desenvolvimento econômico.

2.1.4 Chapada da Natividade

Cerca de 200 km da capital, Palmas, na região sudeste do Tocantins, está localizado o município de Chapada da Natividade (Figura 3). O município foi criado em 28 de setembro de 1995 e instalado em 1º de janeiro de 1996 e área territorial de 1.640,833km² (DA COSTA NETO, 2022; IBGE 2023).

Mas história dessa cidade se inicia na terceira década do século XVIII, com a descoberta de ouro na região. As minas da cidade eram constantemente disputadas pelas capitanias Grão-Pará, Pernambuco e de São Paulo (PREFEITURA MUNICIPAL DE CHAPADA DA NATIVIDADE, 2025).

Figura 3– Localização do município de Chapada da Natividade – TO

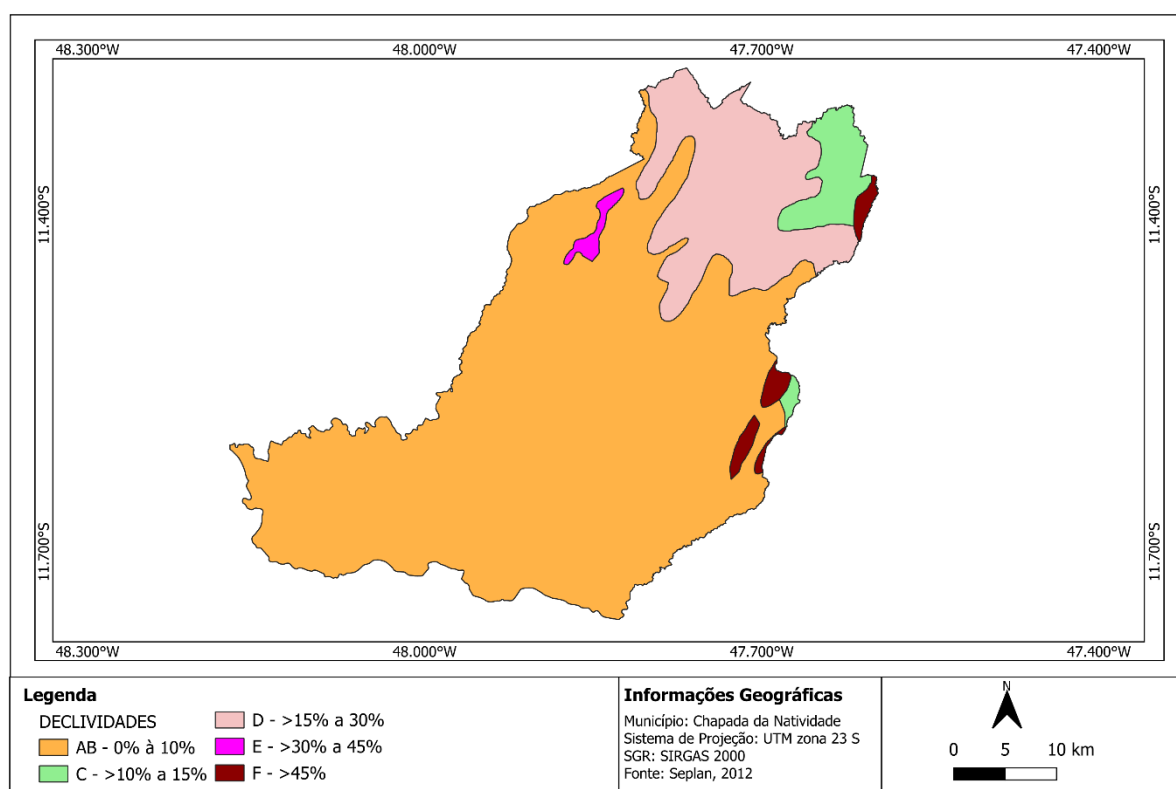


Fonte: Autor (2025).

2.1.4.1 Geomorfologia município de Chapada da Natividade

No que diz respeito à declividade do município (Figura 4), de acordo com a SEPLAN (2012), as áreas com declividade igual ou inferior a 5% (classe A) apresentam grau nulo de restrição à mecanização agrícola, com escoamento superficial lento ou médio e rendimento superior a 90% nas operações, especialmente em solos bem estruturados. Essas áreas incluem majoritariamente as Planícies fluviais e partes da Depressão do Alto Tocantins, que concentram as principais zonas de uso agrícola intensivo no município (Figura 5).

Figura 4 – Declividade do município de Chapada da Natividade – TO

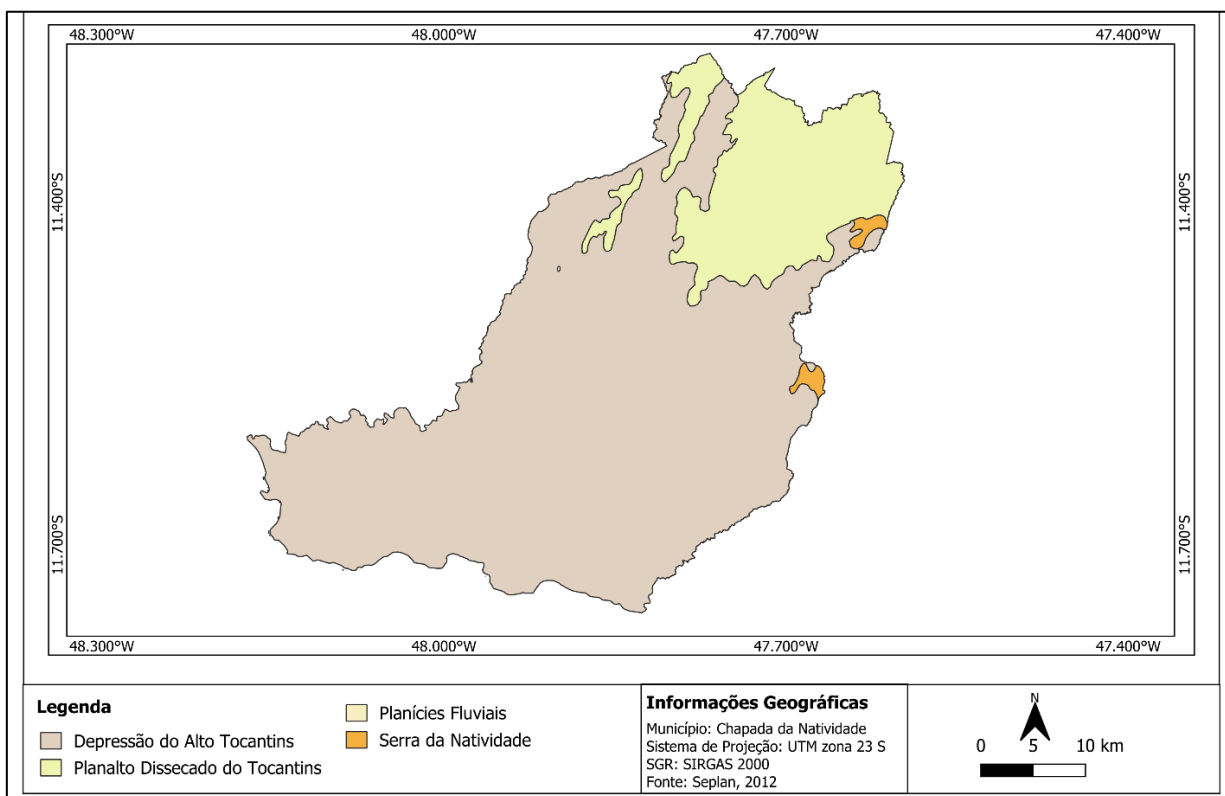


Fonte: Autor (2025).

Por sua vez, porções do Planalto Dissecado se enquadram nas classes B e C, com declividades entre 5% e 15%, onde o uso de máquinas agrícolas ainda é viável, porém exige maior cautela e práticas conservacionistas mais elaboradas devido ao aumento do escoamento superficial e à maior suscetibilidade à erosão, especialmente em solos mais rasos ou com camadas concrecionárias. Já na Serra da Natividade, as declividades ultrapassam 45% (classe F), configurando um relevo montanhoso com altíssima limitação ao uso agrícola. Nessas áreas, a mecanização é inviável, sendo o

uso restrito à preservação ambiental ou, em casos pontuais, à silvicultura com intervenção mínima (SEPLAN, 2012).

Figura 5 – Geomorfologia do município de Chapada da Natividade – TO



Fonte: Autor (2025).

2.1.4.2 Solos do município de Chapada da Natividade

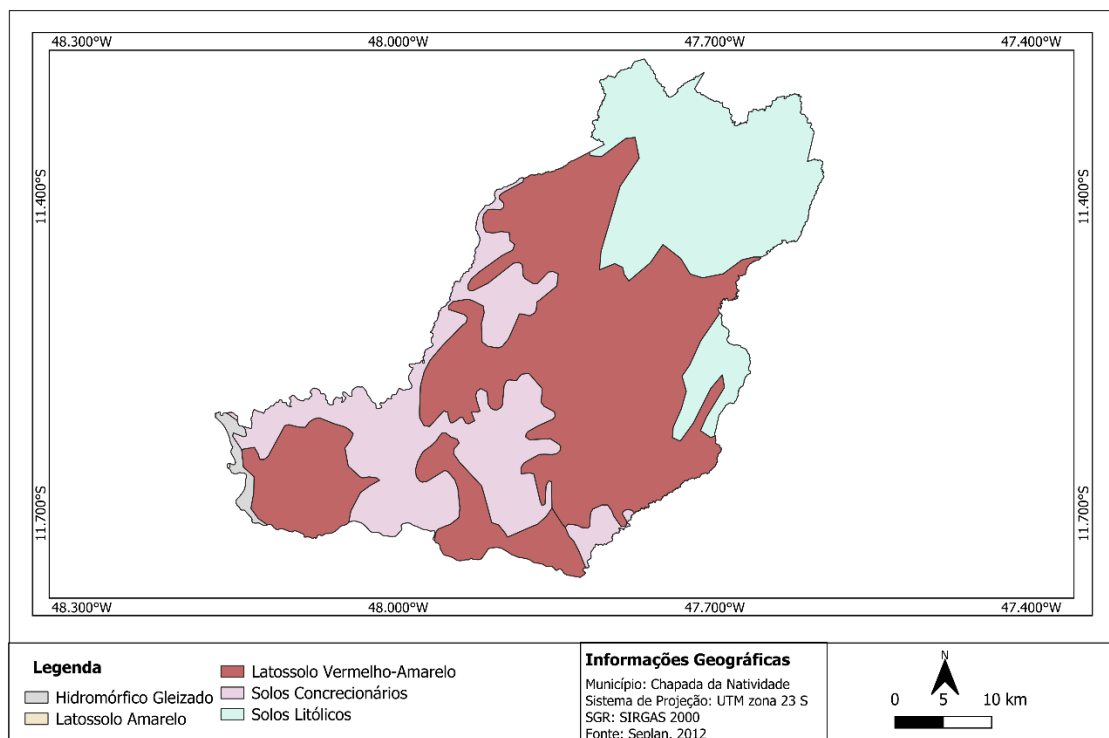
Os solos do município de Chapada da Natividade (Figura 6), são predominantemente Latossolos Vermelho-Amarelos, que ocupam cerca de 41,2% da área total. São conhecidos por serem solos bem drenados e estruturalmente estáveis, esses solos apresentam baixa fertilidade natural, exigindo correções químicas para uso agrícola, mas são amplamente utilizados em cultivos mecanizados como soja e milho (NETO, 2016; SEPLAN 2012)

Na sequência, os Solos Litólicos representam 20,1% do território e se caracterizam pela baixa profundidade e alta suscetibilidade à erosão, o que limita seu aproveitamento agrícola, sendo mais indicados para pastagens extensivas ou preservação. Já os solos concrecionários (17,4%) possuem camadas endurecidas de

ferro, restringindo o desenvolvimento radicular e a disponibilidade de água, o que os torna pouco férteis e de uso restrito (EMBRAPA, 2025; SEPLAN 2012).

Em menor proporção, os Gleissolos (0,7%) ocorrem em áreas mal drenadas, com saturação hídrica constante, sendo mais adequados para usos controlados como pastagens naturais. Por fim, os Latossolos Amarelos são pouco expressivos na área (0,01%), mas compartilham limitações semelhantes aos Vermelho-Amarelos, requerendo correções para uso agrícola eficiente (SANTOS,2018; SEPLAN, 2012)

Figura 6 – Solos do município de Chapada da Natividade – TO



Fonte: Autor (2025).

Desse modo, a configuração geomorfológica de Chapada da Natividade, aliada a um regime pluviométrico anual entre 1.491 mm e 1.530 mm (SEPLAN, 2025), tem favorecido o avanço da agricultura no município. Mesmo em áreas inicialmente limitadas por solos como os Latossolos, a expansão agrícola tem sido viabilizada por meio da mecanização e da adoção de técnicas de correção e manejo da fertilidade.

Essa dinâmica de uso intensivo do solo em regiões mecanizáveis, impulsionada por condições topográficas e edáficas favoráveis do Cerrado, somada às pressões econômicas regionais, tem contribuído para a conversão progressiva das formações naturais do bioma. E quando não conduzida de forma coordenada, essa expansão

pode comprometer a paisagem e os serviços ecossistêmicos locais (COLMAN et al., 2024).

A predominância do bioma Cerrado na região, caracterizado por formações savânicas e florestais, torna Chapada da Natividade um local singular para estudos de dinâmica de uso da terra. Tais características permitem analisar como a conversão de áreas naturais para fins agrícolas e pecuários impacta a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos locais. Segundo Koga *et al.* (2018), compreender as tendências de crescimento de uma região contribuiu como base de planejamento para o planejamento do desenvolvimento econômico local.

2.1.5 Uso de Geotecnologias na Agricultura

Desde 1970, a Embrapa emprega o uso de geotecnologias associada às suas pesquisas, abrangendo desde a agricultura de precisão até o mapeamento do uso dos solos, com a aspiração de promover o desenvolvimento sustentável e eficiente (EMBRAPA, 2024).

Sendo consideradas indispensáveis para o estudo do espaço agropecuário, tais tecnologias proporcionam a avaliação de fatores físicos e precisos em áreas rurais, contribuindo tanto na preservação dos recursos naturais quanto no monitoramento do seu uso (CASTANHO E TEODORO, 2010).

Conforme Andrade *et al.* (2017), o uso de geotecnologias no Cerrado brasileiro, um dos biomas mais significativos para a agricultura do país, tem se mostrado essencial para o acompanhamento e avaliação do estado das pastagens. Por meio de recursos como o sensoriamento remoto, foi possível investigar a degradação em áreas específicas, reconhecendo regiões críticas que requerem intervenções, contribuindo para o aumento da sustentabilidade e produtividade do bioma.

Em conformidade com Coelho *et al.* (2014), o acompanhamento do uso e cobertura do solo por técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tem se revelado crucial para a avaliação das mudanças na paisagem. Isso possibilita avaliar e quantificar as alterações do uso do solo, como a transformação de áreas de pasto em campos agrícolas, além de identificar ações de manipulação do meio ambiente. Auxiliando na criação de estratégias eficientes de administração sustentável e conservação dos recursos naturais.

Sob essa perspectiva, propostas como o MapBiomias emergem como modelos notáveis quanto à aplicação dessas tecnologias podem fornecer dados robustos e uma visão histórica sobre as transformações na paisagem brasileira, contribuindo para a gestão responsável dos recursos naturais. (SOUZA *et al.*, 2020)

2.1.6 MapBiomias

A ferramenta Mapbiomas foi desenvolvida com o objetivo de auxiliar na gestão do uso da terra no Brasil mapeando anualmente a cobertura e uso do solo em todo o território nacional (MAPBIOMAS, 2024).

A plataforma utiliza a delimitação dos biomas do IBGE e a tecnologia do Google Earth Engine (GEE), proporcionando informações detalhadas sobre áreas agrícolas, pastagens e florestas. Esses dados são essenciais para embasar decisões sobre manejo sustentável e para o planejamento do desenvolvimento (SOUZA, 2020).

A classificação dos dados é realizada por algoritmos de aprendizado de máquina, com amostras ajustadas regionalmente e aplicação de filtros temporais e espaciais que asseguram a consistência das séries anuais. O processo é executado em blocos de 32 km x 32 km, com base em mosaicos de imagens Landsat processados na infraestrutura do Google Earth Engine. A acurácia dos mapas é verificada por meio de aproximadamente 85 mil pontos de validação, inspecionados por uma equipe independente por meio de interpretação visual, com os resultados analisados por matrizes de confusão (MAPBIOMAS, 2024). Esses procedimentos garantem maior precisão na identificação e monitoramento das mudanças na cobertura e uso da terra ao longo do tempo.

Por essas razões, o presente estudo utilizou os dados do MapBiomias como base para a análise multitemporal da dinâmica de uso e cobertura da terra no município de Chapada da Natividade, considerando a confiabilidade metodológica da plataforma e a possibilidade de acesso a séries temporais anuais e espacialmente consistentes.

2.1.7 O Código Florestal de 2012: Implicações na Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo

O Código Florestal de 1965 (Lei nº 4.771/1965) tinha como principal objetivo a preservação das florestas frente à expansão agrícola, especialmente da monocultura.

Ele estabeleceu limites rígidos para as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reserva Legal (RL), proibindo a ocupação de encostas íngremes e exigindo a manutenção de cobertura vegetal nativa. Além disso, introduziu o princípio da função socioambiental da propriedade, restringindo o uso do solo em prol do interesse coletivo (SENADO, 2009; VALLE, 2011).

Com a promulgação da Lei nº 12.651/2012, o Código Florestal foi reformulado para tentar equilibrar a conservação ambiental com a realidade produtiva do país. Foram mantidos os percentuais mínimos de RL por bioma, mas instituída a possibilidade de regularização de áreas consolidadas ocupadas até julho de 2008. Além disso, foram criados instrumentos como o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Programa de Regularização Ambiental (PRA), permitindo que os produtores regularizassem passivos ambientais mediante adesão a compromissos formais (RODRIGUES; MATAVELLI, 2020)

Essas mudanças legislativas tiveram reflexos diretos na dinâmica fundiária e ambiental dos municípios brasileiros, sobretudo naqueles com histórico de uso agropecuário consolidado, como é o caso de Chapada da Natividade/TO.

A análise dos dados do CAR do município (Tabela 1) evidencia o predomínio de registros em situação “proposta” e “ativa” nas categorias de Reserva Legal e Área Consolidada, revelando um processo em curso de regularização e adaptação às exigências do novo Código.

Os dados do CAR de Chapada da Natividade/TO revelam os impactos diretos do Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012). A expressiva quantidade de imóveis com RL em situação “proposta” (400 de 466 registros) e a baixa taxa de averbação (12 ativos) indicam que, embora o cadastro tenha sido realizado, sua efetivação ainda é limitada. Isso reflete o caráter autodeclaratório do CAR e a falta de estrutura técnica para análise, como apontado por Okuyama et al. (2020).

Por fim, o levantamento aponta 531 imóveis cadastrados, sendo a maioria imóveis rurais privados. Os assentamentos, embora em menor número, apresentam maior proporção de registros suspensos e cancelados, indicando fragilidade no acesso à regularização ambiental. Essa desigualdade no cumprimento da legislação é discutida por Okuyama et al. (2020), que destacam as dificuldades enfrentadas por pequenos produtores e territórios coletivos na implementação efetiva do Código.

Quadro 1 – Situação das categorias fundiárias e ambientais no município de Chapada da Natividade/TO, segundo o CAR (2025)

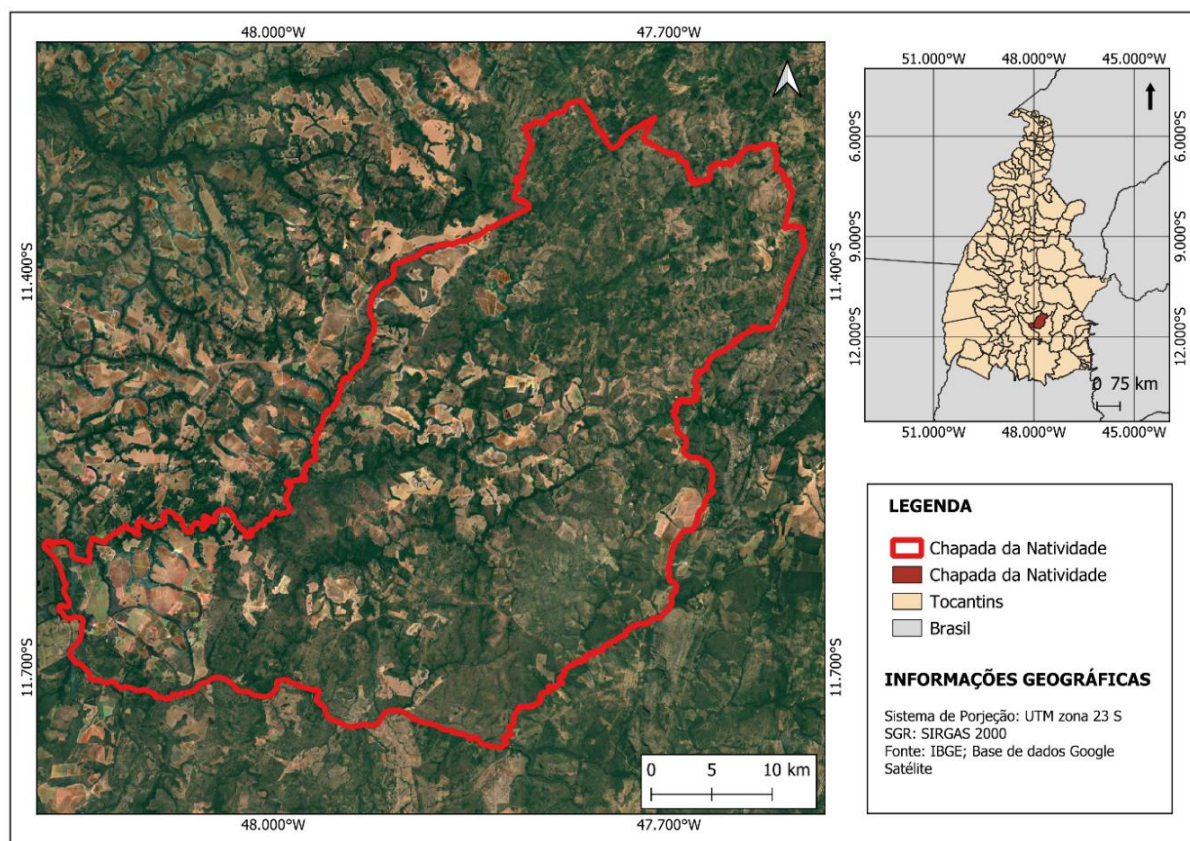
Categoria	Situação	Quantidade de Imóveis
Reserva Legal	Averbada (Ativo)	12
	Averbada (Pendente)	1
	Averbada (Cancelado)	2
	Proposta (Ativo)	400
	Proposta (Pendente)	9
	Proposta (Suspendo)	3
	Proposta (Cancelado)	35
	Aprovada e Não Averbada (Ativo)	3
	Aprovada e Não Averbada (Cancelado)	1
	Total	466
Área Consolidada	Ativo	293
	Pendente	10
	Suspendo	4
	Cancelado	33
	Total	373
Área do Imóvel	Imóvel Rural (Ativo)	469
	Imóvel Rural (Pendente)	12
	Imóvel Rural (Suspendo)	2
	Imóvel Rural (Cancelado)	40
	Assentamento (Ativo)	3
	Assentamento (Suspendo)	1
	Assentamento (Cancelado)	5
	Total	469

Fonte: Dados do Sistema Nacional do CAR – Consulta Pública, 2025. Adaptado pelo autor (2025)

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem quantitativa e exploratória, com foco na análise multitemporal do uso e cobertura da terra. O estudo foi conduzido no município de Chapada da Natividade (Figura 7), situado na região Sudeste do Tocantins, dentro do bioma Cerrado, que vem passando por transformações recentes no uso do solo.

Figura 7- Localização geográfica e limite territorial do município de Chapada da Natividade – TO, com base em imagem de satélite



Fonte: Autor (2025).

O recorte temporal de 2012 a 2023 foi definido com o objetivo de analisar as mudanças mais atuais no município, em um período marcado por alterações relevantes em políticas públicas e normas ambientais, como a vigência do Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012).

3.1 Aquisição e tratamento dos dados

Os dados utilizados foram obtidos por meio da Coleção 9 do MapBiomas, acessada na plataforma Google Earth Engine (GEE). Foram extraídas as imagens raster correspondentes aos mapas anuais de uso e cobertura da terra, já recortadas para os limites do município de Chapada da Natividade.

As imagens foram importadas para o software QGIS, versão 3.42 (2022), onde foi aplicado o estilo oficial da Coleção 9 para garantir a padronização visual das classes de uso. Em seguida, realizou-se a conversão dos dados raster em vetores (polígonos), utilizando a ferramenta de poligonização nativa do QGIS.

Após a vetorização, os dados foram reprojetados para o sistema SIRGAS 2000 / UTM Zona 23S, adequado à localização geográfica do município. Durante esse processo, foram geradas múltiplas feições para cada classe de uso, o que exigiu a aplicação da ferramenta “Dissolver”, a fim de unificar as feições de mesma categoria e consolidar as áreas ocupadas.

A escolha por essa projeção se justifica pela necessidade de garantir a precisão espacial dos dados e a exatidão nos cálculos de área. A projeção UTM (Universal Transverse Mercator) divide o globo em zonas longitudinais de 6° e minimiza distorções locais, sendo amplamente utilizada para análises territoriais em escala regional. A Zona 23S abrange o sudeste do Tocantins, onde está situado o município de Chapada da Natividade, enquanto o sistema geodésico SIRGAS 2000 é o datum oficial do Brasil, assegurando compatibilidade com outras bases de dados oficiais e maior confiabilidade nas análises.

Com a base vetorial consolidada e projetada corretamente, procedeu-se ao cálculo das áreas ocupadas por cada classe, em hectares, por meio da ferramenta de cálculo de geometria do QGIS. Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas, utilizadas para a etapa posterior de análise estatística e modelagem no software R.

As classes selecionadas para análise refletem aspectos ecológicos e produtivos relevantes para a região, baseando-se na legenda oficial do MapBiomas (2024), e compreendem:

- **Formação Florestal** (Código 3) – vegetação nativa do tipo florestal;
- **Formação Savânica** (Código 4) – vegetação nativa típica do Cerrado;
- **Pastagem** (Código 15) – áreas com predominância de gramíneas para criação animal;
- **Soja** (Código 39) – áreas destinadas especificamente ao cultivo de soja.

A simbologia utilizada nos mapas temáticos foi padronizada conforme a legenda do MapBiomas, garantindo clareza e consistência visual na representação dos dados ao longo da série temporal.

3.2 Processamento e análise dos dados

O processamento dos dados envolveu etapas de preparação, padronização e modelagem estatística. Inicialmente, as variáveis de área foram convertidas para uma unidade comum (hectares) e os dados foram organizados em planilhas eletrônicas, respeitando a sequência cronológica da série temporal de 2012 a 2023.

As análises foram conduzidas no software R, versão 4.5.0, utilizando a função `lm()` do pacote `base stats` para o ajuste dos modelos de regressão polinomial de 2ª ordem. A manipulação e organização dos dados foi realizada com o pacote `dplyr`, enquanto os gráficos de tendência temporal foram gerados com `ggplot2`, seguindo uma padronização cromática alinhada às classes temáticas do MapBiomias.

A escolha pelos modelos polinomiais de 2ª ordem fundamenta-se em sua capacidade de representar comportamentos não lineares ao longo do tempo, comumente observados em séries temporais ambientais, sem incorrer no risco de superajuste associado a polinômios de ordens superiores. Segundo Machado (2006), o uso de modelos de ordem elevada deve ser adotado com cautela, pois tende a amplificar oscilações naturais e comprometer a estabilidade preditiva da modelagem.

A qualidade dos ajustes foi avaliada por meio do coeficiente de determinação (R^2), permitindo verificar o grau de explicação da variabilidade dos dados ao longo do tempo. A equação ajustada, expressa em cada gráfico temático, descreve matematicamente a trajetória de transformação da cobertura e uso da terra nas diferentes classes analisadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Dinâmica Espacial do Uso e Cobertura da Terra

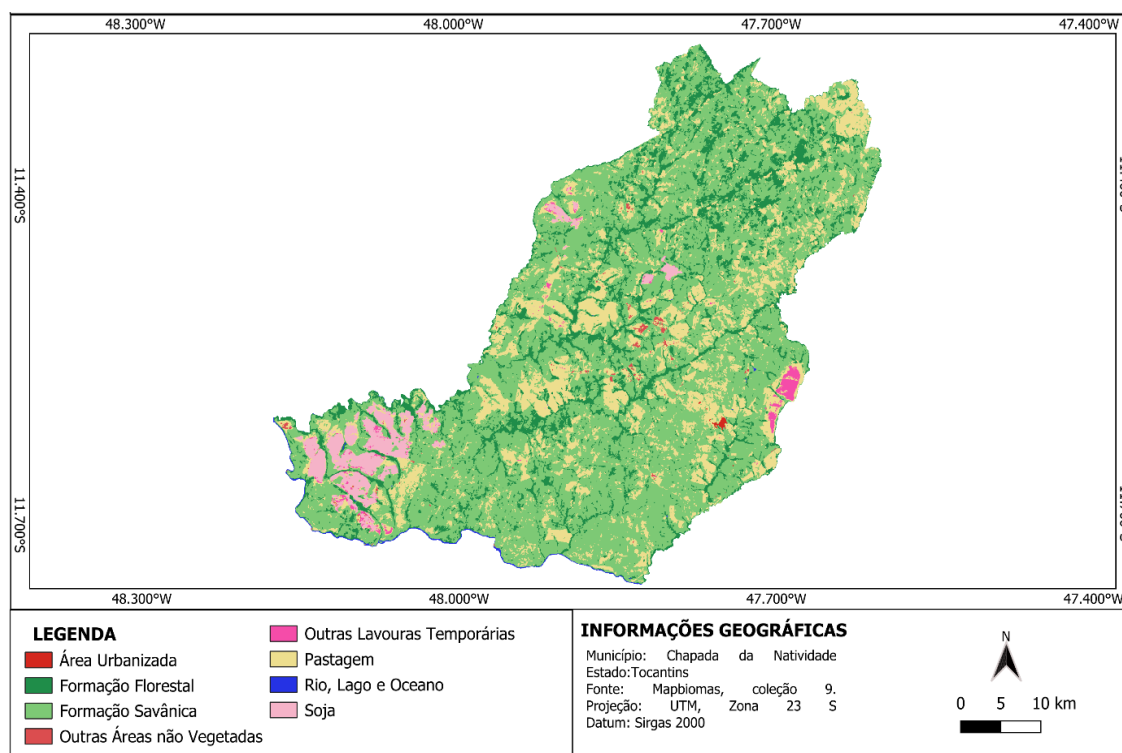
Para a compreensão da dinâmica territorial no município de Chapada da Natividade, foram elaborados mapas temáticos com base nos dados do MapBiomias (Coleção 9), referentes aos anos de 2012 e 2023. As figuras (8 a 11) a seguir apresentam a distribuição espacial das principais classes de uso e cobertura da terra em cada um desses anos, permitindo visualizar as alterações ocorridas ao longo do período analisado.

No ano de 2012, o município de Chapada da Natividade apresentava uma paisagem amplamente dominada por formações vegetais naturais, com destaque para a Formação Savânica (Cerrado), que ocupava extensas áreas por todo o território municipal. Essa classe, representada pela cor verde-clara no mapa, evidencia a predominância de vegetação típica do Cerrado, ainda relativamente preservada nesse período (Figura 8).

De acordo com Sousa et al. (2020), em 2013, aproximadamente 54% do bioma Cerrado ainda era composto por formações de vegetação nativa, com destaque para as formações savânicas. Considerando a continuidade espacial e temporal desses remanescentes, é possível inferir que, em 2012, o município de Chapada da Natividade mantinha expressivas áreas preservadas.

Esse padrão evidencia que, em 2012, Chapada da Natividade ainda não havia sido fortemente impactada pelo avanço agrícola estadual, o que reforça a predominância de formações savânicas observada no mapeamento daquele ano.

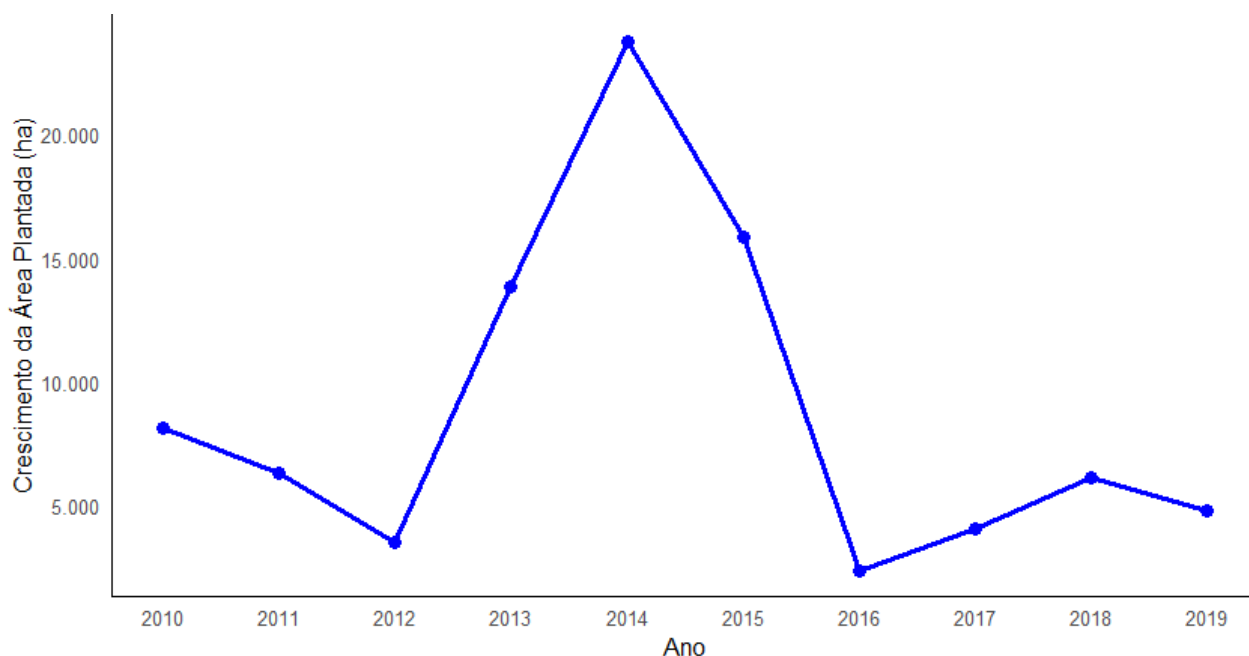
Figura 8 – Dinâmica de uso e cobertura da terra no município de Chapada da Natividade – 2012.



Fonte: Autor (2025).

Além disso, dados sistematizados por Sobrinho et al. (2023) indicam que o crescimento da área plantada no estado do Tocantins até o ano 2012 foi relativamente moderado, intensificando apenas a partir de 2013. A figuras 9 e 10 apresentam a evolução anual da taxa de crescimento da área plantada no estado entre os anos de 2010 e 2019.

Figura 9 – Evolução do crescimento da área plantada no Tocantins (2010–2019).



Fonte: SOBRINHO et al. (2023). Adaptado pelo autor (2025).

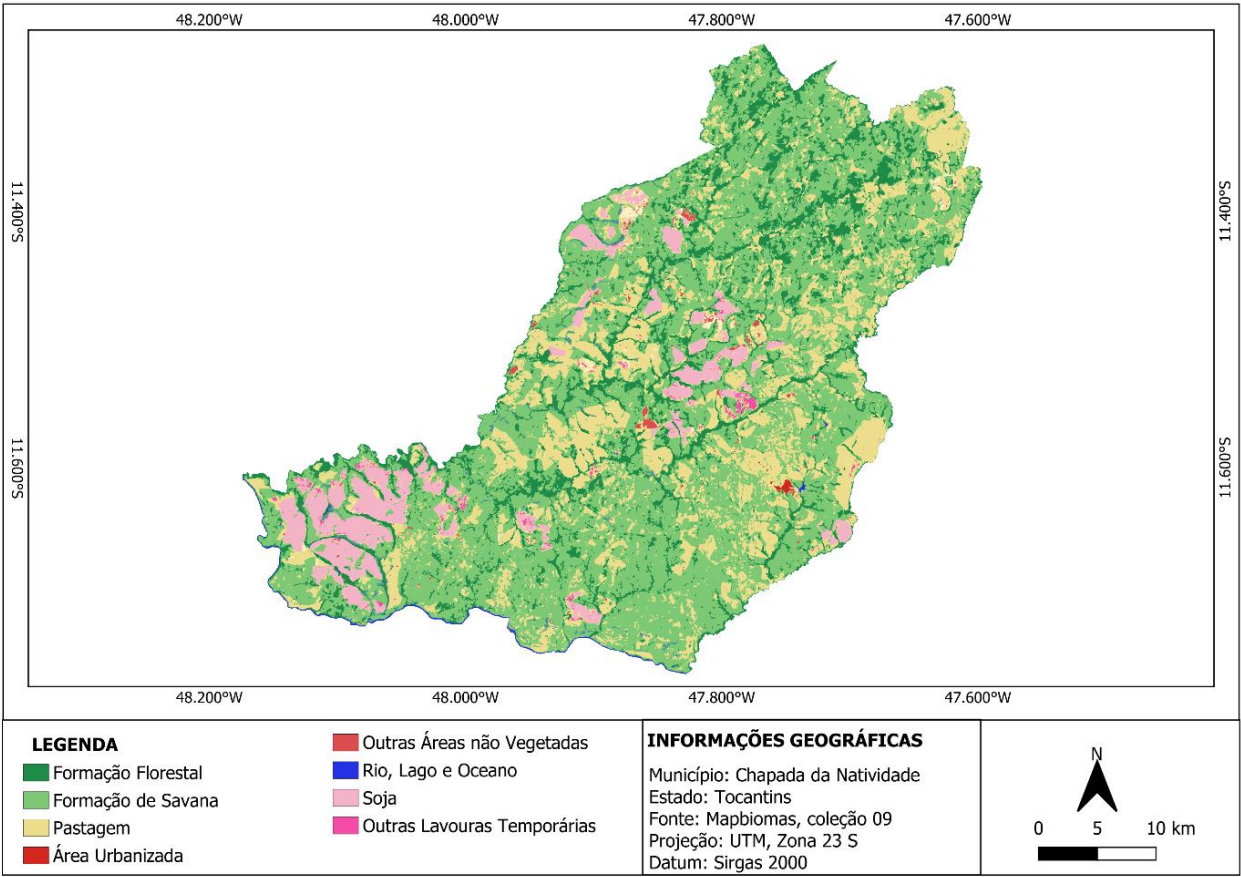
A Figura 9 evidencia oscilações significativas no crescimento anual da área plantada no estado do Tocantins entre 2010 e 2019, conforme dados de SOBRINHO et al. (2023). Até 2012, o crescimento permaneceu em níveis moderados, com destaque para uma leve queda em 2012.

A partir de 2013, observa-se uma inflexão na curva, marcada por uma acentuada expansão da área cultivada, culminando no pico de 23.751 hectares em 2014. Esse aumento abrupto pode estar associado à intensificação do agronegócio na região, impulsionado por políticas de incentivo à produção agrícola e expansão de áreas com elevada aptidão agrícola.

Essa dinâmica ajuda a contextualizar as transformações observadas no município de Chapada da Natividade (Figura 10), onde o uso e cobertura da terra

refletem diretamente essas variações no padrão de ocupação agrícola em escala estadual.

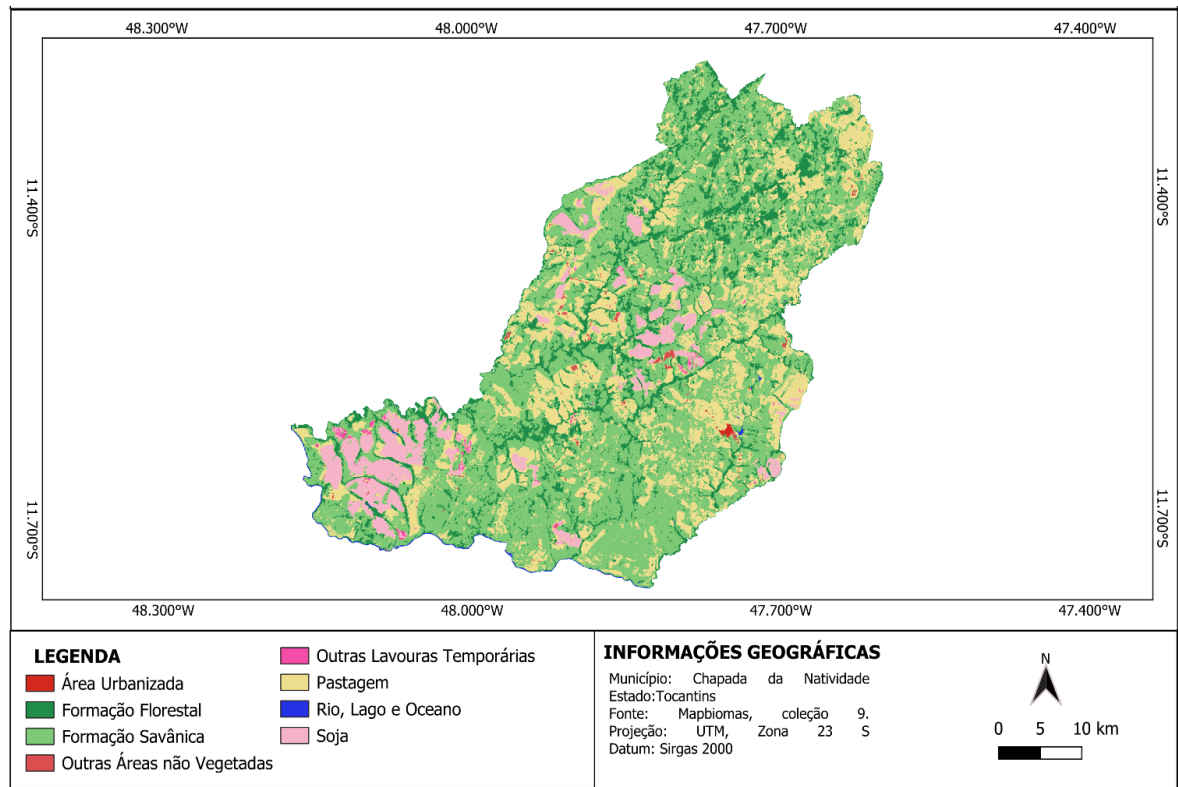
Figura 10 – Dinâmica de uso e cobertura da terra no município de Chapada da Natividade – 2019.



Fonte: Autor (2025).

Em 2023, foi observado uma reconfiguração importante da paisagem territorial de Chapada da Natividade. Embora as formações vegetais naturais, sobretudo a Formação Savânica, ainda ocupem parcela relevante do território, é visível a expansão das áreas agrícolas — especialmente da soja, que aparece destacada em rosa no mapa (Figura 11).

Figura 11 – Dinâmica de uso e cobertura da terra no município de Chapada da Natividade – TO (2023).

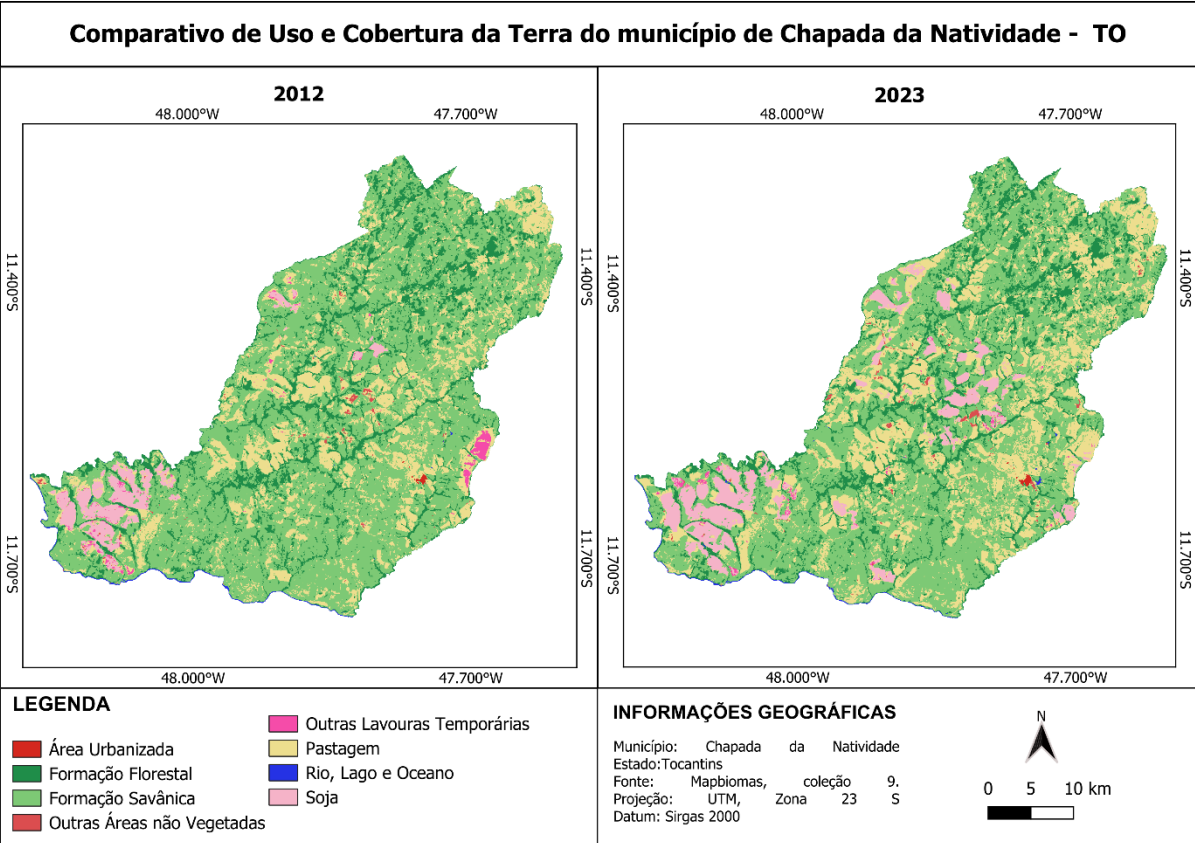


Fonte: Autor (2025).

As áreas de pastagem também permanecem expressivas, reforçando o caráter de mosaico da paisagem local, típico das regiões em processo de intensificação produtiva no Cerrado. Essas mudanças refletem o padrão observado nas análises quantitativas das classes de uso da terra e corroboram estudos recentes que documentam a intensificação da agricultura no estado do Tocantins e na região do MATOPIBA (SILVA et al., 2023; VERGARA, 2021).

A comparação entre os mapas de 2012 e 2023 evidencia a dinâmica de conversão do uso da terra no município: um avanço agrícola gradual, mas consistente (Figura 12).

Figura 12 - Comparativo de Uso e Cobertura da Terra do Município de Chapada da Natividade dos anos de 2012 - 2023.



Fonte: Autor (2025).

A expansão da soja e das pastagens no município de Chapada da Natividade não ocorreu de forma aleatória, mas sim em áreas onde as condições naturais e logísticas favoreceram a intensificação do uso do solo. A representação espacial da soja (em rosa) e das pastagens (em amarelo) mostra que essas atividades se concentram majoritariamente em áreas com maior aptidão agrícola, situadas nas unidades geomorfológicas do Planalto Dissecado (altitudes entre 200 e 250 m) e da Depressão do Alto Tocantins (250 a 300 m) (Figura 4).

Essas regiões apresentam relevo plano a suavemente ondulado, com declividades predominantemente iguais ou inferiores a 5%, classificadas como classe A segundo a SEPLAN (2012). Nesses terrenos, o escoamento superficial é lento ou médio e o relevo não impõe restrições significativas ao uso de maquinários agrícolas convencionais, o que permite grau zero de restrição à mecanização. Ainda que práticas simples de conservação do solo sejam recomendadas em alguns pontos,

essas áreas representam os ambientes mais favoráveis à agricultura mecanizada no município.

No que tange à composição pedológica, essas áreas de expansão são dominadas por Latossolos Vermelho-Amarelos, que correspondem a cerca de 41,2% da área municipal. Apesar da baixa fertilidade natural, esses solos são profundos, bem drenados e estruturalmente estáveis, características que os tornam altamente adequados para cultivos mecanizados, como soja e milho, desde que sejam submetidos a práticas adequadas de correção química (NETO, 2016; SEPLAN, 2012).

Já os Solos Litólicos, presentes em aproximadamente 20,1% do território, estão concentrados nas porções mais acidentadas do Planalto Dissecado, com declividades que se enquadram, em grande parte, nas classes C e D (entre 10% e 30%). Por serem rasos e altamente suscetíveis à erosão hídrica, essas áreas apresentam fortes limitações ao uso agrícola, sendo mais apropriadas para pastagens extensivas ou preservação ambiental (EMBRAPA, 2025). De fato, o mapeamento realizado demonstra que essas regiões permanecem majoritariamente ocupadas por formações florestais e savânicas, enquanto apenas pequenas faixas foram convertidas em pastagens.

A infraestrutura logística também exerce papel determinante na ocupação territorial. Chapada da Natividade possui acesso direto às rodovias TO-050, TO-280 e TO-130, sendo esta última uma conexão direta à cidade de Porto Nacional, a cerca de 150 km de distância, onde se localiza um Terminal Intermodal da Ferrovia Norte-Sul. Essa conexão viária e ferroviária viabiliza o escoamento da produção agrícola até o Porto de Itaqui (MA), principal rota de exportação do agronegócio tocantinense (SEPLAN, 2012). Esse fator logístico estimula a produção em larga escala, contribui para o incremento do PIB estadual e impulsiona a geração de empregos no setor agroindustrial (REIS, 2024).

A conjugação entre solos mecanizáveis, relevo favorável, e infraestrutura de transporte eficiente explica a expansão direcionada da fronteira agrícola dentro do município. Enquanto áreas com maiores restrições naturais permanecem sob cobertura de vegetação nativa, as zonas com maior aptidão agropecuária foram gradativamente convertidas em sistemas produtivos intensivos, consolidando o padrão de uso e ocupação da terra observado entre 2012 e 2023.

Complementando a análise espacial apresentada nos mapas temáticos, são expostos a seguir os resultados quantitativos da variação temporal das principais classes de uso e cobertura da terra no município de Chapada da Natividade. Para identificar as tendências de transformação da paisagem local entre os anos de 2012 e 2023, foram aplicadas regressões polinomiais de segunda ordem.

A escolha pelo modelo polinomial de 2ª ordem decorre da capacidade de representar padrões não lineares presentes em séries temporais da dinâmica territorial, evitando o risco de superajuste característico de ordens superiores. De acordo com Machado (2006), modelos mais complexos ampliam oscilações naturais e comprometem a estabilidade da modelagem, exigindo fundamentação teórica consistente.

4.1.2 Formação Florestal

A Figura 13 apresenta a variação anual e a tendência temporal da área de Formação Florestal no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023. Os pontos conectados por linhas verdes representam os valores observados ano a ano, evidenciando oscilações naturais e variações decorrentes de fatores locais e regionais. A linha azul corresponde à curva ajustada pela regressão polinomial de 2ª ordem, que expressa a tendência geral da série temporal.

A curva ajustada indica que a área de formação florestal passou por um período inicial de redução até aproximadamente 2016. Nos anos subsequentes, a área registrou um processo de recuperação e estabilização. O coeficiente de determinação $R^2=0,6496$ demonstra que aproximadamente 64,96% da variação. Essa relação é expressa pela equação polinomial de segunda ordem (1):

$$y = 5,360 x^2 - 21,590 x + 21.770.000 \quad (1)$$

Onde:

y = área da classe Formação Florestal (ha);

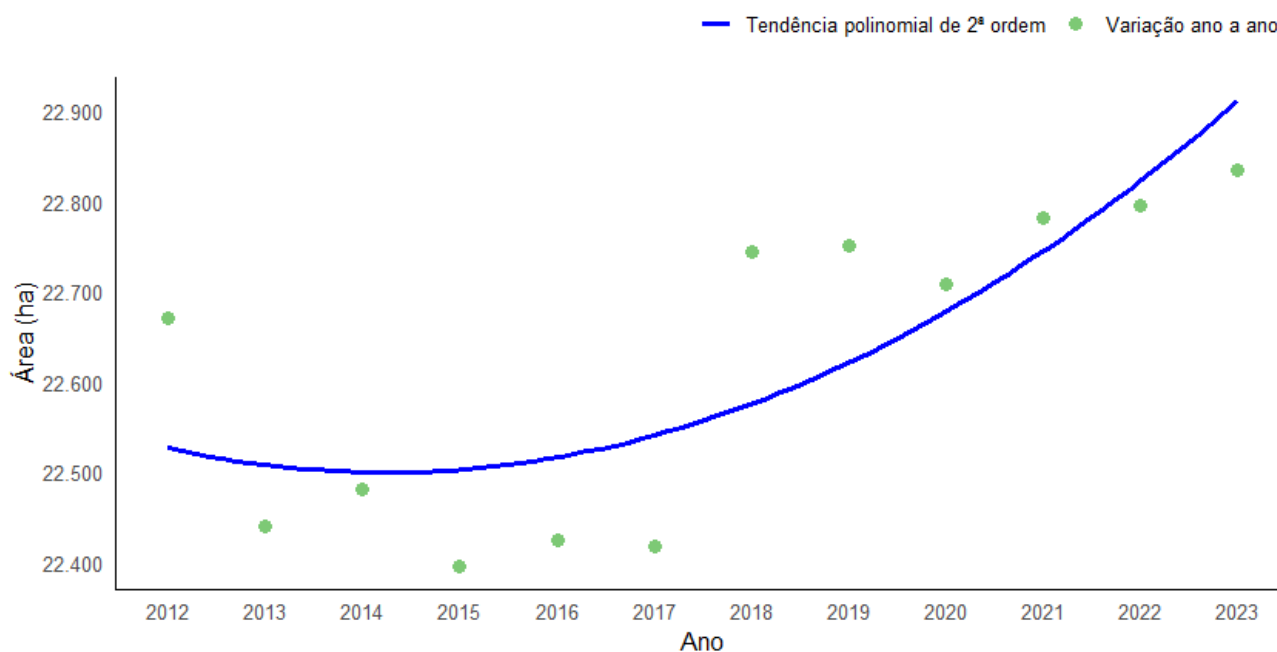
x = ano da observação.

Esse resultado aponta para uma reversão parcial da tendência de perda da cobertura florestal no município, possivelmente associada a ações de conservação ambiental, alterações no uso do solo ou outras intervenções regionais.

Embora o Cerrado seja predominantemente composto por formações savânicas, a classe Formação Florestal, conforme classificada pelo MapBiomias, inclui áreas de matas ciliares, matas de galeria e pequenos fragmentos florestais (MAPBIOMAS,2024).

Essas fitofisionomias ocorrem principalmente ao longo de cursos d'água, veredas e em fragmentos florestais intercalados na paisagem savânica, justificando sua inclusão na análise mesmo em biomas de domínio aberto (Pandilha *et al.* 2021).

Figura 13 – Variação anual e tendência temporal da área de Formação Florestal no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023



Fonte: MAPBIOMAS, Coleção 9. Processados pelo autor (2025).

A tendência de estabilização observada na série temporal pode estar diretamente relacionada à aplicação do arcabouço legal vigente, em especial às determinações do Novo Código Florestal Lei nº 12.651/2012, que reforçam a obrigatoriedade de preservação e recomposição das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Conforme estabelece o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), em seu artigo 4º:

Considera-se área de preservação permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei, as áreas no entorno de cursos d'água naturais perenes e intermitentes, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de [...] metros, bem como as veredas e as margens de nascentes e olhos d'água perenes. (BRASIL, 2012, art. 4º).

A vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título. Tendo ocorrido supressão de vegetação em APP, é obrigatória sua recomposição:

A vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título. Tendo ocorrido supressão de vegetação em APP, é obrigatória sua recomposição, ressalvados os usos autorizados por esta Lei (BRASIL, 2012, art. 7º, § 1º).

Além disso, o Código Florestal determina que:

O proprietário ou possuidor rural que suprimiu vegetação nativa em APP, de forma ilegal, deverá promover a recomposição da área, conforme estabelecido no Programa de Regularização Ambiental – PRA (BRASIL, 2012, art. 17).

Dessa forma, a aplicação efetiva do arcabouço legal vigente contribui significativamente para explicar a estabilização da Formação Florestal observada no município durante o período analisado.

Complementando essa análise, os dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) do município de Chapada da Natividade/TO reforçam a relação entre o Código Florestal e a dinâmica observada da cobertura florestal. Embora existam 466 registros de Reserva Legal, 400 foram na situação “proposta” e apenas 12 estão averbados como ativos, evidenciando uma baixa efetividade da implementação das exigências legais.

Essa realidade ilustra o caráter autodeclaratório do CAR e a dificuldade de análise técnica por parte dos órgãos competentes, como destacado por Okuyama et al. (2020). Ainda, a predominância de áreas consolidadas ativas (293 de 373 registros)

reflete os efeitos da anistia prevista no artigo 61-A do Código, que legalizou ocupações realizadas até julho de 2008 (RODRIGUES; MATAVELLI, 2020).

Assim, parte da estabilização da cobertura florestal no município pode ser explicada não por uma recuperação ecológica voluntária, mas por um enquadramento legal mais permissivo que flexibilizou exigências de recomposição em áreas consolidadas.

4.1.3 Formação Savânica: Cerrado

O crescimento da área plantada no estado do Tocantins até 2012 foi relativamente moderado, sendo intensificada a partir de 2013 (SOBRINHO et al., 2023). Tal dinâmica regional encontra correspondência no contexto local de Chapada da Natividade, onde a Formação Savânica MapBiomas, (2024), apresentou valores mais elevados nos anos iniciais da série temporal. Com a intensificação do processo de conversão do uso da terra a partir de 2013, e foi constatado uma tendência de redução contínua dessa formação.

A Figura 14 apresenta a variação anual e a tendência temporal da área de Formação Savânica no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023. Os pontos verdes representam os valores observados ano a ano, evidenciando oscilações naturais e variações influenciadas por fatores locais e regionais.

A linha azul corresponde à curva ajustada por meio de regressão polinomial de 2ª ordem, representando a tendência geral da série. E a curva ajustada indica uma tendência consistente de redução da área de Formação Savânica ao longo do período analisado.

A regressão polinomial aponta uma tendência decrescente consistente da área de Formação Savânica, com elevado grau de ajuste ($R^2 = 0,9623$), evidenciando uma perda significativa dessa cobertura no município ao longo do período.

Essa relação é representada pela seguinte equação polinomial de segunda ordem (2):

$$y = 107,2 x^2 - 433,5 x + 438.400.000 \quad (2)$$

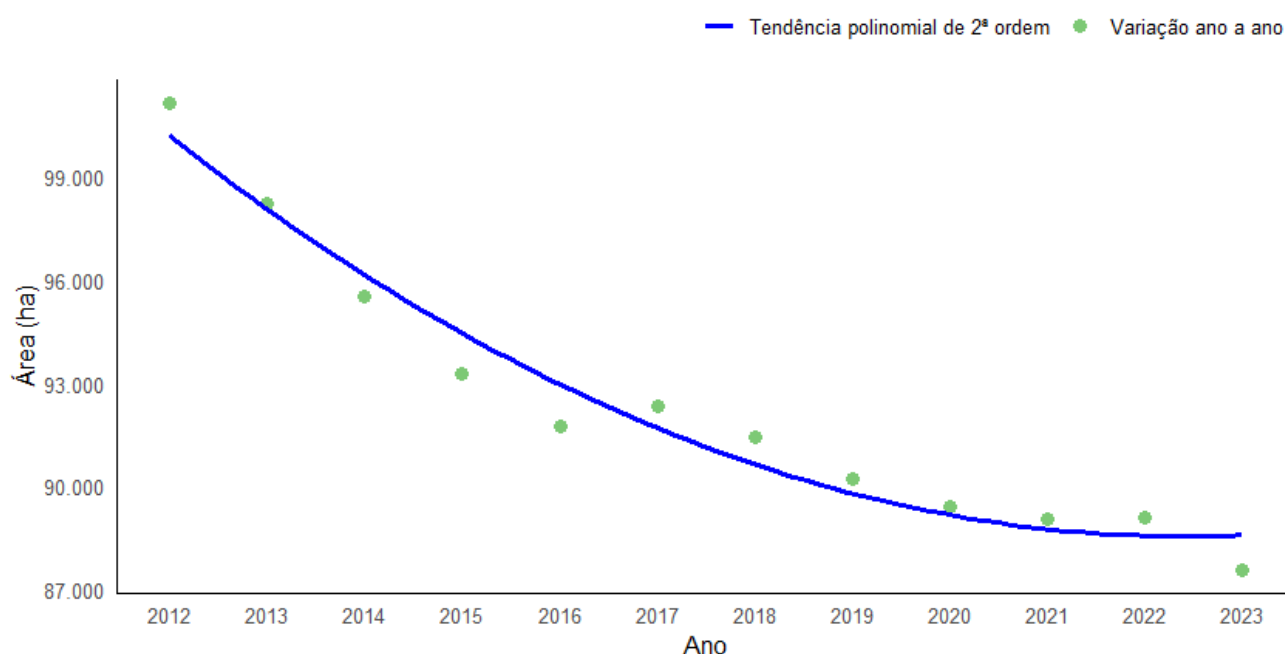
Onde:

y = área da classe Formação Savânica (ha);

x = ano da observação.

Além disso, a análise espacial evidenciada na Figura 10 demonstra que, nos primeiros anos da série, expressivas porções do território municipal permaneceram relativamente preservadas, com áreas contínuas de Formação Savânica em diversos setores. Esse padrão reforça a interpretação de que a conversão para usos antrópicos se intensificou nos anos subsequentes.

Figura 14 – Variação anual e tendência temporal da área de Formação Savânica no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023



Fonte: MAPBIOMAS, Coleção 9. Processados pelo autor (2025).

Segundo o IPAM (2024), o bioma Cerrado foi responsável por 61% das áreas desmatadas no Brasil em 2023, com predomínio nas formações savânicas e campestres. Além disso, três em cada quatro hectares de vegetação nativa derrubada no Cerrado no ano passado ocorreram na região do MATOPIBA, que engloba o Tocantins e, conseqüentemente, abrange o território do município de Chapada da Natividade.

4.1.4 Pastagem

A conversão de vegetação nativa em áreas de pastagem é um componente central da dinâmica de uso e cobertura da terra no Cerrado, especialmente em regiões de expansão recente como o MATOPIBA. No estado do Tocantins, essa tendência é bem documentada: um estudo baseado em dados do PRODES Cerrado e do TerraClass revelou que, em 2018, aproximadamente 80% das áreas de floresta desmatadas no estado foram convertidas para pastagens, evidenciando o papel predominante dessa classe no processo de conversão da paisagem (SILVA et al., 2023).

No município de Chapada da Natividade, essa dinâmica também se refletiu na trajetória da classe Pastagem ao longo do período analisado. A Figura 15 apresenta a variação anual e a tendência temporal da área de Pastagem no município, no período de 2012 a 2023.

Os pontos conectados por linhas amarelas representam os valores observados ano a ano, evidenciando oscilações naturais e variações decorrentes de fatores locais e regionais. A linha azul corresponde à curva ajustada pela regressão polinomial de 2ª ordem, que expressa a tendência geral da série temporal.

A curva ajustada indica uma tendência consistente de crescimento da área de Pastagem no início da série, especialmente entre 2012 e 2016. A partir desse período, ocorreu uma desaceleração no ritmo de crescimento, com a tendência geral indicando possível estabilização nos anos mais recentes.

O coeficiente de determinação $R^2=0.7407$ demonstra que aproximadamente 74,07% da variação observada foi explicada pelo modelo. A equação da curva ajustada em que x representa o ano e y , a área (em hectares) da classe Pastagem, foi expressa como:

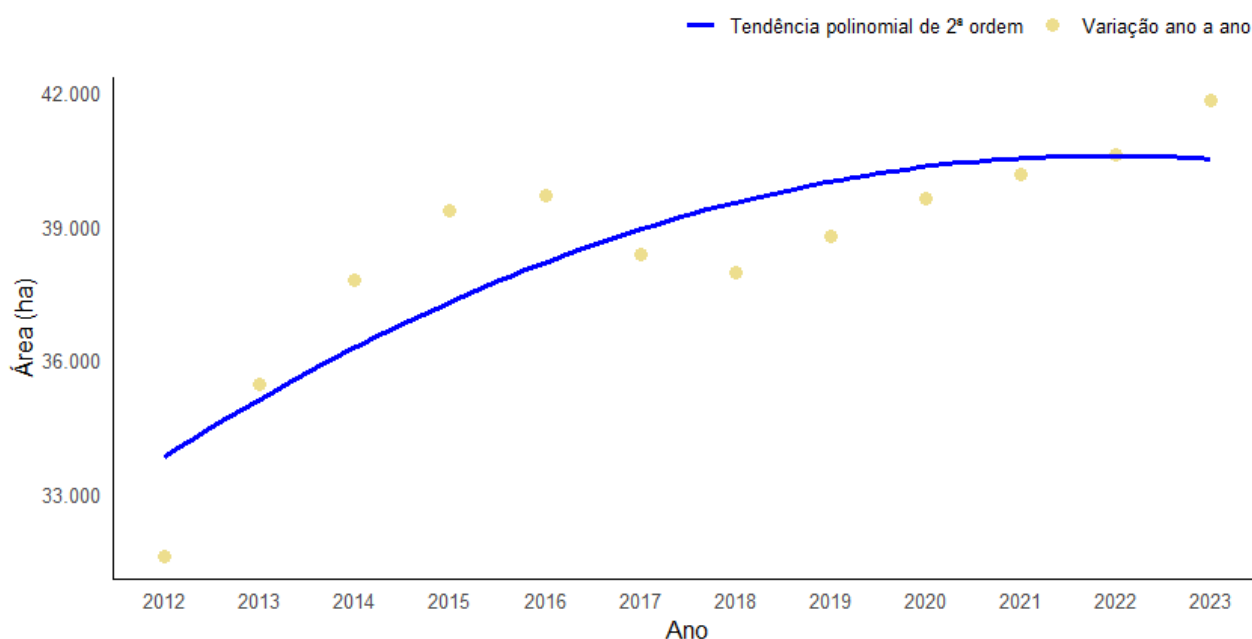
$$y = -68,57 x^2 + 277,300 x - 280.300.000 \quad (3)$$

Essa trajetória é coerente com os padrões de conversão observados em fronteiras agrícolas como o MATOPIBA, onde a expansão inicial de pastagens frequentemente ocorre como etapa preliminar da ocupação produtiva, sendo posteriormente substituída ou intensificada com lavouras mecanizadas (ANTUNES et al., 2019).

Em Chapada da Natividade, os dados da série temporal confirmam essa dinâmica: a partir de 2016, ocorreu um aumento expressivo da área de soja no município, em paralelo com a desaceleração da expansão das pastagens.

Refletindo o avanço da intensificação agrícola, processo bem documentado na literatura para a região. Segundo Bolfe et al. (2016), a expansão agrícola no MATOPIBA tem promovido uma substituição crescente de áreas de pastagem por cultivos mecanizados, com destaque para grãos como soja e milho.

Figura 15 – Variação anual e tendência temporal da área de Pastagem no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023



Fonte: MAPBIOMAS, Coleção 9. Processados pelo autor (2025).

Em consonância com esses estudos, a análise dos dados locais sugere que a desaceleração da expansão de Pastagem em Chapada da Natividade, entre 2016 e 2019, está fortemente associada à intensificação produtiva do território, com transição gradual de sistemas pecuários extensivos para sistemas agrícolas de maior valor agregado, especialmente a partir da segunda metade da série temporal analisada.

No entanto, partir de 2019, foi observado no município um leve aumento na área de Pastagem, comportamento que reflete tendências de mercado mais amplas. Dados da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC)

indicam que as exportações de carne bovina do Tocantins passaram de 38 mil toneladas em 2016 para mais de 103 mil toneladas em 2022, com forte crescimento a partir de 2019.

Esse comportamento de reversão parcial da tendência de redução da área de pastagens, observado nos anos mais recentes da série temporal, é compatível com padrões documentados para o Cerrado. Vergara (2021) identificou no sudoeste do Tocantins, a atividade agrícola, as pastagens e outras lavouras apresentaram um crescimento conjunto de 124% até 2019, com projeção de novo incremento de 25% até 2029. O estudo destaca que, embora áreas de pastagem tenham sido convertidas para cultivo de grãos, a ocupação pecuária permanece como prática tradicional na região e segue em expansão, evidenciando a flexibilidade das estratégias de uso da terra em contextos de fronteira agrícola.

4.1.5 Soja

A Figura 16 apresenta a variação anual e a tendência temporal da área de Soja no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023. Os pontos conectados por linhas rosas representam os valores observados ano a ano, e a linha azul corresponde à curva ajustada pela regressão polinomial de 2ª ordem, que expressa a tendência geral da série temporal.

O modelo resultante apresentou um coeficiente de determinação $R^2 = 0,9072$, evidenciando que aproximadamente 90,72% da variação observada foi explicada pelo modelo. A equação da curva ajustada é expressa por:

$$y = -39,50 x^2 + 160.100 x - 162.100.000 \quad (4)$$

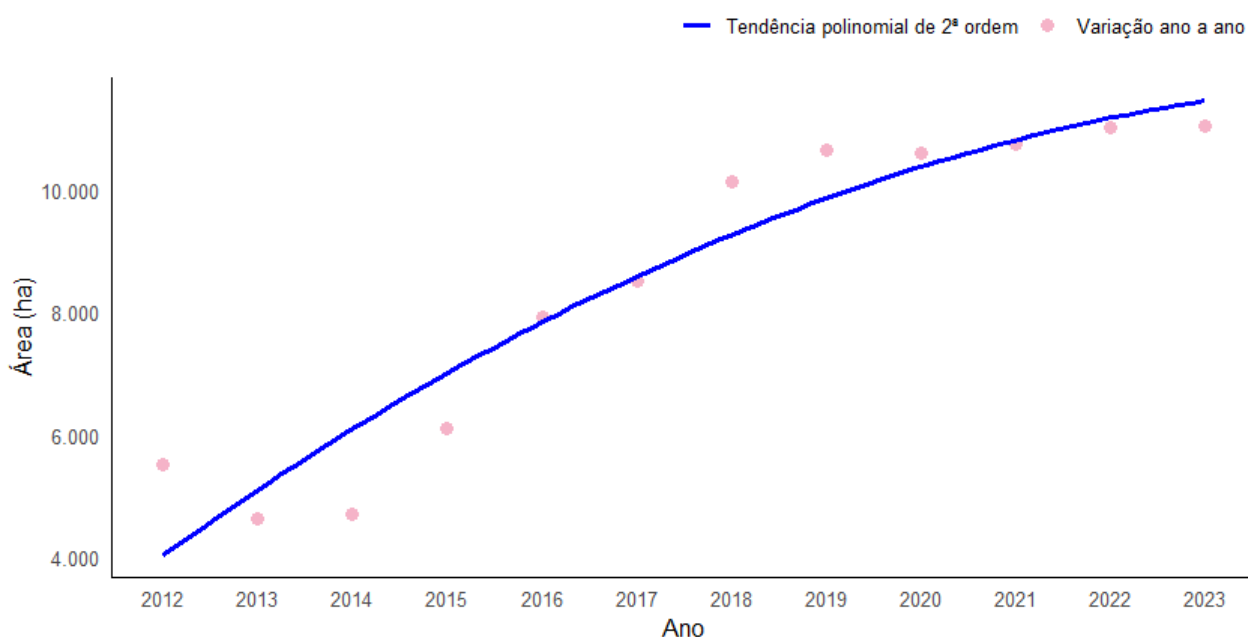
Nessa equação, y representa a área da classe Soja (em hectares), e x corresponde ao ano. Os coeficientes estimados refletem o comportamento ascendente da curva, evidenciando uma expansão acelerada da soja no município, sobretudo a partir de 2015.

Esse comportamento reflete o avanço da fronteira agrícola no município, alinhado às dinâmicas documentadas para o MATOPIBA e particularmente o estado do Tocantins, tem experimentado um crescimento expressivo das lavouras de grãos, com destaque para a soja, impulsionado tanto por condições edafoclimáticas

favoráveis quanto pela modernização tecnológica e pelo aumento da demanda global por proteína vegetal (BEZERRA; REINA, 2023)

No Tocantins, este processo de intensificação produtiva tem se refletido em uma expansão acelerada da área cultivada, com um aumento de 274% na área plantada com soja entre os anos de 2008 e 2019 (SILVA et al., 2023), evidenciando a consolidação da cultura como componente central da matriz agroprodutiva regional.

Figura 16 – Variação anual e tendência temporal da área de Soja no município de Chapada da Natividade (TO), no período de 2012 a 2023



Fonte: MAPBIOMAS, Coleção 9. Processados pelo autor (2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Formação Florestal apresentou trajetória de reversão parcial das perdas iniciais e subsequente estabilização, fenômeno que pode ser relacionado tanto à aplicação do arcabouço legal vigente, em especial as determinações do Código Florestal, quanto a fatores locais de conservação e recomposição.

A análise multitemporal do uso e cobertura da terra no município de Chapada da Natividade no período de 2012 a 2023 evidencia um processo dinâmico e contínuo de transformação territorial, fortemente influenciado pelas dinâmicas regionais associadas à expansão do agronegócio no estado do Tocantins. O mapeamento realizado com dados do MapBiomas permitiu quantificar de forma precisa as conversões ocorridas ao longo da série histórica, demonstrando uma tendência de redução acentuada das Formações Savânicas (Cerrado), com conversão progressiva dessas áreas em pastagens e lavouras, em sintonia com os padrões já documentados para o Cerrado e para o Estado.

Essa conversão se concentrou em zonas com maior aptidão agropecuária, o que evidencia a influência direta de fatores naturais, como relevo plano, baixa declividade e a presença de Latossolos profundos e bem drenados, aliados a condições estruturais como a proximidade de rodovias e a integração logística proporcionada pelo Terminal Intermodal da Ferrovia Norte-Sul, em Porto Nacional. Esses aspectos explicam a consolidação do avanço da fronteira agrícola sobre áreas nativas.

No que tange à classe Pastagem, foi observado um crescimento inicial expressivo, seguido por uma desaceleração e posterior leve retomada a partir de 2019, comportamento compatível com as oscilações do mercado pecuário regional. Por sua vez, a expansão da soja consolidou-se como eixo estruturante da intensificação produtiva em Chapada da Natividade, reposicionando a dinâmica territorial do município dentro da lógica de ocupação agrícola do MATOPIBA. Mais do que revelar um padrão espacial de crescimento, os resultados obtidos permitem compreender os vetores que orientam essa ocupação, como as condições edafoclimáticas e logísticas, e oferecer subsídios técnicos para o planejamento territorial e ambiental.

A correlação entre os dados de uso da terra, solo, relevo e infraestrutura pode contribuir diretamente para ações mais sustentáveis de ordenamento, indicando áreas

prioritárias para conservação, recuperação ambiental ou expansão agrícola com menor impacto socioambiental. Essa abordagem integrada configura uma contribuição relevante da presente pesquisa para a formulação de políticas públicas baseadas em evidências geoespaciais.

As análises realizadas, tanto em termos espaciais quanto temporais, não apenas confirmaram a centralidade da expansão agrícola no processo de transformação territorial, mas também permitiram caracterizar os principais fatores físicos e estruturais que condicionam esse avanço no município.

Além dos vetores econômicos e produtivos, foi observado que a estabilização parcial da Formação Florestal está fortemente relacionada à aplicação do arcabouço legal ambiental, notadamente o Código Florestal de 2012 e os instrumentos criados a partir dele, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR). Os dados do CAR para Chapada da Natividade evidenciam a predominância de registros de Reserva Legal em situação “proposta” e um número reduzido de averbações ativas, refletindo a dificuldade de efetivar a regularização ambiental no município.

Com base nesse cenário, a pesquisa alcançou o propósito de compreender as mudanças recentes no uso da terra em Chapada da Natividade, oferecendo um retrato detalhado das conversões ocorridas, das condicionantes naturais e estruturais que as motivam e dos desafios ambientais ainda presentes. O uso de geotecnologias mostrou-se fundamental para identificar padrões espaciais e temporais, confirmando sua importância como ferramenta técnica para o monitoramento ambiental e o ordenamento do território.

REFERÊNCIAS

- ABIEC — Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Exportações de carne bovina do Tocantins — séries históricas**. Disponível em: <https://abiec.com.br/exportacoes/>. Acesso em: 12 jun. 2025.
- ANDRADE, Ricardo Guimarães et al. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 1, 2017.
- ANTUNES, João Francisco Gonçalves et al. Análise das mudanças do uso e cobertura da terra no estado de Mato Grosso por meio do GeoPortal TerraClass. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, São José dos Campos, p. 2002–2005, 2019. DOI: 10.21800/2317-66602021000100004. Acesso em: 10 jun. 2025.
- BATALHA, M. O.; PINHO, M. **A evolução do consumo de alimentos na China e seus efeitos sobre as exportações agrícolas brasileiras**. **Revista Econômica do Agronegócio**, v. 12, n. 1, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/KNmKw6Vd4MfLWhPs5vvxmmr>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- BEZERRA, Rivian Letícia Aires; REINA, Evandro. Levantamento da evolução da produção de soja no estado do Tocantins no período de 2015 a 2023. **Revista Científica do Tocantins**, v. 4, n. 2, 2024.
- BOLFE, Édson Luis et al. Matopiba em crescimento agrícola: aspectos territoriais e socioeconômicos. **Política Agrícola**, [S. l.], v. 4, p. 38–62, set. 2016. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1202/1025>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. **Diário Oficial da União: Seção 1**, 28 maio 2012.
- CADERNO DE CARACTERIZAÇÃO: Estado do Tocantins. Organizadores: Renan Loureiro Xavier Nascimento, Camilo Cavalcante de Souza, Marcos Antonio das Neves de Oliveira. **Brasília, DF: Codevasf**, 2021.
- CARNEIRO, Bruno Machado. **Impacto do uso irregular do instrumento de compensação de reserva legal como estratégia para expansão do desmatamento no bioma Cerrado no estado do Tocantins**. 2024. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) — Universidade de Brasília, Brasília, 2024. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/50425>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CASTANHO, R. B.; TEODORO, M. A. O uso de geotecnologias no estudo da produção agropecuária. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium*, v. 1, p. 136-153, 2010.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). PIB do agronegócio brasileiro. 2024. ESALQ-USP. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 25 ago. 2024.

COELHO, Victor H. R. et al. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, p. 64-72, 2014.

COLLICCHIO, Erich; ROCHA, Humberto Ribeiro da. Agricultura e mudanças do clima no estado do Tocantins: vulnerabilidades, projeções e desenvolvimento. 2022. Colman, CB, Guerra, A., Almagro, A. et al. A modelagem da mudança no uso da terra no Cerrado brasileiro destaca a necessidade de considerar o tamanho das propriedades privadas para a conservação da biodiversidade. *Sci Rep* 14, 4559 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55207-1>

CONAB. Tocantins – Produção de grãos na safra 2021/22 tende a superar 5,5 milhões de toneladas no estado. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4432-tocantins-producao-de-graos-na-safra-2021-22-tende-a-superar-5-5-milhoes-de-toneladas-no-estado>. Acesso em: 28 ago. 2024.

CRUZ, J. C. G. et al. Spatial–Temporal Dynamics of Land Use and Cover in Mata da Pimenteira State Park Based on MapBiomas Brasil Data. *Geographies*, Basel, v. 3, n. 3, p. 839–854, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriengineering6030190>. Acesso em: 23 abr. 2025.

DA CONCEIÇÃO, Joseane Maria; DOS SANTOS SOUSA, Roneide; DE MATOS CARVALHO, Maria de Fátima. Dinâmica de uso e cobertura da terra do município de Buriti dos Lopes, Piauí, Brasil (1985-2020). *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 20, n. 2, p. 175-176, 2022.

DA COSTA NETO, Diôgo Januário. Impactos socioambientais da mineração no município de Chapada da Natividade-Tocantins, Brasil. *Revista Ouricuri*, v. 12, n. 2, p. 01-13, 2022.

DE ALMEIDA, Claudio Aparecido et al. Metodologia para monitoramento da floresta usada nos projetos PRODES e DETER. *CEP*, v. 12, p. 010, 2021.

DE OLIVEIRA, Nilton Marques. Transição do Norte de Goiás ao território do Estado do Tocantins. *Revista Tocantinense de Geografia*, v. 7, n. 12, p. 53-82, 2018.

CASTANHO, R. B.; TEODORO, M. A. O uso de geotecnologias no estudo da produção agropecuária. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Médium**, v. 1, p. 136–153, 2010.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **PIB do agronegócio brasileiro**. 2024. ESALQ-USP. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 25 ago. 2024.

COELHO, Victor H. R. et al. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 64–72, 2014.

COLLICCHIO, Erich; ROCHA, Humberto Ribeiro da. **Agricultura e mudanças do clima no estado do Tocantins: vulnerabilidades, projeções e desenvolvimento**. 2022.

COLMAN, C. B.; GUERRA, A.; ALMAGRO, A. et al. A modelagem da mudança no uso da terra no Cerrado brasileiro destaca a necessidade de considerar o tamanho das propriedades privadas para a conservação da biodiversidade. **Scientific Reports**, v. 14, 4559, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55207-1>.

CONAB. **Tocantins – Produção de grãos na safra 2021/22 tende a superar 5,5 milhões de toneladas no estado**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4432-tocantins-producao-de-graos-na-safra-2021-22-tende-a-superar-5-5-milhoes-de-toneladas-no-estado>. Acesso em: 28 ago. 2024.

CRUZ, J. C. G. et al. Spatial–Temporal Dynamics of Land Use and Cover in Mata da Pimenteira State Park Based on MapBiomas Brasil Data. **Geographies**, Basel, v. 3, n. 3, p. 839–854, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriengineering6030190>. Acesso em: 23 abr. 2025.

DA CONCEIÇÃO, Joseane Maria; DOS SANTOS SOUSA, Roneide; DE MATOS CARVALHO, Maria de Fátima. Dinâmica de uso e cobertura da terra do município de Buriti dos Lopes, Piauí, Brasil (1985–2020). **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 20, n. 2, p. 175–176, 2022.

DA COSTA NETO, Diôgo Januário. Impactos socioambientais da mineração no município de Chapada da Natividade-Tocantins, Brasil. **Revista Ouricuri**, v. 12, n. 2, p. 01–13, 2022.

DE ALMEIDA, Claudio Aparecido et al. Metodologia para monitoramento da floresta usada nos projetos PRODES e DETER. **CEP**, v. 12, p. 010, 2021.

DE OLIVEIRA, Nilton Marques. Transição do Norte de Goiás ao território do Estado do Tocantins. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 7, n. 12, p. 53–82, 2018.

DOS SANTOS, Antonio Clementino; FERREIRA, Evandro Maia; DE ARAÚJO, Leandro Coelho. Propriedades químicas e físicas de solos em áreas sob pastagens

em cerrado do norte do Tocantins. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 7, n. 1, p. 55–63, 2009.

EMBRAPA. **Breve história da agropecuária brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1122598/1/Cap02-BreveHistoriaAgropecBR.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2025.

EMBRAPA. **Geotecnologias**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-geotecnologias>. Acesso em: 14 set. 2024.

EMBRAPA. **Matopiba**. Portal Embrapa. Temas. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, [s. d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-matopiba>. Acesso em: 25 jul. 2025.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Avaliação da dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do município de Patos-PB utilizando MapBiomass. In: **CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC**, 2022, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: CONFEA, 2022. Disponível em: <https://www.confea.org.br/sites/default/files/2023-06/CONTECC-2022-TRABALHO-35473.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2025.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Dinâmica temporal da cobertura e uso das terras do estado da Paraíba utilizando MapBiomass®. **Revista Geama**, v. 9, n. 1, p. 1–15, 2023. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/5442>. Acesso em: 29 set. 2024.

FREITAS, M. E. de. A reprimarização da pauta exportadora brasileira e seus impactos no desenvolvimento econômico. **Estudos Econômicos**, v. 50, n. 1, p. 61–89, 2020.

GALINA, A. B. et al. Dinâmica multitemporal da cobertura e uso do solo do estado de Sergipe. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 18, n. 6, p. 065301, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.065301>. Acesso em: 23 abr. 2025.

GARCIA, Lorrana Damaris Soares; SILVA, Jonathan Gonçalves; ALMEIDA, Roselaine Bonfim de; CARVALHO, Leandro Vinícios. Uma análise da expansão agrícola no Cerrado da Região de Matopiba. **Revista de Estudos e Pesquisas em Didática**, v. 15, n. 34, p. 1–24, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.28998/repd.v15i34.17123>. Acesso em: 24 out. 2024.

GOVERNO DO TOCANTINS. **Criação do Estado do Tocantins**. 1999. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/RedeAvaliacao/Palmas_Anexo01TO.pdf. Acesso em: 31 dez. 2024.

GOVERNO DO TOCANTINS. **Tocantins completa 36 anos com um dos melhores índices econômicos do país e projeções de crescimento para os próximos anos**. Secretaria de Comunicação – Secom, 9 out. 2024. Disponível em:

<https://www.to.gov.br/secom/noticias/tocantins-completa-36-anos-com-um-dos-melhores-indices-economicos-do-pais-e-projecoes-de-crescimento-para-os-proximos-anos/l6xfjlhba89>. Acesso em: 25 jul. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Chapada da Natividade – TO**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/to/chapada-da-natividade.html>. Acesso em: 5 maio 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA. **Desmatamento em áreas protegidas cresce no Cerrado**. Brasília: IPAM, 2024. Disponível em: <https://ipam.org.br/desmatamento-em-areas-protegidas-cresce-no-cerrado/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

JESUS, Clesio Marcelino et al. O programa agroamigo na Bahia (2005–2022): resultados gerais e desempenho no semiárido e demais regiões do Estado. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 54, Suplemento Especial, p. 233–250, 2023.

KOGA, Diogo Mitsuru; DA SILVA, Sonaira Souza; BROWN, Irving Foster. **Uso e cobertura da terra no Parque Nacional da Serra do Divisor/AC em 2018: comparação de resultados com o MapBiomas**. [S. l.: s. n.], [s. d.].

LIMA, Antônio Agostinho C.; OLIVEIRA, Francisco Nelsieudes S.; AQUINO, A. R. L. de. **Solos e aptidão agrícola das terras do Estado do Tocantins**. EMBRAPA-CNPAT, 1999.

MAPBIOMAS. **Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). Módulo BETA Degradação. Version 1**. Coordenação: Ane Alencar; Tasso Azevedo. Coordenação técnica: Dhemerson E. Conciani. São Paulo: MapBiomas, jul. 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

MAPBIOMAS. **O projeto MapBiomas**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/>. Acesso em: 1 nov. 2024.

MAURANO, Luis Eduardo P.; ALMEIDA, C. A. de; MEIRA, Maurício Braga. **Monitoramento do desmatamento do cerrado brasileiro por satélite PRODES**. [S. l.: s. n.], [s. d.].

MESQUITA, Romeu Bonk et al. Panorama do comércio exterior brasileiro: evolução dos principais parceiros e produtos (1997–2020). **Cadernos Prolam/USP**, [S. l.], v. 20, n. 39, p. 414–440, 1 jul. 2021. Universidade de São Paulo. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.1676-6288.prolam.2021.178485>.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Dados do PRODES serão critério para concessão de crédito rural a partir de 2026**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2025/04/dados-do-prodes-serao-criterio-para-concessao-de-credito-rural-a-partir-de-2026>. Acesso em: 10 jun. 2025.

NASCIMENTO, João Pedro Gomes do; BERALDO, Keile Aparecida; SOUSA, Diego Neves de; RODRIGUES, Waldecy. O mercado de soja no estado do Tocantins na

percepção de produtores rurais. In: **CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL – SOBER**, 61., 2023, Piracicaba. Anais [...]. Piracicaba: SOBER, 2023. Disponível em: <https://sober.org.br/congresso2023/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

NASSAR, A. M. Estratégias para o agronegócio no Mercosul ampliado. **Gestão & Produção**, v. 6, n. 3, p. 170–184, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/phJ7Fgc9rVyd7YZj6xmjgMd/?lang=pt>. Acesso em: 24 jul. 2025.

NETO, Silvio Naves Couto. **Velocidade de infiltração da água num latossolo vermelho amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo**. 2016. Trabalho acadêmico não publicado.

NUNES, I. I.; NUNES, I. A. A especialização do comércio internacional brasileiro. In: **ENCONTRO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS APLICADAS**, 2016, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS. Anais [...]. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/ecaeco/article/viewFile/3265/4206>. Acesso em: 24 jul. 2025.

OKUYAMA, K. K. et al. Adequação de propriedades rurais ao Código Florestal Brasileiro: estudo de caso no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 2, p. 4245–4257, 2020. Disponível em: <https://www.revistaagriculturairrigada.com.br/index.php/rbai/article/view/1841>. Acesso em: 17 jul. 2025.

OLIVEIRA, L. K. da S.; LOPES, R. S.; SANTOS, W. J. C. dos. Relevance of agribusiness in the brazilian economy. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 16, p. e443111638493, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i16.38493. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38493>. Acesso em: 5 maio 2025.

PAES, Gustavo. **Panorama Setorial – Força do Matopiba**. Fundação Joaquim Nabuco, 13 out. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/tecnologias-de-convivencias-com-as-secas/panorama-setorial-forca-do-matopiba>. Acesso em: 18 dez. 2024.

PANDILHA, J. et al. Composition, richness and nestedness of gallery forest bird assemblages in an Amazonian savanna landscape: lessons for conservation. **PeerJ**, v. 9, e12529, 1 dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.12529>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CHAPADA DA NATIVIDADE. **História da Cidade**. Disponível em: <https://chapadadanatividade.to.gov.br/cidadao/historia>. Acesso em: 25 out. 2025.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.40.7. Open Source Geospatial Foundation Project, 2025. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 17 jul. 2025.

REGHINI, Fernando Lucas; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 329-339, 30 jul. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.31510/infa.v17i1.750>.

REIS, Angélica Dias dos; OLIVEIRA, Nayara Alves de; RIBEIRO, Adriano Aparecido. A expansão da soja e seus impactos socioeconômicos e ambientais no município de Campos Lindos – TO. In: **ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS**, 18., 2023, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Associação dos Geógrafos Brasileiros – AGB, 2023. Disponível em: <https://www.encontro2023.agb.org.br/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

ROCHA, M. G. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Tocantins**. Goiânia: CPRM, 2019. cap. 4, p. 47-84. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

RODRIGUES SOBRINHO, William Brasil et al. O agronegócio e sua relação com o crescimento econômico de uma região do Matopiba: um estudo aplicado no Tocantins no período de 2003–2018. **Colóquio – Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 20, n. 2, p. 223–247, abr./jun. 2023. Disponível em: <https://seer.faccat.br/index.php/coloquio/article/view/2828>. Acesso em: 5 jun. 2025.

RODRIGUES SOBRINHO, William Brasil. **A contribuição do agronegócio para o crescimento econômico e mensuração de seu desenvolvimento tecnológico: um estudo de caso no Tocantins**. 2022. 149 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Palmas, 2022.

RODRIGUES, A. R.; MATAVELLI, C. J. As principais alterações do Código Florestal Brasileiro. **Revista GeoPantanal**, v. 15, n. 28, p. 144–158, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.ufms.br/index.php/GeoPantanal/article/view/10416>. Acesso em: 17 jul. 2025.

SANTOS, Ranierica Xavier dos. **Caracterização macromorfológica dos horizontes superficiais e estimativa do estoque de carbono numa topossequência de solos em Areia na Paraíba**. 2018. Trabalho acadêmico não publicado.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO DO ESTADO DO TOCANTINS (SEPLAN). **Geoportal do Tocantins: Base temática da região sudeste**. Disponível em: https://geoportal.to.gov.br/gvsigonline/core/load_public_project/basetematicasudestetocantins/. Acesso em: 11 jun. 2025.

SILVA, E. I. et al. Influência das pressões antrópicas na mudança do uso e cobertura da terra na região de transição Amazônia-Cerrado. **Caminhos de Geografia**, v. 25, n. 97, p. 1–15, 2024. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/74961>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SILVA, Isabel et al. **Qualificação dos dados de desmatamento no estado do Tocantins, porção do Cerrado brasileiro, utilizando dados do PRODES e TerraClass**. 2023. Trabalho acadêmico não publicado.

SILVA, Itallo Dirceu Costa et al. Evolução do uso e cobertura das terras utilizando produtos do Mapbiomas (1986-2021): o caso da sub-bacia no Alto Rio do Itapecuru, Maranhão. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 20., 2023. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2023.

SOUSA, I. M. de et al. Mapeamento da vegetação do Cerrado: uma revisão das iniciativas de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, n. especial 50 anos, p. 1249–1265, 2020. DOI: 10.14393/rbcv72nespecial50anos-56591.

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, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.

VERGARA, Roberta Mara de Oliveira. **Uso da terra, aptidão hídrica e expansão da atividade agrícola no sudoeste do Tocantins: identificação de cenários e fragilidades**. 2021. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

VILELA, Marina de Fátima (org.). **Dinâmica agrícola no Cerrado: desafios e oportunidades**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. cap. 4, p. 89–111. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1124109/1/LV-DINAMICA-AGRICOLA-CERRADO-2020-capitulo04.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2025.

VILELA, Marina de Fátima; SOARES, Zaré Augusto Brum; WAGNER, Elmar. Pesquisa, transferência de tecnologia e desenvolvimento do Cerrado. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Ed.). **Dinâmica agrícola no Cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, cap. 4, p. 89–139.

APÊNDICE A – Planilha de dados de uso da terra no município de Chapada da Natividade (2012–2023)

Formação Florestal		Formação Savânica (Cerrado)		Pastagem		Soja	
Ano	Área (há)	Ano	Área (há)	Ano	Área (há)	Ano	Área (há)
2012	22670,437	2012	102525,5	2012	31583,14	2012	5523,092
2013	22438,645	2013	98306,62	2013	35441,55	2013	4625,812
2014	22480,868	2014	95151,5	2014	37799,53	2014	4705,823
2015	22394,397	2015	93165,03	2015	39359,23	2015	6095,857
2016	22424,646	2016	92218,64	2016	39691,25	2016	7926,647
2017	22417,195	2017	92497,47	2017	38372,94	2017	8510,771
2018	22742,948	2018	91426,1	2018	37976,56	2018	10149,49
2019	22750,835	2019	90360,32	2019	38768,37	2019	10654,11
2020	22708,571	2020	89716,26	2020	39605,58	2020	10603,37
2021	22781,513	2021	89104,32	2021	40151,28	2021	10757,77
2022	22795,322	2022	88607,17	2022	40594,04	2022	11016,27
2023	22834,891	2023	87005,56	2023	41808,67	2023	11043,21

Fonte: MAPBIOMAS, Coleção nº 9. Processados pelo autor (2025).