



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS DE PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

JOÃO PEDRO ALMEIDA MONROE

**ANÁLISE DO DESMATAMENTO NO MUNICÍPIO DE RIO SONO (TO)
ENTRE 2022 E 2024 E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS**

Palmas, TO

2025

João Pedro Almeida Monroe

**Análise do desmatamento no município de Rio Sono (TO) ambientais entre
2022 e 2024 e suas Implicações Ambientais**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Ambiental para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Eduardo Quirino

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- M753a Monroe, João Pedro Almeida.
Análise do Desmatamento no Município de Rio Sono (TO) entre 2022 e 2024 e suas Implicações Ambientais. / João Pedro Almeida Monroe. – Palmas, TO, 2026.
41 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Ambiental, 2026.
Orientador: Eduardo Quirino Pereira

1. Fragmentação Florestal. 2. Gestão Ambiental. 3. Uso do Solo. 4. Áreas de Preservação Permanente. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Análise do desmatamento no município de Rio Sono (TO) entre 2022 e 2024 e suas Implicações Ambientais

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Ambiental para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 24 / 11 / 2025

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **ERICH COLLICCHIO**
Data: 13/03/2026 16:51:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Erich Collicchio, UFT

Documento assinado digitalmente
 **THIAGO OLIVEIRA BANDEIRA**
Data: 12/03/2026 13:39:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Thiago Oliveira Bandeira, UFT

Documento assinado digitalmente
 **EDUARDO QUIRINO PEREIRA**
Data: 13/03/2026 15:51:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Quirino Pereira, UFT

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo o amor, apoio incondicional e por serem minha base, minha fortaleza e minha maior inspiração em cada etapa da vida.

Aos amigos que a vida me presenteou em Palmas, pela amizade sincera, companheirismo e por compartilharem comigo os desafios, aprendizados e conquistas ao longo dessa jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder saúde, força e perseverança para chegar até aqui.

Com todo meu coração, agradeço aos meus pais, que foram e continuam sendo o alicerce da minha vida. Obrigado por me proporcionarem a oportunidade única de sair do meu querido Maranhão e vir em busca dos meus sonhos em Palmas, Tocantins. Sem o amor, o incentivo e os inúmeros sacrifícios de vocês, nada disso teria sido possível.

Aos amigos que fiz ao longo dessa caminhada, que se tornaram verdadeiros irmãos e irmãs, deixo minha gratidão eterna. Em especial, cito Eduardo Cunha, Lázaro Júnior, Pedro Paulo, Alexandre Milhomem, Karen Nienke. Vocês foram mais do que companheiros f o r a m apoio nos dias difíceis, alegria nos momentos bons e força quando eu pensei em desistir. Com vocês aprendi o verdadeiro significado da amizade: estar presente, mesmo à distância de casa, e fazer do desconhecido um lar. Obrigado por cada conversa, risada, conselho e ombro amigo.

Sou também profundamente grato pela oportunidade de ter feito parte da Atlético Suprema. Participar desse grupo foi uma experiência transformadora, que me permitiu crescer não só como estudante, mas como ser humano. A convivência, as competições, os eventos e o espírito de equipe me ensinaram valores como liderança, respeito, responsabilidade e união — lições que levarei para a vida.

Agradeço ainda a todos os professores que me guiaram com sabedoria e paciência, aos colegas de curso que compartilharam os mesmos desafios acadêmicos, e a cada pessoa que, de alguma forma, contribuiu para que essa jornada fosse possível e significativa.

Esse trabalho é resultado de muitas mãos, muitos corações e de uma trajetória marcada por superações, aprendizados e, acima de tudo, sonhos.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

Este trabalho analisa a dinâmica e as implicações ambientais do desmatamento no município de Rio Sono, Tocantins, entre os anos de 2022 e 2024. Localizada ao leste do estado, a região sofre pressões crescentes de expansão agrícola. O estudo objetivou mapear a evolução espacial da supressão vegetal, distinguindo vetores autorizados e não autorizados e avaliando o comprometimento de áreas protegidas. A metodologia baseou-se em análises geoespaciais via QGIS, integrando dados do SINAFLOR, PRODES/DETER e MapBiomas. Os resultados revelaram um cenário de dupla pressão: houve uma intensificação drástica do desmatamento em 2024, impulsionada por um crescimento de 390% nas supressões autorizadas. No total do período, o desmatamento autorizado somou 57,4% (38.447ha) da perda de vegetação, indicando uma expansão planejada da fronteira agropecuária, sobretudo nas porções leste e sudeste. Contudo, o desmatamento não autorizado permaneceu crítico, respondendo por 42,6% (28.492ha) da supressão, evidenciando falhas estruturais na governança. Adicionalmente, identificaram-se conflitos de uso do solo preocupantes: atividades agropecuárias ocupam 7,62% das Reservas Legais (RLs) e 4,3% das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Essa degradação gera rupturas nos corredores ecológicos e ameaça à segurança hídrica. O estudo conclui apontando um paradoxo da vulnerabilidade: embora quase toda a vegetação esteja cadastrada no CAR, a proteção legal não se traduz em conservação efetiva. Recomenda-se, portanto, a urgência de fortalecer a fiscalização *in loco* e a regularização fundiária para assegurar a sustentabilidade territorial.

Palavras-chave: Fragmentação florestal. Gestão ambiental. Uso do solo.

ABSTRACT

This study analyzes the dynamics and environmental implications of deforestation in the municipality of Rio Sono, Tocantins, between the years 2022 and 2024. Located in the eastern part of the state, the region faces increasing pressures from agricultural expansion. The study aimed to map the spatial evolution of vegetation suppression, distinguishing between authorized and unauthorized vectors, and evaluating the compromise of protected areas. The methodology was based on geospatial analyses using QGIS, integrating data from SINAFLOR, PRODES/DETER, and MapBiomias. The results revealed a scenario of dual pressure: there was a drastic intensification of deforestation in 2024, driven by a 390% growth in authorized suppressions. Over the entire period, authorized deforestation accounted for 57.4% (38,447 ha) of vegetation loss, indicating a planned expansion of the agricultural frontier, particularly in the eastern and southeastern portions. However, unauthorized deforestation remained critical, accounting for 42.6% (28,492 ha) of the suppression, highlighting structural failures in governance. Additionally, concerning land use conflicts were identified: agricultural activities occupy 7.62% of Legal Reserves (RLs) and 4.3% of Permanent Preservation Areas (APPs). This degradation causes disruptions in ecological corridors and threatens water security. The study concludes by pointing out a "paradox of vulnerability": although almost all vegetation is registered in the CAR, legal protection does not translate into effective conservation. Therefore, it is recommended to urgently strengthen on-site enforcement and land regularization to ensure territorial sustainability.

Keywords: Forest fragmentation. Environmental management. Land use.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Município de Rio Sono e seus limites com outros municípios do estado do Tocantins.....	16
Figura 2 - Fluxograma da metodologia aplicada para análise do desmatamento e conflitos de uso em Rio Sono/TO.....	19
Figura 3 - Cobertura do Uso do Solo e Desmatamento no Município de Rio Sono (TO)	20
Figura 5 - Distribuição espacial e temporal do desmatamento no município de Rio Sono (2022-2024).Fonte: O autor, 2025	21
Figura 4 - Distribuição espacial e vigor vegetativo das áreas de pastagem no município de Rio Sono (TO)	22
Figura 5 - Distribuição espacial e temporal do desmatamento no município de Rio Sono (2022-2024)	23
Figura 6 - Evolução espacial do desmatamento no município de Rio Sono nos anos de 2022 (A), 2023 (B) e 2024 (C).....	24
Figura 7 - Percentual de proteção legal da vegetação nativa remanescente no município de Rio Sono (TO)	25
Figura 8 - Sobreposição entre conflito de uso e vegetação nativa em áreas de Reserva Legal no município de Rio Sono – TO	26
Figura 9 - Percentual de Conflito de Uso do Solo em Reserva Legal (RL) em Rio Sono (TO).	27
Figura 10 - Delimitação espacial das Áreas de Preservação Permanente (APP) em Rio Sono (TO)	28
Figura 11 - Distribuição espacial das nascentes e rede hidrográfica no município de Rio Sono (TO)	28
Figura 12 - Sobreposição entre conflito de uso e vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente no município de Rio Sono – TO	29
Figura 13 - Percentual de Conflito de Uso do Solo em Área de Preservação Permanente (APP) em Rio Sono (TO).....	30
Figura 14 - Distribuição da vegetação nativa desprotegida no município de Rio Sono – TO. 31	
Figura 15 - Proporção da vegetação nativa protegida (em APP ou RL) vs. desprotegida (vulnerável) em Rio Sono (TO)	31
Figura 16 - Distribuição das Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais e vegetação nativa remanescente no município de Rio Sono – TO	32
Tabela 1 - Uso e Cobertura da Terra no Município segundo o MapBiomas (em hectares e percentual da área total).....	21
Tabela 2 - Dinâmica do desmatamento autorizado e não autorizado: crescimento e variação percentual (2022–2024)	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
APPs	Áreas de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
DETER	Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real
EPSG	<i>European Petroleum Survey Group</i> (Referência para códigos de sistemas de coordenadas)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNMC	Plano Nacional sobre Mudança do Clima
PPCerrado	Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado
PRODES	Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite
QGIS	Quantum Geographic Information System
RL	Reserva Legal
SEMARH	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIGEF	Sistema de Gestão Fundiária
SINAFLOR	Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais
SIRGAS 2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
TO	Tocantins
UFT	Universidade Federal do Tocantins
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i> (Projeção Universal Transversa de Mercator)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	12
2.1.	OBJETIVO GERAL	12
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1.	DESMATAMENTO: CONCEITOS, CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS	12
3.2.	USO E COBERTURA DA TERRA.....	13
3.3.	O BIOMA CERRADO: IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA E CONTEXTO REGIONAL.....	14
3.4.	POLÍTICAS PÚBLICAS E LEGISLAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADAS AO DESMATAMENTO	15
4	Metodologia	15
4.1.	ÁREA DE ESTUDO	16
4.2.	FONTES DE DADOS E PERÍODO ANALISADO	16
4.3.	FERRAMENTAS E SOFTWARES UTILIZADOS	17
4.4.	TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	17
4.5.	PRODUÇÃO CARTOGRÁFICA E DE RESULTADOS	18
5	RESULTADOS	19
6	DISCUSSÃO.....	32
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a principal causa de degradação ambiental é o desmatamento, que afeta diretamente a biodiversidade, os recursos hídricos e o clima (KOHLENER *et al.*, 2021). Os biomas Amazônia e Cerrado, que abrigam uma grande riqueza de espécies e prestam importantes serviços ecossistêmicos, são hoje pressionados pelas ações antrópicas causadas por expansão agrícola e grilagem de terras (CASTRO, 2023; DE ARRUDA SOUZA, OLIVEIRA JUNIOR E HACON, 2024). O estado do Tocantins, que está localizado na transição desses biomas, torna-se um território estratégico para a conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável diante desse contexto (HAIDAR *et al.*, 2013; DE BRITTO, 2021).

O desmatamento provoca várias implicações socioeconômicas, reduzindo a disponibilidade de água e a perda de produtividade do solo, e ainda aumenta a vulnerabilidade de comunidades tradicionais, consequências diretas da perda de vegetação nativa (DO NASCIMENTO, 2019; DOS SANTOS ANDREZA *et al.*, 2024). Outro fator que pode comprometer o desenvolvimento regional baseado na sustentabilidade são os conflitos fundiários, que posteriormente podem acarretar a supressão de vegetação (ARAÚJO, 2019B; ARAÚJO E VIEIRA, 2019a).

O município de Rio Sono, situado na região Leste do estado (MAMEDE, GARCIA E JUNIOR 2017), destaca-se por possuir uma cobertura vegetal significativa e uma economia local fortemente influenciada por atividades agrícolas (SILVA *et al.* 2024). Apesar desse patrimônio natural, nos últimos anos foi observado um aumento nas áreas desmatadas, levantando preocupação quanto à biodiversidade local e à qualidade de vida da população (PELICICE *et al.*, 2021). A escassez de estudos específicos sobre a dinâmica do desmatamento em municípios de menor porte torna essencial o desenvolvimento de pesquisas que analisem os processos locais com maior profundidade (COSTA *et al.* 2024; GOVERNO DO TOCANTINS, 2022).

Entre os anos de 2022 e 2024, observaram-se intensas transformações ambientais em diversas regiões do país (MARTINEZ *et al.* 2024), incluindo uma mudança alarmante no município de Rio Sono, refletindo a crescente pressão sobre os recursos naturais diante de modelos de desenvolvimento que priorizam a expansão econômica em detrimento da conservação. Esse recorte temporal recente permite compreender como fatores como a flexibilização de políticas ambientais e as limitações nos mecanismos de fiscalização têm contribuído para o avanço do desmatamento. Assim, a análise desse intervalo oferece uma

oportunidade relevante para avaliar a atual situação ambiental e suas repercussões locais e regionais.

Dessa forma, a presente pesquisa tem como objetivo analisar a evolução do desmatamento no município de Rio Sono (TO) entre os anos de 2022 e 2024, identificando suas principais causas e avaliando os impactos ambientais e socioeconômicos decorrentes. Espera-se que os resultados obtidos contribuam para a elaboração de estratégias mais eficazes de gestão ambiental e para o fortalecimento das políticas públicas voltadas à conservação dos recursos naturais no município.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar a dinâmica do desmatamento no município de Rio Sono (TO) entre os anos de 2022 e 2024.

2.2. Objetivos específicos

- Mapear a evolução do desmatamento no município de Rio Sono (TO) entre os anos de 2022 e 2024, utilizando dados de sensoriamento remoto e geotecnologias;
- Quantificar a variação da cobertura vegetal nativa no período analisado, identificando as áreas mais afetadas;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Desmatamento: conceitos, causas e consequências

O desmatamento é caracterizado pela remoção total ou significativa da vegetação nativa de determinada área, resultando na conversão do ambiente natural em superfícies destinadas a outras finalidades, como agricultura, pecuária, mineração ou expansão urbana (MACEDO *et al.*, 2012; BARBER *et al.*, 2014; SONTER *et al.*, 2017). Embora o termo seja amplamente utilizado, é importante distingui-lo de outros processos correlatos. A supressão vegetal refere-se especificamente à remoção legalizada da cobertura vegetal, geralmente autorizada por órgãos ambientais (DA COSTA E NIEBUHR 2023; SOARES E AGUIAR, 2025). A degradação florestal, por sua vez, implica em alterações na estrutura e funcionamento do ecossistema sem a completa remoção da vegetação, sendo causada por atividades como exploração seletiva, incêndios ou pisoteio de gado (KERNES *et al.*, 2024). Já

a fragmentação consiste na subdivisão de habitats contínuos em porções isoladas, o que compromete a conectividade ecológica e a sobrevivência de diversas espécies (DO NASCIMENTO, 2007).

As causas do desmatamento são, em grande parte, atribuídas a fatores antrópicos (AYOUB *et al.*, 2024). A expansão da agropecuária—tanto a agricultura extensiva quanto a pecuária de larga escala—figura entre os principais vetores da perda de vegetação nativa no Brasil, especialmente nas regiões do Cerrado e da Amazônia (ALENCAR *et al.*, 2004). Outras causas importantes incluem a construção de infraestrutura viária e energética, a ocupação urbana desordenada e a especulação fundiária. Em muitos casos, essas atividades são estimuladas por políticas públicas permissivas, ausência de fiscalização e valorização de commodities agrícolas (CARVALHO, 2012).

As consequências do desmatamento são amplas e afetam diretamente o equilíbrio ambiental (NÓBREGA, 2014; AYOUB *et al.*, 2024). Entre os impactos mais relevantes estão a perda de biodiversidade, a compactação e erosão do solo, a diminuição da qualidade da água e a alteração do regime hidrológico e climático local e regional (FERNSIDE, 2005). Além disso, há repercussões indiretas de cunho socioeconômico, como o aumento da vulnerabilidade de comunidades tradicionais, a redução da disponibilidade de recursos naturais e o agravamento de desigualdades territoriais (CASTRO, 2007). Embora este trabalho não se proponha a mensurar tais impactos, reconhecê-los teoricamente é fundamental para compreender a gravidade do avanço do desmatamento e a importância de políticas públicas voltadas à conservação e ao ordenamento territorial.

3.2. Uso e cobertura da terra

A compreensão das transformações ambientais causadas pelo desmatamento passa, necessariamente, pelo entendimento dos conceitos de uso e cobertura da terra. Embora muitas vezes utilizados como sinônimos, esses termos possuem significados distintos no âmbito das ciências ambientais e geográficas (LAMBIN *et al.*, 2001). De acordo com estudo publicado na *Sustainable Earth Reviews* (2023), a cobertura da terra refere-se aos elementos físicos e biológicos que recobrem a superfície terrestre, como florestas, corpos d'água, vegetações campestres, áreas urbanas e agrícolas, enquanto o uso da terra diz respeito à finalidade ou à atividade humana associada a essas coberturas, como agricultura, pecuária, conservação, mineração ou ocupação urbana.

As classificações de uso e cobertura da terra são fundamentais para a análise da dinâmica territorial, pois permitem a identificação e o monitoramento das alterações promovidas por ações humanas sobre o ambiente natural (HASAN *et al.* 2019). Entre as

principais categorias de uso do solo estão: áreas agropecuárias, utilizadas para cultivo e pastagem; áreas urbanas e de infraestrutura, relacionadas a edificações, estradas e outros elementos construídos; áreas de preservação, que incluem unidades de conservação ou terras indígenas; e áreas de vegetação nativa, onde há predominância de ecossistemas naturais ainda não convertidos (IBGE, 2018). Essas classificações podem variar em escala e detalhamento conforme os objetivos do estudo e a metodologia adotada, sendo amplamente utilizadas em bases de dados como o MapBiomas, PRODES e TerraClass.

Analisar as categorias de uso e cobertura da terra é essencial para compreender os vetores do desmatamento e sua distribuição espacial (SANTOS E NUNES, 2021). A substituição de vegetação nativa por atividades produtivas, por exemplo, indica tendências de ocupação econômica que muitas vezes desconsideram os limites ecológicos da paisagem. Além disso, ao relacionar o avanço do desmatamento com determinadas classes de uso, é possível identificar áreas prioritárias para ações de monitoramento, fiscalização e restauração, contribuindo com o planejamento ambiental e o ordenamento territorial (PIAO *et al.*, 2023; WITHANAGE *et al.*, 2024).

3.3. O Bioma Cerrado: importância ecológica e contexto regional

O município de Rio Sono (TO) está inserido integralmente no bioma Cerrado, localizado na região Leste do estado. Essa posição geográfica confere à região alta diversidade biológica e paisagens heterogêneas, compostas por mosaicos de vegetação nativa e áreas produtivas (SANO *et al.*, 2008). O Cerrado é considerado a savana mais biodiversa do planeta, com elevada taxa de endemismo e papel fundamental na recarga hídrica e na regulação climática (MYERS *et al.*, 2000; SANTOS E NOVAK, 2013). Sua preservação é estratégica para a manutenção dos recursos hídricos e da estabilidade ecológica regional.

O Tocantins é um estado estratégico para ações de conservação devido à sua riqueza natural e posição central no país (PINHEIRO E DORNAS, 2009; RECORDER *et al.*, 2011). Entretanto, sua localização também o torna vulnerável à expansão de atividades produtivas, como o agronegócio, que avança sobre áreas naturais e unidades de conservação (MOREIRA E COLLICCHIO, 2017). De acordo com dados do MapBiomas (2023), o estado tem apresentado aumento contínuo nas taxas de desmatamento, especialmente em regiões de cerrado sensível, resultando na supressão de vegetação nativa.

A pressão sobre o bioma na região decorre de múltiplos fatores, incluindo a valorização de commodities agrícolas, a expansão de pastagens e a fragilidade da fiscalização ambiental (CASTILLO, 2016). A substituição da vegetação nativa por monoculturas e pastagens extensivas contribui para a perda de serviços ecossistêmicos essenciais, como a

regulação hídrica e a manutenção da biodiversidade (MACEDO, 2004). Nesse cenário, o monitoramento espacial contínuo torna-se indispensável para subsidiar estratégias de manejo e conservação (BRASIL, 2016).

No âmbito estadual, o Tocantins possui instrumentos complementares de gestão e prerrogativas legislativas voltadas à conservação, que visam fortalecer a proteção ambiental para além das diretrizes federais (MOREIRA; COLLICCHIO, 2017). Contudo, a efetividade dessas políticas depende diretamente da capacidade administrativa e fiscalizatória dos municípios, que muitas vezes carecem de estrutura técnica e de dados detalhados para aplicar a lei e realizar o monitoramento em escala local (MOURA *et al.*, 2017).

3.4. Políticas públicas e legislação ambiental relacionadas ao desmatamento

A legislação ambiental brasileira dispõe de um importante arcabouço normativo voltado à proteção da vegetação nativa e ao controle do desmatamento. O principal instrumento é o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que estabelece diretrizes sobre as Áreas de Preservação Permanente (APPs), Reservas Legais (RLs) e uso sustentável da terra. Ele também regulamenta o uso do Cadastro Ambiental Rural (CAR), um registro eletrônico obrigatório para todas as propriedades rurais, que permite o monitoramento do cumprimento das obrigações legais de conservação ambiental (Brasil, 2012).

Além disso, o Brasil desenvolveu programas de combate ao desmatamento, como o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento no Cerrado (PPCerrado) e o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), que preveem ações integradas entre governo, sociedade civil e setor produtivo. Esses programas enfatizam o monitoramento por satélite, a atuação de órgãos de fiscalização e o incentivo à produção sustentável (BRASIL, 2009).

Apesar dessas iniciativas, o avanço do desmatamento ainda persiste, revelando lacunas na efetividade das políticas públicas, na fiscalização e na responsabilização de infratores (ALBUQUERQUE; ARRAES, 2010). A utilização de dados geoespaciais por plataformas como o PRODES e o DETER tem sido fundamental para orientar ações de controle, mas enfrenta desafios diante da complexidade do território e das resistências políticas e econômicas. No contexto municipal, o alinhamento com essas políticas é essencial para garantir a proteção dos recursos naturais e promover o ordenamento territorial sustentável.

4 METODOLOGIA

4.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Rio Sono, localizado no centro-norte do estado do Tocantins (Figura 1). O território municipal abrange aproximadamente 9.427 km² e é caracterizado por um relevo de planaltos e vales fluviais, com fitofisionomias de Cerrado. A área de estudo foi delimitada utilizando os limites municipais oficiais, e todos os dados foram projetados para o sistema de referência geodésico SIRGAS 2000 / UTM Zona 22S (EPSG: 31982).

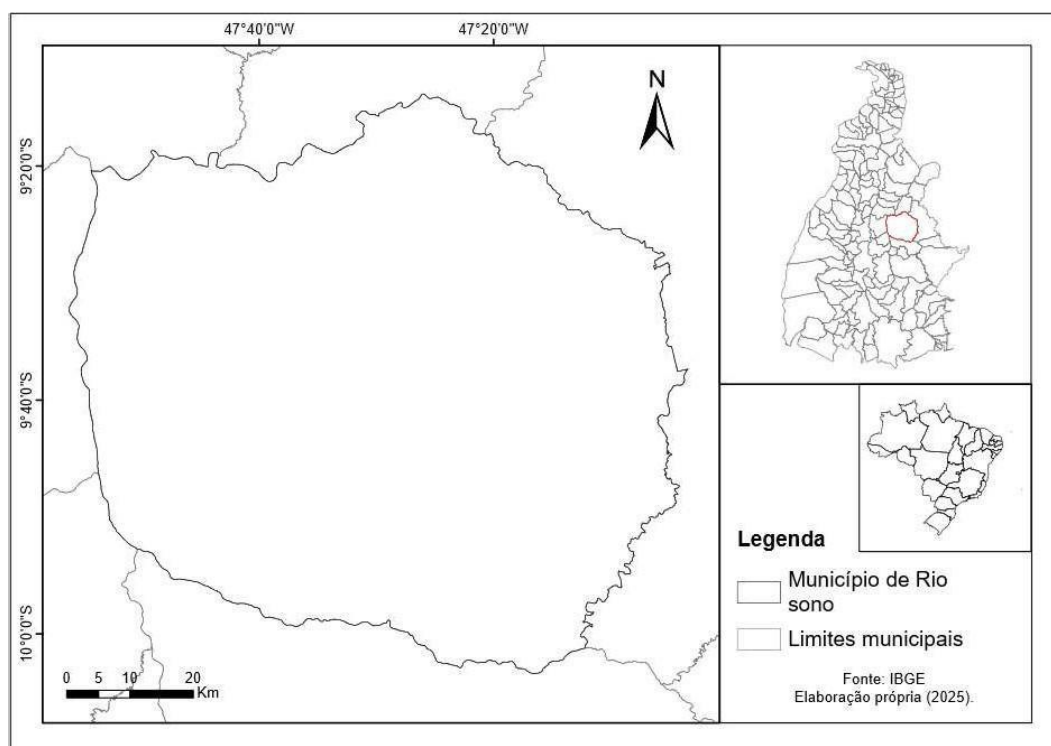


Figura 1 - Município de Rio sono e seus limites com outros municípios do estado do Tocantins.

Fonte: O autor, 2025.

4.2. Fontes de Dados e Período Analisado

Para a realização desta pesquisa, foram utilizadas bases de dados geoespaciais públicas, abrangendo o período de 1º de janeiro de 2022 a 31 de dezembro de 2024. As fontes de dados incluem:

Desmatamento autorizado: Foram obtidos os arquivos vetoriais (*shapefiles*) das áreas com autorização para supressão de vegetação nativa, disponibilizados pelo Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (SINAFLOR), do IBAMA.

Desmatamento total: Para complementar a análise, foram utilizados dados de desmatamento do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que monitoram a remoção total da cobertura vegetal, independentemente da autorização.

Uso e cobertura da terra: Utilizaram-se os mapas anuais de uso e cobertura da terra do projeto MapBiomas para identificar as diferentes classes de uso do solo no município, como agropecuária, pastagem e vegetação nativa.

Cadastro ambiental rural: Foram baixados os dados vetoriais do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) para delimitar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reserva Legal (RL) declaradas no município.

Bases cartográficas auxiliares: Foram usadas camadas vetoriais do IBGE para o limite municipal, a rede hidrográfica e as nascentes.

4.3. Ferramentas e Softwares Utilizados

O processamento e a análise dos dados foram conduzidos utilizando o software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS. O Google Earth Pro foi empregado para validações visuais pontuais de áreas específicas.

4.4. Tratamento e Análise dos Dados

O tratamento dos dados foi organizado em etapas sequenciais no QGIS, conforme descrito abaixo:

Preparação dos dados geoespaciais: todos os arquivos vetoriais foram importados para um projeto no QGIS e padronizados no sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM Zona 22S. Foi utilizada a ferramenta "Verificar Validade" para corrigir eventuais erros de geometria. Em seguida, as áreas de todos os polígonos foram calculadas em hectares (ha) para permitir análises quantitativas.

Análise multitemporal do desmatamento: para mapear a evolução do desmatamento, os polígonos de supressão vegetal (oriundos do SINAFLOR e do PRODES) foram filtrados por ano (2022, 2023 e 2024). A área total desmatada em cada ano foi calculada, determinando-se o percentual de aumento do desmatamento no período analisado.

Cruzamento de desmatamento autorizado e não autorizado: realizou-se uma análise de sobreposição espacial para diferenciar o desmatamento autorizado do possivelmente não autorizado. Os polígonos de desmatamento do PRODES foram cruzados com os polígonos de autorização do SINAFLOR. As áreas desmatadas que não possuíam correspondência com uma autorização válida no período foram classificadas como "não autorizadas" para fins desta análise.

Análise de conflito de uso do solo em áreas protegidas: para verificar a integridade das áreas protegidas, foram realizados procedimentos de geoprocessamento para identificar as classes de uso do solo (ex: "agropecuária") existentes dentro dos limites das APPs e RLs. A presença de tais usos foi considerada um indicativo de irregularidade ambiental. Posteriormente, foi calculado o percentual da área total de APPs e RLs que se encontra em situação irregular.

Estimativa de vegetação nativa remanescente desprotegida: para identificar áreas que ainda podem ser legalmente desmatadas, foi quantificada a área de vegetação nativa que não está sobreposta a APPs ou RLs. Este cálculo ajuda a dimensionar a pressão futura sobre os ecossistemas locais, indicando que, embora o município tenha reservas naturais, nem toda a vegetação está legalmente protegida.

Análise da conectividade da paisagem: foi realizada uma análise espacial da distribuição da vegetação nativa remanescente para identificar a existência de conexões entre as áreas de RLs e as APPs. O objetivo foi avaliar se essas áreas formam corredores ecológicos, vitais para a manutenção da biodiversidade local.

4.5. Produção Cartográfica e de Resultados

Ao final das análises, foram elaborados os seguintes produtos para apresentar os resultados:

Mapas temáticos: Foram gerados mapas para ilustrar a localização do município, a distribuição espacial e temporal do desmatamento, a localização das APPs, nascentes, RLs e os conflitos de uso do solo identificados.

Tabelas e gráficos: Foram criados tabelas e gráficos para apresentar de forma quantitativa os resultados, como a área desmatada por ano, o percentual de aumento do desmatamento e a porcentagem de irregularidades em áreas protegidas.

Toda a metodologia descrita está detalhada na figura 2.

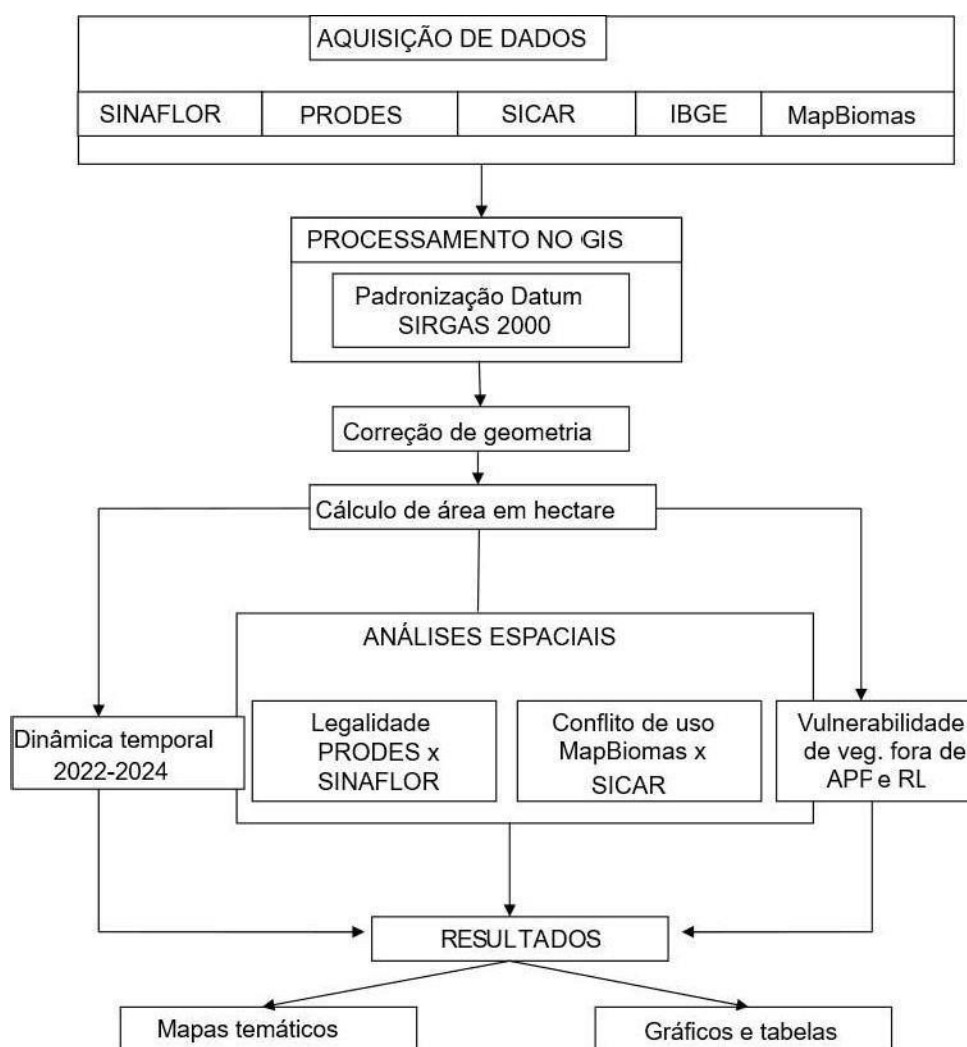


Figura 2 - Fluxograma da metodologia aplicada para análise do desmatamento e conflitos de uso em Rio Sono/TO.

Fonte: O autor, 2025.

5 RESULTADOS

Grande parte do município de Rio Sono está coberto por formações florestais e naturais não florestais, características de Cerrado (Figura 3). A maior parte da cobertura vegetal é de vegetação nativa preservada (verde escuro), indicando um domínio de áreas conservadas. Porém, podemos observar a presença significativa de áreas agropecuárias, especialmente nas regiões sudoeste, sul e algumas partes do leste e norte do município, onde o uso antrópico do solo é predominante (Tabela 1).

As manchas em vermelho, correspondentes ao desmatamento detectado pelo PRODES, estão concentradas principalmente nas bordas leste, sul e norte do município. A

área mais crítica está situada na porção sudeste, onde grandes polígonos de desmatamento coincidem com regiões já pressionadas pela agropecuária (amarelo), mostrando que o avanço da fronteira agrícola pode ser o principal fator de desmatamento. Outras áreas menores indicam uma ocupação fragmentada, que pode estar relacionada tanto à expansão de pequenas propriedades quanto à abertura de áreas sem autorização legal.

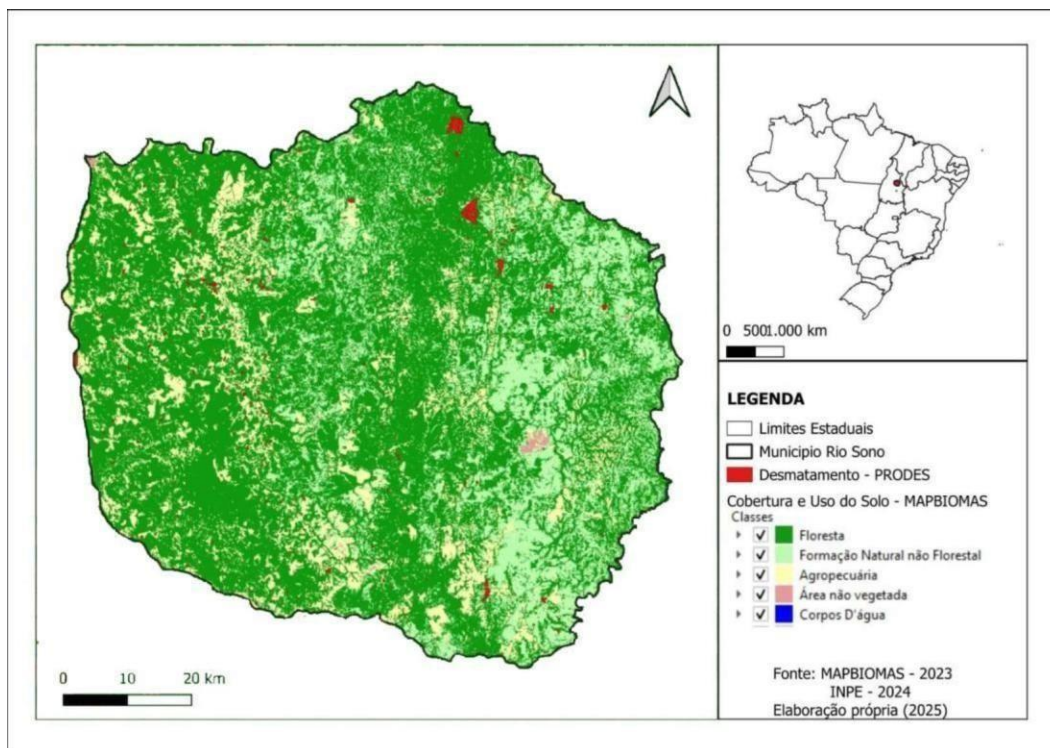


Figura 3 - Cobertura do Uso do Solo e Desmatamento no Município de Rio Sono (TO).

Fonte: O autor, 2025.

Para fins de interpretação do vigor vegetativo, as classes “baixo”, “médio” e “alto” foram estabelecidas com base nos valores do índice de vegetação normalizado (NDVI), sendo: vigor baixo associado a áreas com cobertura vegetal rala ou em degradação; vigor médio referente a áreas com cobertura intermediária; e vigor alto representando áreas com vegetação densa e fotossinteticamente ativa, características de pastagens produtivas.

Tabela 1 - Uso e Cobertura da Terra no Município segundo o MapBiomias (em hectares e percentual da área total).

Cobertura da Terra	Classe (MapBiomias)	Área (ha)	% do Município
Vegetação Nativa	Formação Florestal	96.576,67	14,91
	Formação Savânica	401.300,13	61,95
	Formação Campestre	22.916,13	3,54
	Campo Alagado e Área Pantanosa	14.949,38	2,31
	Rio, Lago e Oceano	881,15	0,14
	Subtotal (Vegetação Nativa)	536.623,46	82,83
Uso Antrópico (Desmatamento)	Pastagem	51.845,55	8,00
	Mosaico de Usos	41.240,83	6,37
	Outras Áreas não vegetadas	10.192,24	1,57
	Lavoura Temporária	7.708,20	1,19
	Área Urbanizada	217,31	0,03
	Aquicultura	2,96	< 0,01
	Mineração	0,08	< 0,01
	Subtotal (Uso Antrópico)	111.207,17	17,17
Total do Município		647.830,63	100,00

Figura 4 - Distribuição espacial e temporal do desmatamento no município de Rio Sono (2022-2024).

Fonte: O autor, 2025.

A predominância da classe Pastagem observada nos dados quantitativos acima foi qualificada espacialmente através da análise de vigor vegetativo. Conforme demonstra a figura 4, a maior parte dessas áreas apresenta vigor médio ou alto (tons de amarelo e verde), evidenciando que a conversão da vegetação nativa em Rio Sono tem como finalidade uma atividade pecuária ativa e consolidada, e não apenas a especulação fundiária com terras abandonadas.

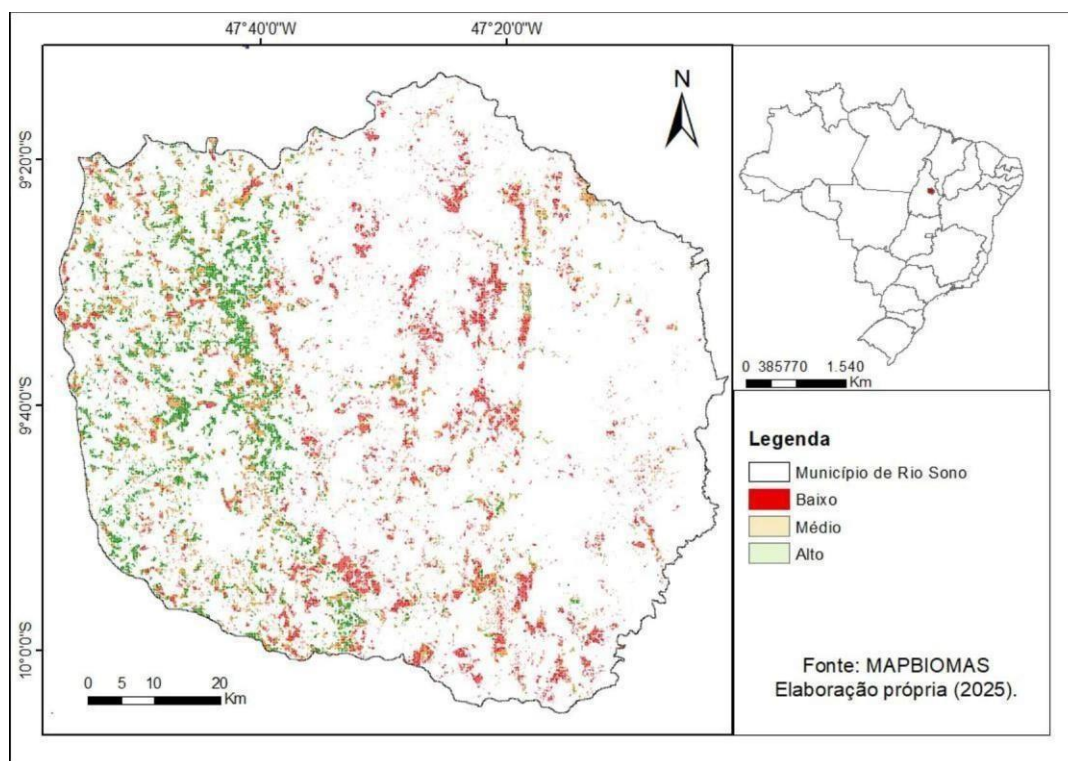


Figura 5 - Distribuição espacial e vigor vegetativo das áreas de pastagem no município de Rio Sono (TO).

Fonte: O autor, 2025.

A investigação demonstrou que o território enfrenta uma dupla frente de pressão. O desmatamento autorizado, ou seja, a supressão de vegetação amparada por licenças válidas do SINAFLOR, totalizou 38.447,42 hectares no período (Figura 5). Este valor é impulsionado principalmente pela explosão de licenças executadas em 2024 (29.085,27 ha), confirmando o avanço em larga escala da fronteira agropecuária de forma legalizada.

Em contrapartida, o desmatamento não autorizado, calculado pela subtração das áreas licenciadas, somou 28.492,49 hectares. Ao comparar os dois vetores, o desmatamento autorizado representou 57,4% do total suprimido, enquanto o segmento não autorizado foi responsável pelos outros 42,6%. Este resultado comprova a tese central do trabalho: o município de Rio Sono não enfrenta um problema singular, mas sim um desafio duplo, sendo pressionado quase na mesma medida tanto pela expansão legal da agropecuária quanto por um volume crônico e expressivo de supressão sem licença prévia.

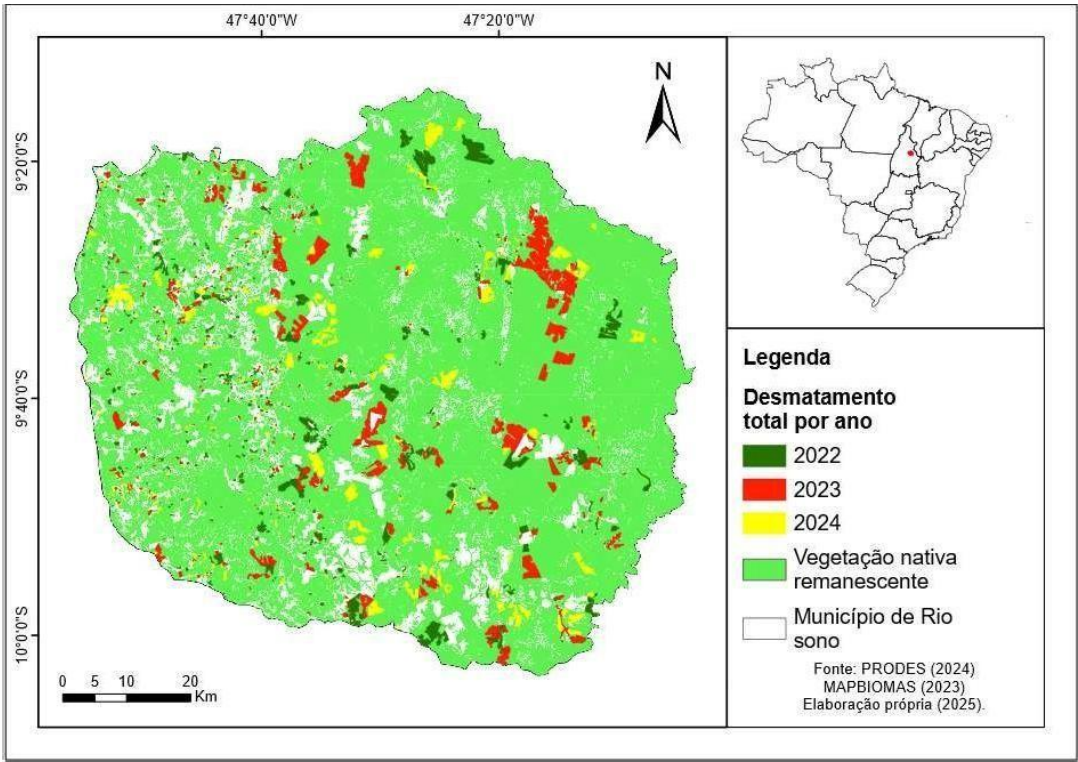


Figura 6 - Distribuição espacial e temporal do desmatamento no município de Rio Sono (2022-2024).

Fonte: O autor, 2025.

A análise quantitativa do desmatamento, quando desagregada entre as categorias autorizado e não autorizado (Tabela 2), revela uma dinâmica territorial complexa e de dupla característica em Rio Sono. Os dados anuais mostram que o avanço da supressão de vegetação nativa não foi homogêneo, apresentando tendências opostas para cada tipo de categoria administrativa.

Tabela 2 - Dinâmica do desmatamento autorizado e não autorizado: crescimento e variação percentual (2022–2024).

Ano	Desmatamento Autorizado (ha)	Aumento (Autorizado) %	Desmatamento Não Autorizado (ha)	Variação (Não Autorizado) %
2022	3.428,88	-	5.739,34	-
2023	5.933,27	+73,04	14.471,75	+152,15
2024	29.085,27	+390,19	8.281,41	-42,77
TOTAL	38.447,42		28.492,50	

Para compreender a distribuição territorial desses números, foi elaborada uma análise multitemporal espacializada. A figura 6 (A, B e C) apresenta a evolução da mancha de desmatamento ano a ano, permitindo visualizar onde a supressão vegetal se concentrou em cada período.

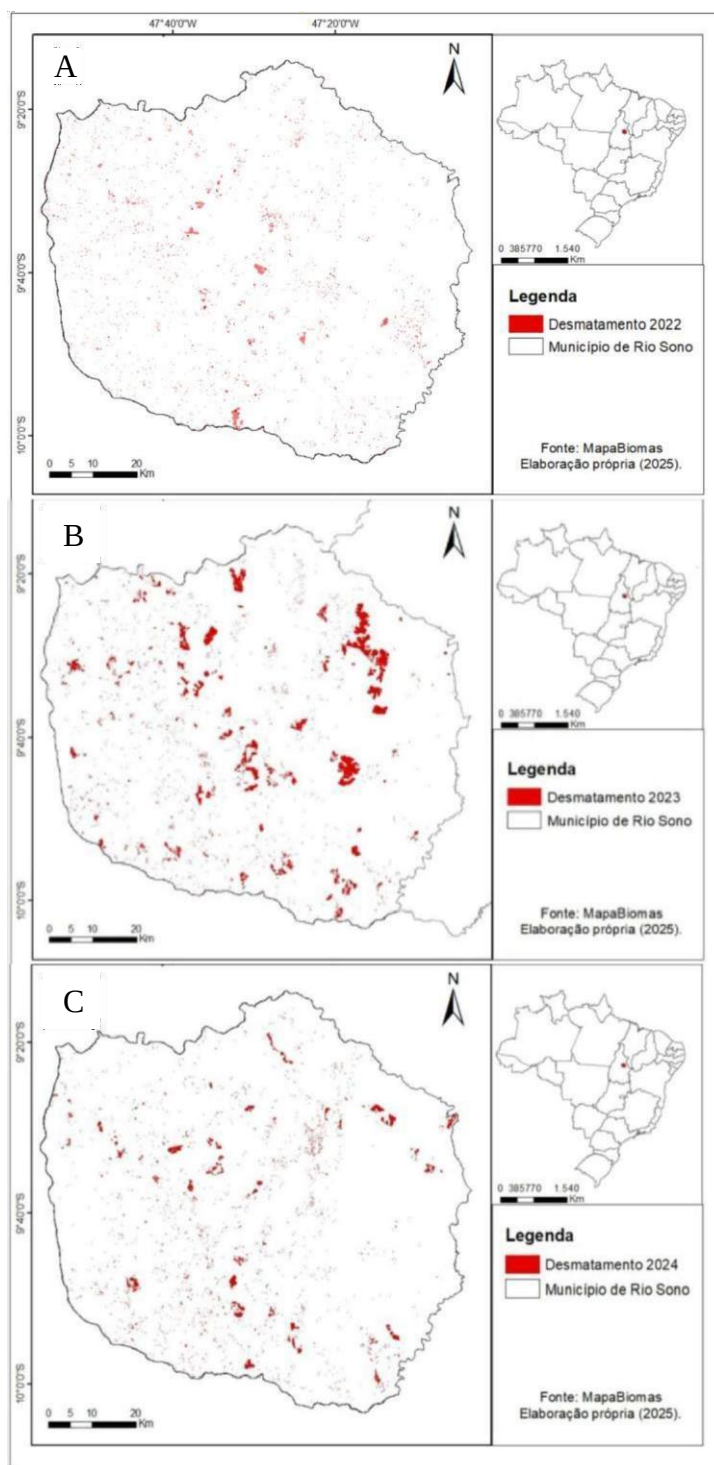


Figura 7 - Evolução espacial do desmatamento no município de Rio Sono nos anos de 2022 (A), 2023 (B) e 2024 (C).

Fonte: O autor, 2025.

A observação de um grande aumento no desmatamento em 2024 é confirmada, porém a análise detalhada demonstra que este evento foi impulsionado exclusivamente pelo desmatamento autorizado. Esta categoria teve um crescimento moderado de 73,04% em 2023, mas disparou com um aumento alarmante de +390,19% em 2024, atingindo 29.085,27ha (Figura 7).

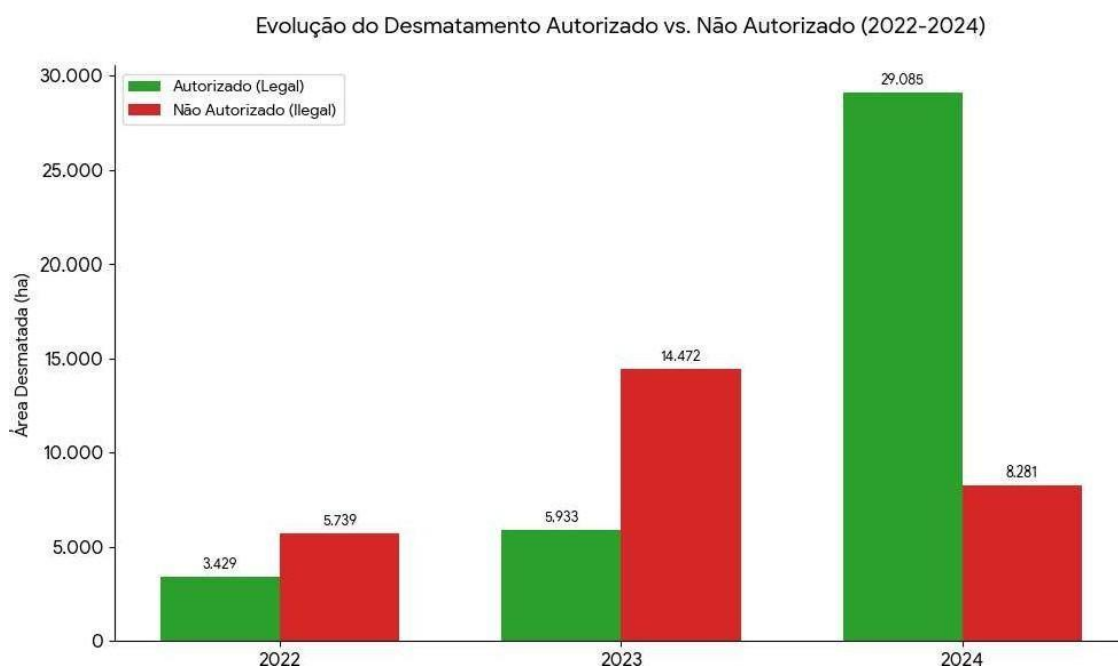


Figura 8 - Percentual de vegetação nativa inserida em Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais no município de Rio Sono (TO).

Fonte: O autor, 2025.

Em contraste direto, e sendo esta uma das principais descobertas deste trabalho, o desmatamento não autorizado apresentou uma tendência de retração no mesmo período. Esta modalidade sem licença atingiu seu pico em 2023, com 14.471,75ha, mas em 2024 registrou uma queda significativa de -42,77%. Esta diminuição da supressão não autorizada, ocorrendo simultaneamente com o aumento do licenciado, levanta pontos importantes para discussão.

Contudo, é crucial contextualizar essa diminuição. O desmatamento não autorizado, mesmo com a queda em 2024, ainda somou 8.281,41ha—um valor que, sozinho, é maior que todo o desmatamento (autorizado e não autorizado) ocorrido em 2022. Ao longo de todo o período, a supressão sem autorização totalizou 28.492,50ha, compondo 42,5% de toda a supressão de vegetação no município.

A avaliação da conformidade de uso do solo dentro das Áreas de Reserva Legal (RL) foi um dos objetivos centrais desta pesquisa. A análise quantitativa dos resultados revelou um total de 220.376ha de Reserva Legal mapeados para o município. Deste total, foi constatado que 16.801,9ha (7,62%; Figuras 8 e 9) estão em situação de conflito, ou seja, com uso incompatível com a preservação. A composição desse conflito de uso é impulsionada primariamente por atividades agropecuárias, destacando-se as classes Pastagem, com 8.249,28ha, Mosaico de Usos com 6.300,07ha, e Outras Áreas não Vegetadas, com 1.847,31ha.

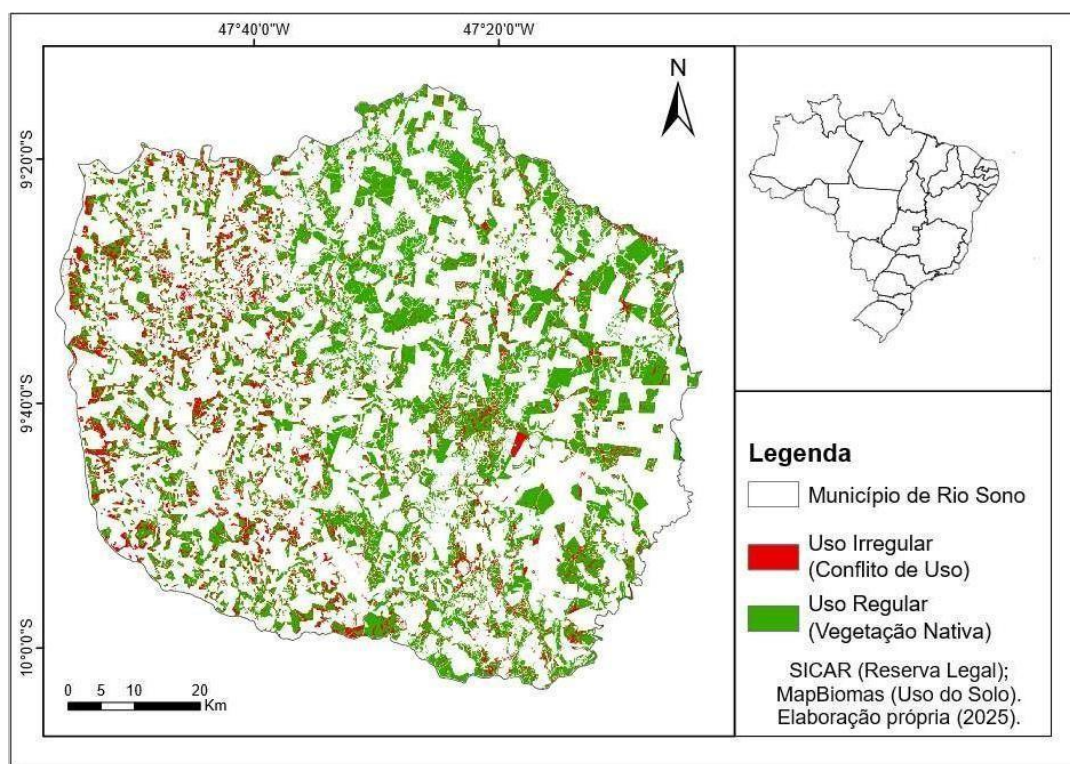


Figura 9 - Sobreposição entre conflito de uso e vegetação nativa em áreas de Reserva Legal no município de Rio Sono – TO.

Fonte: O autor, 2025.

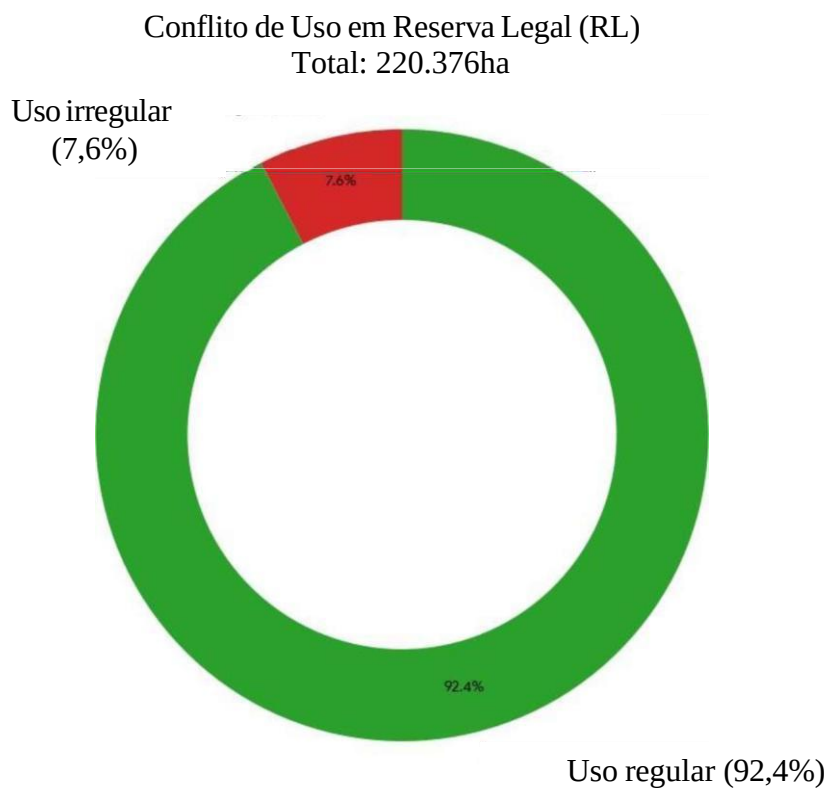


Figura 10 - Percentual de Conflito de Uso do Solo em Reserva Legal (RL) em Rio Sono (TO).

Fonte: O autor, 2025.

Antes de analisar os conflitos de uso, foi realizado o mapeamento da rede hidrográfica e das nascentes do município, bases fundamentais para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs). A distribuição espacial desses recursos hídricos, ilustrada nas Figuras 10 e 11, demonstra a alta densidade de drenagem de Rio Sono, totalizando uma área de proteção significativa que foi objeto desta verificação.

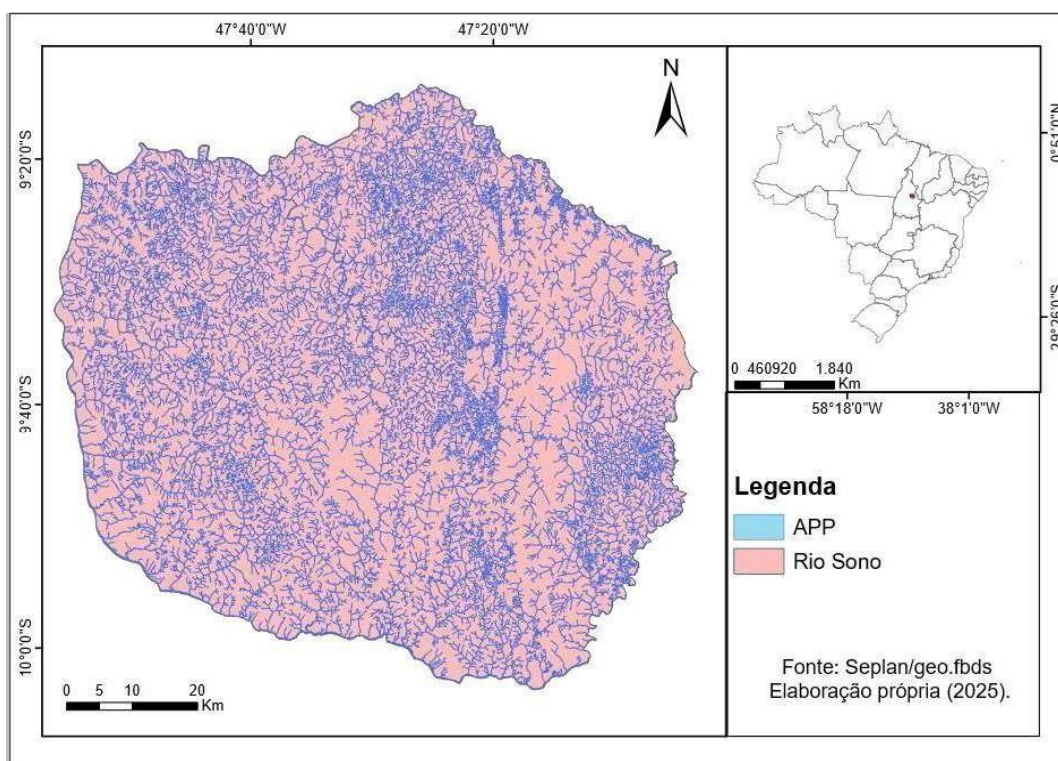


Figura 11 - Delimitação espacial das Áreas de Preservação Permanente (APP) em Rio Sono (TO).

Fonte: O autor, 2025

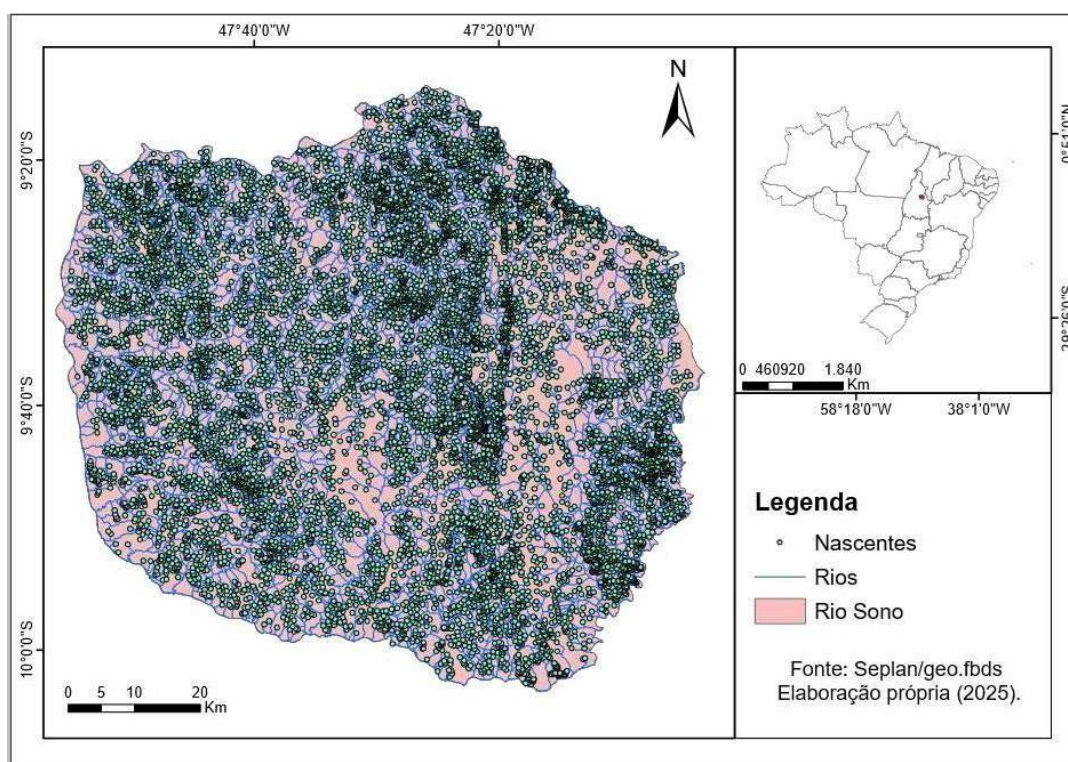


Figura 12 - Distribuição espacial das nascentes e rede hidrográfica no município de Rio Sono (TO).

Fonte: O autor, 2025

Também foi realizada a análise de conformidade de uso do solo dentro das Áreas de Preservação Permanente (APPs) declaradas no SICAR. O cruzamento com o MapBiomas revelou que, dos 81.707,73ha de APPs analisados em Rio Sono, 3.509,98ha estão em situação irregular, o que corresponde a 4,3% de toda a área de APP (Figuras 12 e 13).

Assim como nas Reservas Legais, o conflito é impulsionado pela agropecuária, com destaque para a Pastagem (2.037,29ha) e o Mosaico de Uso" (1.213,97ha). Embora o percentual de irregularidade (4,3%) seja menor que o encontrado nas RLs (7,62%), ele é qualitativamente mais grave, pois as APPs protegem os recursos hídricos, nascentes e margens de rios.

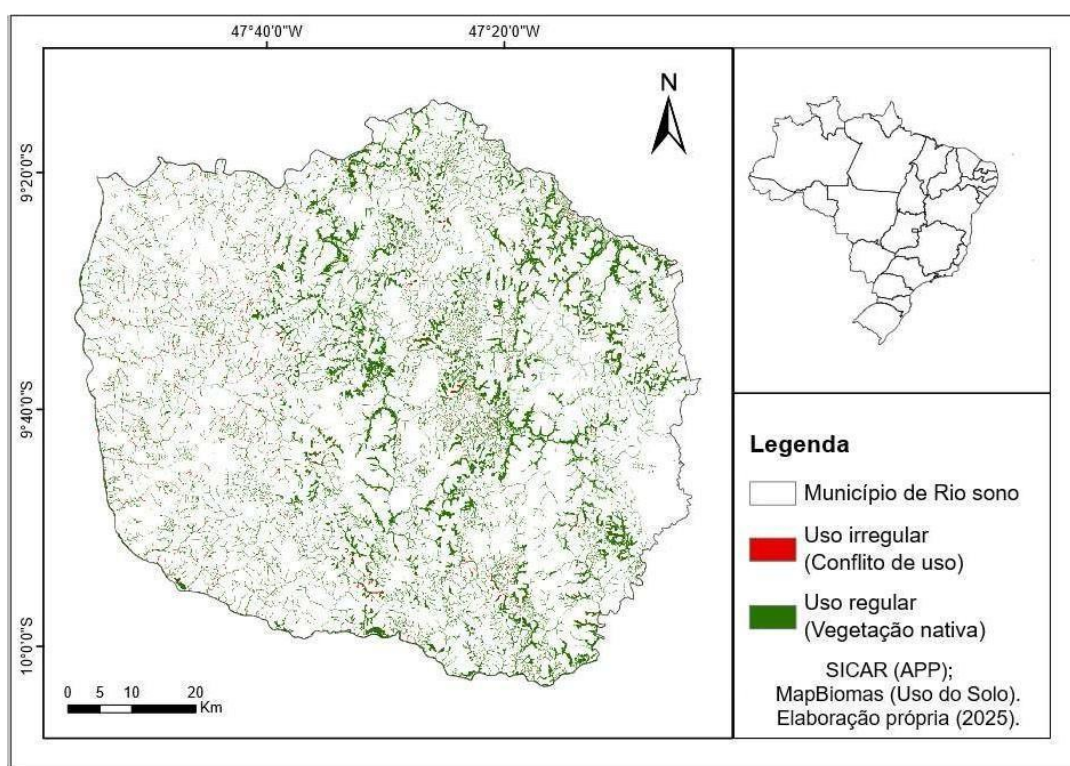


Figura 13 - Sobreposição entre conflito de uso e vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente no município de Rio Sono – TO.

Fonte: O autor, 2025.

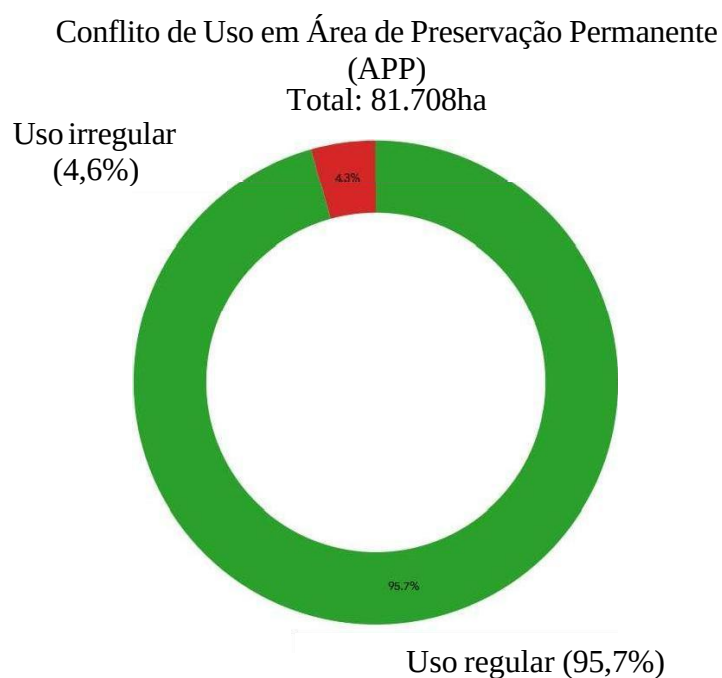


Figura 14 - Percentual de Conflito de Uso do Solo em Área de Preservação Permanente (APP) em Rio Sono (TO).

Fonte: O autor, 2025.

Os resultados da análise de vulnerabilidade foram surpreendentes e conclusivos. Apenas 230,33ha de vegetação nativa em Rio Sono foram classificados como desprotegidos (Figuras 14 e 15). Este valor é residual, especialmente quando comparado aos mais de 300.000ha de áreas protegidas (soma de APPs e RLs).

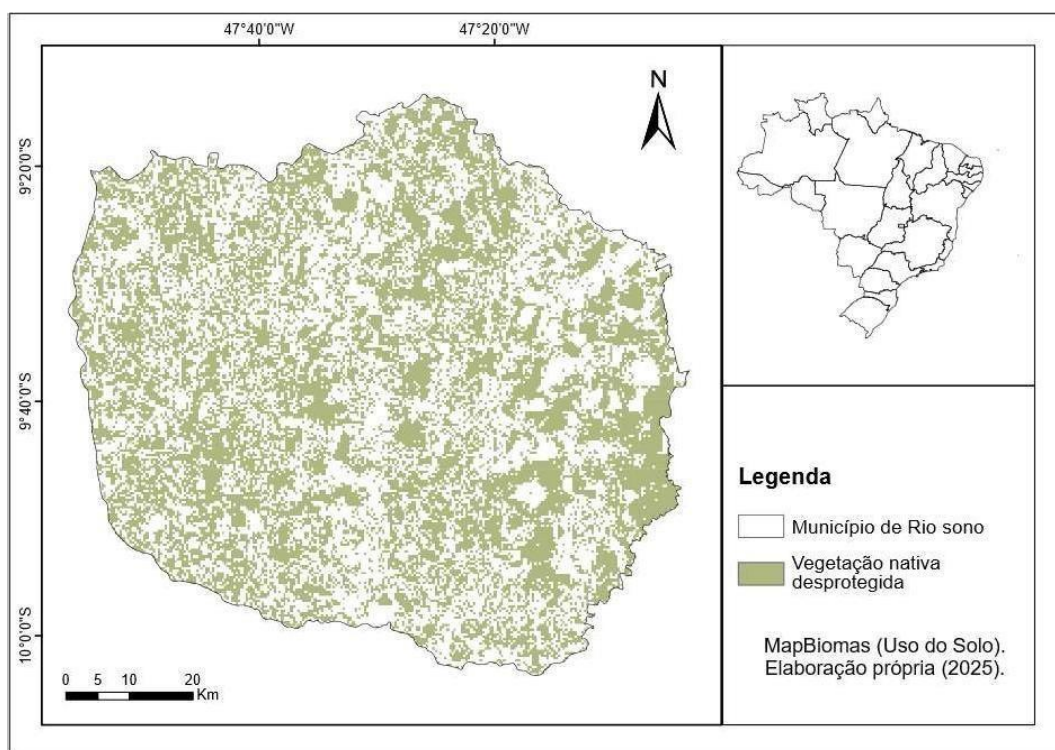


Figura 15 - Distribuição da vegetação nativa desprotegida no município de Rio Sono - TO.

Fonte: O autor, 2025.

Análise de Vulnerabilidade da Vegetação Nativa Total: 527.427ha

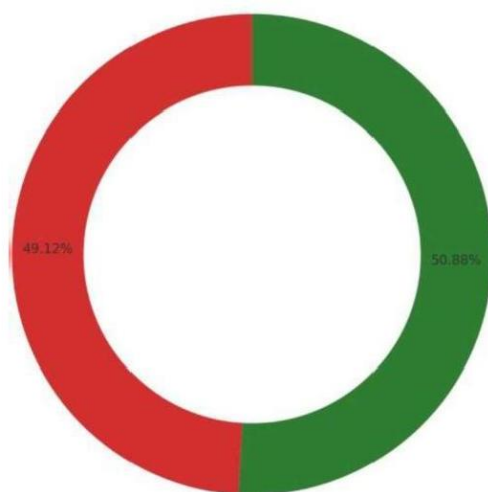


Figura 16 - Proporção da vegetação nativa protegida (em APP ou RL) vs. desprotegida (vulnerável) em Rio Sono (TO).

Fonte: O autor, 2025.

A avaliação da conectividade da paisagem, conforme ilustrado no mapa de sobreposição (Figura 16). Os contornos das Áreas de Preservação Permanente (em azul) e das Reservas Legais (em vermelho) foram sobrepostos à vegetação nativa remanescente (em verde), destacando as áreas já convertidas para uso antrópico (fundo branco/transparente).

Observa-se que as Reservas Legais atuam como as principais âncoras da paisagem, protegendo os maiores e mais significativos fragmentos de vegetação nativa que restaram no município. As APPs, ao seguirem a rede hidrográfica, formam uma malha de corredores ecológicos que, teoricamente, deveriam conectar esses grandes fragmentos de RL, permitindo o fluxo da biodiversidade. O mapa expõe as rupturas nessa rede de conectividade. Em diversos pontos, os corredores de APP atravessam áreas já desmatadas, quebrando a ligação física entre os fragmentos de vegetação.

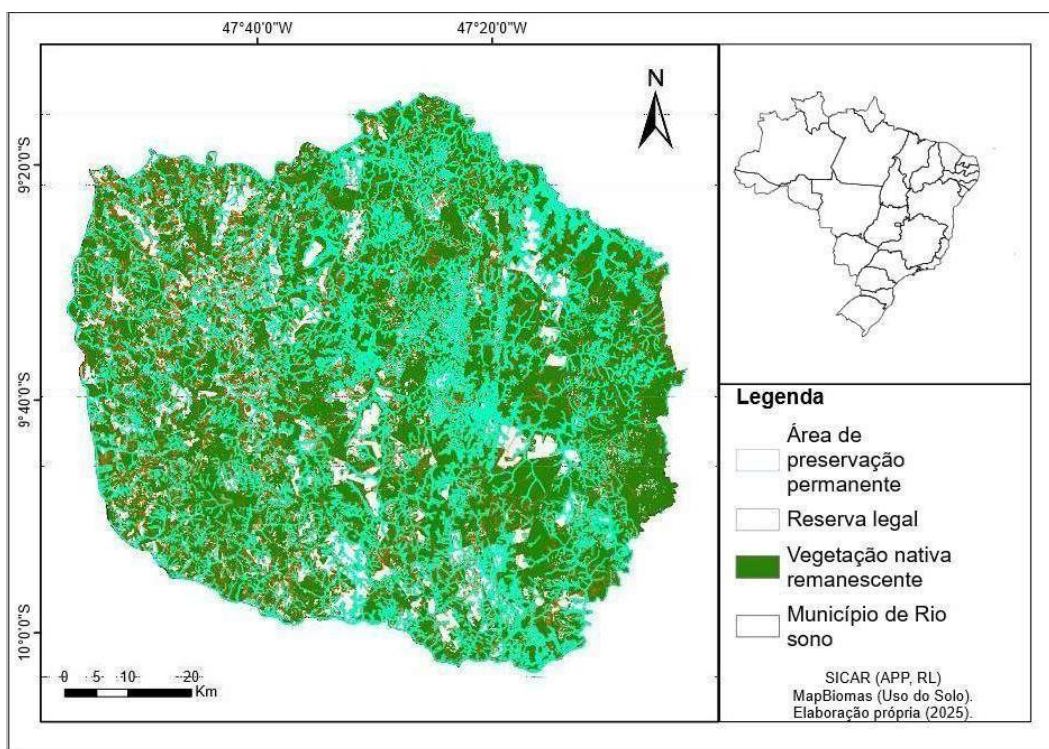


Figura 17 - Distribuição das Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais e vegetação nativa remanescente no município de Rio Sono – TO.

Fonte: O autor, 2025.

6 DISCUSSÃO

A análise da dinâmica de supressão de vegetação nativa em Rio Sono revela um cenário muito mais complexo do que uma simples tendência de crescimento. Os dados, quando desagregados e cruzados, expõem uma tensão fundamental entre a expansão

econômica licenciada e uma pressão não autorizada persistente, identificada a partir da ausência de registro de licenciamento no SINAFLOR no período analisado. O que emerge não é uma história única de desmatamento, mas um mosaico de diferentes vetores de pressão que, por vezes, apresentam comportamentos opostos e cujos impactos se sobrepõem de maneira crítica no território (Barbosa et al., 2023).

Uma das descobertas mais impactantes foi o grande aumento do desmatamento autorizado no último ano do período analisado. Este pico não pode ser interpretado como um fracasso da fiscalização, mas sim como um sucesso do licenciamento em larga escala. Ele sugere um movimento de expansão planejada da fronteira agropecuária, onde grandes projetos, possivelmente represados, tiveram suas autorizações executadas (FEITOSA *et al.*, 2023). Isso indica que uma parte substancial da transformação da paisagem é uma consequência direta de decisões administrativas e do avanço de um modelo de desenvolvimento econômico que ainda depende da conversão de vegetação nativa (Assunção; Gandour; Rocha, 2015).

Em contraste direto com a expansão licenciada, a análise revelou um volume expressivo de desmatamento classificado como não autorizado. Esse componente da supressão, que atingiu seu auge em 2023, indica limitações estruturais nos sistemas de monitoramento, controle e regularização ambiental. A redução observada no último ano, embora estatisticamente relevante, não reduz a magnitude do problema; ela apenas sugere uma possível intensificação das ações de fiscalização após um período de maior ocorrência de supressões não autorizadas, ou ainda uma oscilação de mercado (Nunes et al., 2024). O fato de que quase metade de toda a supressão registrada no período foi classificada como não autorizada, por não apresentar correspondência com autorizações no SINAFLOR, demonstra que a ausência de licenciamento formal constitui um vetor de pressão territorial tão significativo quanto a própria expansão regular da agropecuária.

A investigação sobre a conformidade das áreas cadastradas no SICAR aprofunda essa discussão sobre a ineficácia da lei. A análise de conflito de uso dentro das Áreas de Reserva Legal demonstrou que uma parcela significativa destas não está cumprindo sua função (MENDES et al., 2022). A presença generalizada de pastagem e mosaico de usos em áreas que deveriam estar em processo de regeneração ou preservadas indica que o cadastro, por si só, é insuficiente. As RLs estão sendo tratadas, em parte, como reservas de papel, e a pressão agropecuária interna é um indicativo claro de que o ônus da preservação não está sendo respeitado pelo proprietário, nem fiscalizado pelo poder público.

De forma ainda mais crítica, a mesma irregularidade foi encontrada nas Áreas de Preservação Permanente. Embora o percentual de conflito possa ser numericamente inferior ao da RL, seu impacto ecológico é qualitativamente superior. As APPs são a infraestrutura ecológica básica do município, responsáveis pela proteção direta de nascentes e recursos hídricos. A existência de milhares de ha de pastagem e agricultura nessas áreas sensíveis representa uma ameaça direta à qualidade e quantidade da água, potencializando a erosão, o assoreamento de rios e a perda de biodiversidade ripária (MENDES et al., 2022; METZGER, 2010).

A análise de conectividade da paisagem, realizada através do mapa de sobreposição, sintetiza visualmente as consequências ecológicas desses conflitos. O mapa demonstra que as RLs funcionam como as apoio dos grandes fragmentos de vegetação, enquanto as APPs deveriam atuar como corredores ecológicos que os conectam. No entanto, as rupturas nesses corredores são evidentes e a degradação das APPs não apenas polui os rios, mas também fragmenta a paisagem, isolando os habitats e comprometendo a viabilidade da fauna a longo prazo (FAHRIG, 2003).

Talvez a descoberta mais importante do estudo tenha vindo da análise de vulnerabilidade. A investigação para quantificar a vegetação nativa que não estivesse sob nenhuma proteção (nem APP, nem RL) encontrou uma área residual e surpreendentemente pequena. Isso refuta a hipótese inicial de que poderia haver grandes estoques de vegetação vulnerável ao desmatamento legal. Na prática, o Cadastro Ambiental Rural (CAR) já mapeou quase toda a vegetação remanescente do município dentro de alguma categoria de proteção ou uso (Soares-Filho et al., 2016).

Este paradoxo da vulnerabilidade é a chave para a conclusão do trabalho. O problema de Rio Sono não é a falta de leis ou a ausência de um zoneamento no papel. O problema é a ineficácia da lei no território. O fato de quase 100% da vegetação nativa estar cadastrada, e ainda assim o desmatamento não autorizado ser responsável por quase metade de toda a supressão e as áreas protegidas apresentarem conflitos internos tão relevantes, prova que o desafio é de governança (RAJÃO et al., 2020).

Embora não executadas neste escopo, o plano de análise original previa cruzar dados do CAR com o SIGEF e analisar alertas do DETER. As descobertas atuais tornam essas análises ainda mais pertinentes. O desmatamento não autorizado pode estar concentrado justamente nas lacunas entre o cadastro fundiário (SIGEF) e o ambiental (CAR). Da mesma forma, uma análise futura com dados do DETER poderia monitorar em tempo real se as

rupturas nos corredores de APP estão se expandindo ou se recuperando, oferecendo uma ferramenta de gestão quase imediata.

Em suma, a discussão dos resultados aponta para uma necessidade urgente de mudança de foco da política ambiental em Rio Sono: de uma fase de cadastro para uma fase de gestão e fiscalização. O desmatamento não autorizado e o conflito de uso em APPs e RLs não são problemas pontuais, mas sim estruturais. Sem um fortalecimento robusto do monitoramento, da responsabilização por infrações e de programas de recuperação de áreas degradadas o município continuará a perder seu patrimônio natural, não por falta de leis, mas por falha em aplicá-las.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise espacial realizada, que o município de Rio Sono apresenta uma tendência crescente de desmatamento entre os anos de 2022 e 2024, com grande intensificação em 2024, especialmente nas porções leste e sudeste do território. Esse avanço da supressão de vegetação nativa ocorre, em grande parte, em áreas ambientalmente sensíveis, como nas proximidades de nascentes, margens de cursos d'água (APPs) e em zonas classificadas como Reservas Legais ainda não consolidadas.

Os resultados mostram a existência de conflitos entre o uso antrópico da terra e a legislação ambiental vigente, indicando que parte do território municipal está sendo ocupada ou explorada de forma incompatível com os instrumentos legais de proteção. A sobreposição entre áreas desmatadas e áreas protegidas reforça a necessidade de ações concretas para reverter esse cenário de degradação.

Dessa forma, destaca-se a importância de medidas imediatas voltadas à regularização fundiária ambiental, averbação das Reservas Legais pendentes, fortalecimento da fiscalização, recuperação de áreas degradadas e implantação de políticas públicas que promovam o uso sustentável do solo. A integração entre planejamento territorial, tecnologia de monitoramento e participação social será essencial para assegurar a proteção dos recursos naturais e garantir a sustentabilidade ecológica e produtiva do município de Rio Sono.

Os resultados demonstram que o município de Rio Sono não enfrenta somente um problema associado ao desmatamento autorizado, vinculado à expansão legal da agropecuária, mas também uma expressiva parcela de supressão de vegetação identificada como desmatamento não autorizado, ou seja, sem correspondência com registros no SINAFLOR no período analisado. Essa condição revela fragilidades estruturais na fiscalização ambiental e na

regularização fundiária, reforçando que a existência de instrumentos legais, por si só, não garante a efetividade da proteção ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, RONALDO DE; ARRAES, FRANCISCA ZILANIA MARIANO. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 3, p. 515–538, 2010.
- ALENCAR, ANE. *et al.* **Desmatamento na Amazônia: indo além da " emergência crônica"**. Belém: Ipam, 2004.
- ANDREZA, MARLI NASCIMENTO DOS SANTOS *et al.* Interferência do desmatamento na qualidade ambiental e social. **Brazilian Journal of Development**, v. 10, n. 1, p. 1420-1436, 2024.
- ARAÚJO, ROBERTO. *et al.* Territórios e alianças políticas do pós-ambientalismo. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 95, p. 67-90, 2019.
- ARAÚJO, ROBERTO; VIEIRA, IMA CÉLIA GUIMARÃES. Desmatamento e as ideologias da expansão da fronteira agrícola: o caso das críticas ao sistema de monitoramento da floresta amazônica. **Sustain. Debate**, v. 10, n. 3, p. 366-78, 2019.
- ARÊA LEÃO HONDA, SIBILA CORRAL DE *et al.* Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). **Urbe**, v. 7, n. 1, p. 62–73, 1 jan. 2015.
- ARRUDA, CELSO DE SOUZA; JUNIOR, ERNANDES SOBREIRA OLIVEIRA; HACON, SANDRA DE SOUZA. Serviços Ecossistêmicos da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 17, n. 10, p. 178-198, 2024.
- ASSUNÇÃO, JULIANO; GANDOUR, CLARISSA; ROCHA, RUDI. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies? **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 6, p. 697–722, 2015.
- AYOUB, JULIANNO PIZZANO; OLIVEIRA, MARCEL RICARDO NOGUEIRA; FREITA, FABRICIO HERNANDES DE; MELLO, MIKAEL EDUARDO DE. Ações antrópicas e a associação com as mudanças climáticas. **IOSR Journal of Business and Management**, v. 26, n. 12, p. 21–27, dez. 2024.
- BARBER, CHRISTOPHER P. *et al.* Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. **Biological Conservation**, v. 177, p. 203–209, 2014.
- BARBOSA, VICTOR ALVES; NABOUT, JOÃO CARLOS; CUNHA, HÉLIDA FERREIRA DA. Spatial and temporal deforestation in the Brazilian Savanna: the discrepancy between observed and licensed deforestation in the state of Goiás. **Land Use Policy**, v. 131, p. 106730, 2023.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938/1981, 9.393/1996 e 11.428/2006; revoga as Leis nºs 4.771/1965 e 7.754/1989 e a Medida Provisória nº 2.166-67/2001. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 16 maio 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Estratégia do Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros. Brasília: MMA, 2016. 44 p. ISBN 978-85-7738-265-1. Disponível em: https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/estrategia_programa_monitoramento_ambiental_biombras.pdf. Acesso em: 16 maio 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado. Brasília: MMA, 2009. Disponível em: https://documentacao.socioambiental.org/noticias/anexo_noticia/4514_20090911_104017.pdf. Acesso em: 27 maio 2025.

BRITTO, SAIMON LIMA DE. As unidades de conservação ambiental do norte do estado do Tocantins e sua importância para a biodiversidade da região. **UÁQUIRI-Revista do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre**, v. 3, n. 1, p. 19-19, 2021.

CARVALHO, ANDRÉ CUTRIM. **Expansão da fronteira agropecuária e a dinâmica do desmatamento florestal na Amazônia paraense**. 2012. 349 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2012.

CASTRO, EDNA MARIA RAMOS DE. Políticas de ordenamento territorial, desmatamento e dinâmicas de fronteira. *Novos Cadernos NAEA*, Belém, v. 10, n. 2, p. 105-126, dez. 2007.

CASTRO, MARCUS DANIEL SILVA DE. **Grilagem de terras e a reparação do dano causado**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2021.

CERRI, CARLOS EDUARDO P. *et al.* Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 1, p. 83-99, fev. 2007.

COSTA, MARIA MARCIENE DA SILVA; FERREIRA MENDES, MAURÍCIO; DA SILVA, ELIAS. Dinâmica de uso e cobertura do solo no município de Ananás, Tocantins (2010-2020). **Revista GeoInterações**, v. 8, n. 1, 2024.

COSTA, MATEUS STALLIVERI DA; NIEBUHR, PEDRO DE MENEZES. Competência para a emissão de autorização de corte e supressão de vegetação: o conflito entre a lei de competências ambientais e a lei da mata atlântica. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 13, n. 2, 2023. DOI: 10.18226/22370021.v13.n2.14.

FAHRIG, LENORE. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.

FEARNSIDE, PHILIP. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. *Destruição e Conservação da Floresta Amazônica*, v. 1, p. 7-19, 2005.

FEITOSA, THATIANA BRUNES; FERNANDES, MILTON MARQUES; FERNANDES, MARCIA RODRIGUES DE MOURA; FILHO, RENISSON NEPONUCENO ARAUJO. Temporal Analysis of Forest Fragmentation in the Amazon Rainforest of Tocantins State, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 30, n. 2, 2023.

FERREIRA, FERNANDA LAURINDA VALADARES *et al.* Environmental diagnosis of water source in a Brazilian Cerrado watershed. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1–11, 25 set. 2020.

HAIDAR, RICARDO FLORES *et al.* Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil: parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. **Acta Amazonica**, v. 43, p. 261-290, 2013.

HASAN, SARAH; SHI, WENZHONG; ZHU, XIALIN; ABBAS, SAWAID. Monitoring of land use/land cover and socioeconomic changes in South China over the last three decades using Landsat and nighttime light data. **Remote Sensing**, v. 11, n. 14, p. 1658, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Manual técnico de uso da terra*. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

KERNS, BECKY. K. *et al.* Long-term frequent fire and cattle grazing alter dry forest understory vegetation. **Ecological Applications**, v. 34, n. 2, e2972, 2024.

KOHLER, MARISA REGINA *et al.* O desmatamento da Amazônia brasileira sob o prisma da pecuária: a degradação dos recursos hídricos no contexto da região norte de Mato Grosso. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, 2021.

LAMBIN, ERIC F. *et al.* The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change**, v. 11, n. 4, p. 261–269, 2001.

MACEDO, MARCIA *et al.* Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 4, p. 1341–1346, 2012. DOI: 10.1073/pnas.1111374109.

MACEDO, MOZART JÚNIOR BRITO; OLIVEIRA, ANDRÉ LUIZ DE; PEREIRA, JEFFERSON DE SOUZA. **A influência do uso, da ocupação e da conservação do solo na qualidade da água de abastecimento: o caso da bacia hidrográfica do Lago Descoberto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004. 120 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

MAMEDE, FANI; GARCIA, PAULO QUIRINO; SOUSA JÚNIOR, WILSON CABRAL. Análise de viabilidade socioeconômico-ambiental da transposição de águas da bacia do Rio Tocantins para o Rio São Francisco na região do Jalapão/TO. **Coordenação: Conservation Strategy Fund – CSF**. Lagoa Santa: CSF-Brasil, 2002.

MARENGO, JOSE A. *et al.* Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia–Cerrado transition zone. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 1 dez. 2022.

MARTINEZ, ALINE SBIZERA *et al.* Brasil em transformação: o impacto da crise climática – Caderno técnico I, 2024: o ano mais quente da história. São Paulo: **Programa Maré de Ciência – UNIFESP**; Fundação Grupo Boticário, 2024.

MENDES, REJANE MARQUES *et al.* Regularidade ambiental das áreas de Reserva Legal do Cerrado brasileiro. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 23, n. 85, p. 330–349, fev. 2022.

METZGER, JEAN PAUL. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 1–5, 2010.

MOREIRA, DENY CESAR, e COLLICCHIO, ERICH. Prerrogativas da legislação ambiental estadual em relação à APA Ilha do Bananal/Cantão, Tocantins. **Revista Liberato**, 18(30), 197–212, 2017.

NASCIMENTO, JULIANA SILVA DO *et al.* Monitoramento ambiental Impactos ambientais movidos pelo desmatamento sucessivo da amazônia legal. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 33157–33167, 2019.

NASCIMENTO, SANDRO MUNIZ DO. **Efeitos da fragmentação de habitats em populações vegetais**. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, 2007. Monografia (Graduação em Ecologia).

NÓBREGA, RANYERE SILVA. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 111–120, 2014.

NUNES, FELIPE S. M. *et al.* Lessons from the historical dynamics of environmental law enforcement in the Brazilian Amazon. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1828, 2024.

PELICICE, FERNANDO MAYER *et al.* Large-scale degradation of the Tocantins-Araguaia River Basin. **Environmental Management**, v. 68, p. 445–452, 2021.

PIAO, YONG *et al.* Monitoring land use/land cover and landscape pattern changes at a local scale: a case study of Pyongyang, North Korea. **Remote Sensing**, v. 15, n. 6, p. 1592, 2023.

PINHEIRO, RENATO TORRES; DORNAS, TÚLIO. Distribuição e conservação das aves na região do Cantão, Tocantins: ecótono Amazônia/Cerrado. **Biota Neotropica**, v. 9, p. 187–205, 2009.

RABESCHINI, GABRIELA *et al.* Choosing fit-for-purpose biodiversity impact indicators for agriculture in the Brazilian Cerrado ecoregion. **Nature Communications**, v. 16, n. 1, 1 dez. 2025.

RAJÃO, RAONI *et al.* The rotten apples of Brazil's agribusiness. **Science**, v. 369, n. 6501, p. 246–248, 2020.

SANTOS, ALEX MOTA DOS; NUNES, FABRIZIA GIOPPO. Mapeamento de cobertura e do uso da terra: críticas e autocríticas a partir de um estudo de caso na Amazônia brasileira. **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 476–495, 2021.

SANTOS, CRISTIANO FIGUEIREDO DOS. Plantas nativas do cerrado e fitorremediação. **Revista de ciências ambientais**, v. 7, n. 1, p. 67–77, 2013.

SILVA, ALESSANDRO OLIVEIRA *et al.* Aspectos vegetacionais do estado do Tocantins: um enfoque na microrregião do Bico do Papagaio, TO, Brasil. **UÁQUIRI: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, v. 6, n. 1, p. 7–27, 2024.

SOARES-FILHO, BRITALDO SILVEIRA *et al.* Brazil's Market for Trading Forest Certificates. **PLOS ONE**, v. 11, n. 4, e0152311, 2016.

SONTER, LAURA *et al.* Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature Communications**, v. 8, n. 1013, 2017.

TOCANTINS. **Relatório técnico de dinâmica de cobertura e uso da terra: 2000–2020**. Palmas: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH, 2022. Disponível em:
https://zoneamento.sefaz.to.gov.br/Publicacoes_Tecnicas/Tocantins/TO_Rel_Dinamica_Cob_Uso/Din_Cob_Uso_Tocantins_vol1.pdf. Acesso em: 16 maio 2025.

WITHANAGE, NEEL CHAMINDA *et al.* Monitoring deforestation, forest health, and environmental criticality in a protected area periphery using geospatial techniques. **PeerJ**, v. 12, e17714, 2024.