



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**O IMPACTO DO USO IRREGULAR DO INSTRUMENTO DE COMPENSAÇÃO
DE RESERVA LEGAL NA EXPANSÃO DO DESMATAMENTO NO BIOMA
CERRADO NO ESTADO DO TOCANTINS.**

Bruno Machado Carneiro
Tese de Doutorado

Brasília- DF: março / 2024



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**O IMPACTO DO USO IRREGULAR DO INSTRUMENTO DE COMPENSAÇÃO
DE RESERVA LEGAL NA EXPANSÃO DO DESMATAMENTO NO BIOMA
CERRADO NO ESTADO DO TOCANTINS.**

Bruno Machado Carneiro

Orientador: Osmar Abílio de Carvalho Júnior

Tese de Doutorado

Brasília- DF: março / 2024



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**O IMPACTO DO USO IRREGULAR DO INSTRUMENTO DE COMPENSAÇÃO
DE RESERVA LEGAL NA EXPANSÃO DO DESMATAMENTO NO BIOMA
CERRADO NO ESTADO DO TOCANTINS.**

Bruno Machado Carneiro

Tese de Doutorado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor Geografia, área de concentração Gestão Ambiental e Territorial, opção Acadêmica.

Aprovada por:

Osmar Abílio de Carvalho Júnior, Doutor. Universidade de Brasília

Renato Fonte Guimarães, Doutor. Universidade de Brasília

Balbino Antonio Evangelista, Doutor. EMBRAPA/CNPSA

Rodolfo Alvez da Luz, Doutor. Universidade Federal do Tocantins

Brasília-DF, 22 de março de 2024



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia

FICHA CATALOGRÁFICA

CARNEIRO, BRUNO MACHADO

O impacto do uso Irregular do instrumento de compensação de reserva legal na expansão do desmatamento no Bioma Cerrado no Estado do Tocantins, 92 p., 297 mm

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Bruno Machado Carneiro

Dedico esta tese a minha esposa Elisabete e minhas filhas Bruna e Bianca que sempre estiveram ao meu lado nesses dias de luta, dedicação e aprendizado. Obrigado minhas princesas pela compreensão nos momentos de ausência e reclusão no escritório. A minha mãe incentivadora ímpar do meu caminhar e conselheira nos momentos de dúvidas, angústias e alegrias. As minhas irmãs Carla e Cláudia que auxiliaram nesse processo, ao meu irmão Allan que sempre esteve disposto a ser um ombro amigo nessa jornada e aos meus sobrinhos, sobrinhas e a nova geração de nossa família espalhada por esse enorme e maravilhoso país.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força, inspiração e perseverança encaminhadas nos momentos de tormentas e provações.

Ao meu orientador Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior, por disponibilizar seus conhecimentos, sua paciência e sabedoria na condução desse trabalho.

Ao professor Geraldo da Silva Gomes (CESAF/MPE) por seus incentivos, críticas e principalmente na orientação inicial dessa jornada, ainda no pré-projeto dessa tese.

Aos amigos do Instituto Técnico Federal do Tocantins, professora Noemi Zukowski, Professor Dr. Giuliano Guimarães, aos Mestres Francisco Romero e Marcos Antônio pelo apoio dado no desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos amigos do Batalhão da Polícia Militar Ambiental do Tocantins que acompanharam nossas equipes de trabalho do MPE na coleta de dados em campo, especialmente nas questões de identificação de supressão de vegetação nativa com imagens de drone.

Aos amigos do Ministério Público do Estado do Tocantins lotados no Centro de Apoio Operacional de Urbanismo Arquitetura e Meio Ambiente e no Laboratório de Geoprocessamento por compartilharem seus conhecimentos, amizade e momentos de importante reflexão na construção desse trabalho.

Ao Dr. José Maria da Silva Júnior (in memoriam) defensor das questões ambientais e incentivador do desenvolvimento de pesquisas realizadas no âmbito do Ministério Público do Estado do Tocantins.

Ao Dr. Francisco José Pinheiro Brandes Júnior, Promotor de Justiça e atual coordenador do CAOMA, seu trabalho inspirador e incansável fazem a diferença no ordenamento e gestão ambiental do Estado do Tocantins.

Por fim, agradeço ao Programa de Pro-qualificar do Instituto Federal do Tocantins por financiar parte dessa pesquisa através do acesso a bolsa e ao Ministério Público do Estado do Tocantins por propiciar acesso as informações e a infraestrutura para o desenvolvimento dessa pesquisa.

RESUMO

As Reservas Legais (RL), instituídas pela legislação brasileira, constituem um componente essencial para a conservação da biodiversidade e a mitigação das mudanças climáticas no Brasil. O tema da presente tese de doutorado foi o instrumento de compensação de reserva legal no Estado do Tocantins, com foco no impacto do seu uso irregular na expansão do desmatamento no bioma cerrado. A pergunta que orientou a pesquisa buscou responder se o uso irregular do instrumento de compensação de reserva legal no Estado do Tocantins contribuiu no aumento do desmatamento no Bioma Cerrado. A hipótese geral da pesquisa estabelece como possível para o Estado brasileiro e seus organismos, criar ferramentas efetivas para o controle das compensações de Reserva Legal (RL) para combater o desmatamento ilegal e o seu objetivo geral foi avaliar as ações ilegais de compensação de reserva legal (RL) no estado do Tocantins tomando por base a Resolução COEMA 07/2005 e que se encontravam em desacordo com a Legislação de Proteção à Vegetação Nativa (NPVL), que efetivou emissões de compensações irregulares no período de 2012-2014. Visando a concretização do objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: (a) detectar e quantificar as efetivas alterações das RL em descumprimento da NPVL na propriedade, a partir de imagens de sensoriamento remoto e dos dados vetoriais das Autorizações de Supressão de Vegetação de Compensação de Reserva Legal (ASV-CRL) com indícios de irregularidade e Cadastro Ambiental Rural (CAR); (b) analisar a evolução multitemporal dessas localidades, identificando os tipos de uso da terra; e (c) caracterizar as regiões de origem e destino das compensações irregulares de RL, analisando sua relação com o mercado de terras. Para atingir os objetivos propostos, empregamos uma abordagem metodológica que incluiu uma revisão bibliográfica e um estudo de caso. A área de estudo corresponde a interseção de oito municípios localizados nas bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés, na porção sudoeste do Estado do Tocantins, com intenso uso agrícola. A pesquisa avaliou a ocorrência, dimensão, distribuição espacial da evolução do uso da terra com autorizações irregulares de compensação de RL a partir da interpretação de imagens de satélite e a destinação das áreas de compensação de RL. Os resultados encontrados revelaram um alto número de compensações irregulares, nos municípios com maior incidência de desmatamento entre os anos de 2014-2015 na área de estudo. A estratégia de compensação de RL mapeada na pesquisa revela uma opção baseada na lógica do mercado de terras concentrando as compensações em regiões menos valorizadas, enquanto as áreas de maior valor econômico sofrem intensificação da exploração agrícola. Com base nos resultados obtidos, entre as principais conclusões incluem-se: a necessidade de maior transparência nos atos administrativos ambientais; a integração de dados e trabalhos conjuntos para alcançar uma fiscalização mais efetiva e assertiva no combate às práticas ilegais de licenciamento e desmatamento; a recomendação de implementar um banco de dados geoespacial com acesso a todas as autorizações de desmatamento emitidas no Estado; e a revisão dos processos de autorizações de desmatamento com base no uso de compensação de RL para se obter um maior controle do desmatamento no Bioma Cerrado. O objetivo geral e específicos foram atingidos. Entre os principais desafios para a continuação desta pesquisa, assim como para a realização de novas investigações sobre o instrumento de compensação de reserva legal se incluem: a transparência e sistematização das autorizações de supressão de vegetação pelos órgãos estaduais de meio ambiente e a comunicação dessas informações para o IBAMA.

Palavras-chave: Compensação de Reserva legal, desmatamento, transparência ativa, sustentabilidade e banco de dados geoespaciais

ABSTRACT

Legal Reserves (LR), established by Brazilian legislation, are an essential component for conserving biodiversity and mitigating climate change in Brazil. The subject of this doctoral thesis was the instrument of legal reserve compensation in the state of Tocantins, with a focus on the impact of its irregular use on the spreading deforestation in the Cerrado biome. The guiding question sought to answer whether the irregular use of the legal reserve compensation instrument in the state of Tocantins has contributed to the increase in deforestation in the Cerrado biome. The research's general hypothesis establishes the possibility for the Brazilian state and its organizations to create effective tools to control Legal Reserve (LR) offsets in order to combat illegal deforestation and its general objective was to assess illegal Legal Reserve (LR) offsets in the state of Tocantins based on COEMA Resolution 07/2005 and which were in disagreement with the Native Vegetation Protection Legislation (NPVL), which issued irregular offsets in the period 2012-2014. In order to achieve the general objective, the following specific objectives were established: (a) to detect and quantify the actual changes to the RL in non-compliance with the NPVL on the property, based on remote sensing images and vector data from Legal Reserve Compensation Vegetation Suppression Authorizations (ASV-CRL) with signs of irregularity and the Rural Environmental Registry (CAR); (b) to analyze the multi-temporal evolution of these locations, identifying the types of land use; and (c) to characterize the regions of origin and destination of irregular RL compensations, analyzing their relationship with the land market. To achieve the proposed objectives, we used a methodological approach that included a literature review and a case study. The area covered by the study corresponds to the intersection of eight municipalities located in the Formoso, Pium and Javaés river basins, in the southwestern part of the state of Tocantins, with intense agricultural use. The research assessed land use evolution with irregular authorizations for RL compensation based on the interpretation of satellite images and the destination of RL compensation areas. The results revealed a high number of irregular offsets in municipalities with a high incidence of deforestation between 2014-2015 in the study area. The RL compensation strategy mapped out in the research reveals an option based on the logic of the land market, concentrating compensation in less valued regions, while areas of greater economic value suffer intensification of agricultural exploitation. Based on the findings, the main conclusions include: the need for greater transparency in environmental administrative acts; the integration of data and joint work to achieve more effective and assertive enforcement in the fight against illegal licensing and deforestation practices; the recommendation to implement a geospatial database with access to all deforestation authorizations issued in the state; and the review of deforestation authorization processes based on the use of RL compensation in order to achieve greater control of deforestation in the Cerrado Biome. The general and specific objectives were achieved. The main challenges for the continuation of this research, as well as for further investigations into the legal reserve compensation instrument, include transparency and systematization of vegetation suppression authorizations by state environmental agencies and the communication of this information to IBAMA.

Keywords: Legal Reserve Compensation, deforestation, active transparency, sustainability, and geospatial database.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desmatamento potencialmente legal e ilegal no nível do imóvel no Cerrado e Amazônia	21
Figura 2 – Taxa de desmatamento acumulado do Bioma Cerrado (2001 a 2022)	25
Figura 3 – Localização de barragens acumulação de chuvas PRODOESTE-TO.....	28
Figura 4 – Linha do tempo Legislação Ambiental no Brasil	31
Figura 5 – Cenários de vedação e possibilidades de compensação de RL.....	34
Figura 6 – Princípios da Governança das Águas da OCDE.....	41
Figura 7 – Fluxograma de análise de uso da terra.....	47
Figura 8 - Localização da área de estudo	49
Figura 9 - Área de interseção dos municípios e sub-bacias da área de estudo.....	51
Figura 10 – Análise multitemporal das Áreas de Supressão de Vegetação	56
Figura 11 – Localização das bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés	65
Figura 12 – Localização sub-bacia rio Formoso	66
Figura 13 – Localização sub-bacia rio Pium	67
Figura 14 - Localização sub-bacia rio Javaés	68
Figura 15 – Dinâmica de desmatamento com Autorização de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva legal (ASV-CRL) na área de estudo no período de 2012 e 2022	72
Figura 16 – Dinâmica de desmatamento com Autorização de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal nos municípios da área de estudo	72
Figura 17 – Mapa do Mercado Regional de Terras do Tocantins (2018)	73
Figura 18 - Mapa de densidade das propriedades com ASV-CRL no Tocantins entre os anos de 2012 e 2014, (b) Mapa de densidade dos municípios com maior destinação de RL compensada no Estado do Tocantins	74
Figura 19 – Expansão da área de plantio na área de estudo 2012 e 2022	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da legislação ambiental no Brasil e no Estado do Tocantins	32
Tabela 2 - Relação dos municípios da área de estudo e as respectivas áreas das bacias e sub-bacias em seu território	50
Tabela 3 – Valores do preço médio de Terras no Estado do Tocantins (2018)	57
Tabela 4 – Classificação das áreas indicadas para compensação de RL com base nos valores de Mercado regional de Terra do Incra (2018)	58
Tabela 5 – Quantidade e proporção de dados declarados de Autorização de Supressão de Vegetação Nativa com Compensação de Reserva Legal para o Estado do Tocantins (ASV-CRL-TO) e ASV_CRL da área de estudo com arquivos vetoriais	60
Tabela 6 - Análise das Autorizações de supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal no Estado do Tocantins (ASV-CRL-TO), Autorizações de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal para a área de estudo (ASV-CRL) emitidas entre 2012 e 2014	61
Tabela 7 - Análise do desmatamento nas bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés no período de 2012a 2018 com base no mapeamento das Autorizações de Supressão de Vegetação Nativa com Compensação de Reserva Legal (ASV-CRL)	63
Tabela 8 - Análise do uso Atual da terra nas áreas de Autorização de Supressão de Vegetação com uso irregular de compensação de Reserva Legal nas bacias hidrográficas da área de estudo.....	64
Tabela 9 – Análise de mudança de uso da terra das ASV-CRL na sub-bacia do rio Formoso ..	67
Tabela 10 – Análise de mudança de uso da terra das ASV-CRL na sub-bacia do rio Pium	68
Tabela 11 – Análise de mudança de uso da terra das ASV-CRL na sub-bacia do rio Javaés ..	69
Tabela 12 - Análise de área solicitada para supressão de Vegetação com compensação de Reserva legal por município. Área de Uso Alternativo (AUA) corresponde a soma das áreas de uso agrícola e pastagem	69
Tabela 13 - Dinâmica de desmatamento das áreas de Autorização de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal (ASV-CRL) nos municípios da área de estudo no período de 2012 a 2018	71
Tabela 14 - Análise do aumento de área de plantio irrigado entre os anos de 2012 a 2022 com base nas classes de arroz e soja da coleção Mapbiomas 8 para as áreas de várzea tropical nas bacias hidrográficas da área de estudo	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEF	Área de Exploração Florestal
ALOS	Advanced Land Observing Satellite
APP	Área de Preservação Permanente
APR	Área da Propriedade Rural
AQC	Área de Queima Controlada
AR	Área de Vegetação Remanescente
ARL	Área de Reserva Legal
ASV	Autorização de Supressão de Vegetação
ASV-CRL	Autorização de Supressão de Vegetação com compensação de reserva Legal para a área de estudo
ASV-CRLTO	Autorização de Supressão de Vegetação com compensação de Reserva Legal para todo Estado do Tocantins
AUA	Área de Uso Alternativo
AVN	Área de Vegetação Nativa
CAOMA	Centro de Apoio Operacional de Arquitetura, Urbanismo e Meio
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CFB	Código Florestal Brasileiro
CM	Cerrado Matopiba
CNMP	Conselho Nacional do Ministério Público
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CRA	Cotas de Reserva Ambiental
CRL	Compensação de Reserva Legal
DETER	Deteção de Desmatamento em Tempo Real
DIRF	Distrito de Irrigação do Rio Formoso
GAECO	Grupo de Atuação Especial de Combate ao Crime Organizado
GEE	Google Earth Engine
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IWRM	Integrated Water Resources Management
JAXA	Agência Espacial Japonesa
LABGEO	Laboratório de Geoprocessamento
LFPR	Licenciamento Florestal da Propriedade Rural
MATOPIBA	Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
MD	Massa d'água
MCITC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP	Medida Provisória
MPE	Ministério Público Estadual
MRT	Mercado Regional de Terras
Naturatins	Instituto Natureza do Tocantins
NNL	Não Perda Líquida
NPVL	Legislação de Proteção à Vegetação Nativa
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PADAP	Programa de Assentamento Dirigido do Alto Parnaíba
PEI-TO	Plano Estadual de Irrigação do Tocantins
PGE	Procuradoria Geral do Estado

POLOCENTRO	Programa de Desenvolvimento do Cerrado
PRA	Programa de Regularização Ambiental
PRADA	Programa de Recuperação de Solos Degradados e Alterados
PRODECER	Programa de Desenvolvimento dos Cerrados
PRODES	Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia Legal por Satélite
PRODOESTE	Programa de Desenvolvimento do Centro-Oeste
PRODOESTE 1	Programa de Desenvolvimento do Oeste do Tocantins
RAMT-TO	Relatório de Análise de Mercado de Terras do Tocantins
RL	Reserva Legal
SEMARH	Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SICAM	Sistema Integrado de Controle Ambiental
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIGAM	Sistema Integrado de Gestão Ambiental
SIG-CAR	Sistema de Cadastro Ambiental Rural do Tocantins
SINAFLOR	Sistema Nacional de Controle e Origem dos Produtos Florestais
SLAPR	Sistema de Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
VTI	Valor Total do Imóvel
VTN	Valor da Terra Nua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	14
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 A Compensação Ambiental e seus desafios	18
2.2 Desmatamento e expansão agrícola no Bioma Cerrado	21
2.3 O impacto das políticas públicas como instrumentos de desenvolvimento regional	26
2.4 Reserva Legal, sua origem, conceitos e finalidade.....	30
2.5 Histórico do Processo de Compensação de Reserva legal no Brasil.....	31
2.6 O Processo de Licenciamento Ambiental e Compensação de Reserva legal no Estado do Tocantins	34
2.7 Cadastro Ambiental Rural (CAR)	37
2.8 Governança Territorial e das Águas	39
2.9 O Papel do Ministério Público Brasileiro na gestão ambiental	44
2.10 Inconsistências nas Autorizações de Supressão de Vegetação e desafios políticos	45
CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	48
3.1 Área de Estudo	49
3.2 Mapeamento das Áreas e a Sistematização dos Dados Vetoriais das Áreas com Autorização de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal (ASV-CRL)	54
3.3 Análise das Autorização de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal (ASV-CRL) emitidas no período 2012 a 2014.....	54
3.4 Análise das áreas de interseção dos municípios na área de estudo	55
3.5 Fluxo de Compensação de Reserva Legal no Estado do Tocantins	57
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4.1. Resultados da análise da ASV no período 2012 a 2014	60
4.2 Resultados da análise da ASV no período 2012 a 2018 agregado por bacias hidrográficas	63
4.3 Resultado da análise de ASV-CRL agregado por municípios analisados na pesquisa ..	70
4.4 A estratégia do desmatamento e Compensação de Reserva Legal no Estado do Tocantins	74
4.5 Relação das Compensação, o Mercado de Terras e suas implicações socioeconômicas e ambientais nos municípios afetados	76
4.6 Impacto da emissão de ASV-CRL nas bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés e a demanda por recursos hídricos.	77
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A vegetação nativa brasileira está entre os maiores reservatórios de carbono do mundo (Fearnside, 2018; Nogueira et al., 2018, 2015). Nesse cenário, aproximadamente um terço da vegetação nativa do país é classificada como Reserva Legal (RL), conforme estipulado pela legislação ambiental brasileira, onde as propriedades privadas são obrigadas a manter uma fração definida de suas terras com cobertura de vegetação nativa. Dentre os benefícios das Reservas Legais, estão incluídos: proteção da biodiversidade, regulação do clima, polinização, controle biológico, segurança alimentar, controle de doenças zoonóticas e da saúde humana, redução da perda de solo, diminuição de aporte de sedimentos nos rios e garantia de diversas atividades econômicas (turismo, pesca etc.), portanto, as Reservas Legais devem ser vistas não como passivos ao progresso, mas como valiosos ativos que devem ser mantidos e protegidos na política territorial (Guerra et al., 2020; Metzger et al., 2019).

O código Florestal Brasileiro de 1965 (Lei nº 4.771/1965) desempenhou um papel fundamental na proteção ambiental do país, com destaque para o instrumento da RL, o qual estabeleceu a obrigatoriedade de manutenção de uma porcentagem mínima de vegetação nativa em propriedades rurais, o código teve como objetivo principal garantir a conservação da biodiversidade, a preservação dos recursos hídricos e a redução dos impactos das mudanças climáticas. Contudo, alguns setores produtivos criticam a Lei nº 4.771/1965 por considerar a RL restritiva a expansão agrícola e prejudicial ao desenvolvimento econômico do país. Ao fim de longos anos de debates no Congresso Nacional, houve o sancionamento da Lei nº 12.651 em 25 de maio de 2012, contendo alguns vetos presidenciais e alteração pela Lei nº 12.727 em 17 de outubro de 2012. Essa legislação ambiental foi denominada Lei de Proteção da Vegetação Nativa (NVPL), mas é popularmente conhecida como Novo Código Florestal. A revisão legislativa de 2012 recebeu amplo apoio do setor agroindustrial, que argumentou ser impraticável atender às exigências da Lei Florestal de 1965, devido ao impacto significativo na diminuição das áreas de produção agrícola (Diniz and Ferreira Filho, 2015; Silva et al., 2012). Portanto, a reforma é envolta em polêmica devido alguns retrocessos ambientais. Dentre esses, destacam-se as concessões especiais para facilitar a regularização de propriedades em não conformidade com o Código Florestal de 1965, concedendo anistia das infrações cometidas antes de 22 de julho de 2008 (data em que foi promulgado o Decreto Federal nº 6.514), retirada da proteção de certas áreas ambientalmente frágeis, permissão de uma agricultura contínua ou a manutenção de infraestrutura em áreas protegidas por lei sem recuperação total da vegetação nativa (Brancaion et al., 2016a; Ferreira et al., 2014; Sparovek, 2012). Positivamente, a NVPL

buscou a modernização e integração dos sistemas de fiscalização ambiental, anteriormente dependente de denúncias e ações isoladas de autoridades, mediante o Decreto Federal nº 7.830 de 17 de outubro de 2012, que introduziu o Cadastro Ambiental Rural (CAR), o Programa de Regularização Ambiental (PRA), o Projeto de Recuperação de Solos Degradados e Alterados (PRADA), e o programa de Cotas de Reserva Ambiental (CRA). Além disso, houve um aumento da fiscalização do poder público com o artigo 26, que obriga o proprietário solicitar autorização ao órgão ambiental para suprimir a vegetação nativa fora das APPs e RLs.

No Brasil, a legislação da NVPL, as possibilidades de compensação fora da bacia hidrográfica e do Estado agrava a dinâmica de compensação, predominantemente em uma abordagem econômica, onde a escolha das regiões de baixo custo prevalece sobre critérios ecológicos essenciais para a recuperação de bacias hidrográficas, manutenção da conectividade ecológica e sustentação de serviços ambientais vitais. Nesse contexto, os condicionantes imobiliários passam a ter primazia (zu Ermgassen et al., 2019), desconsiderando que a movimentação espacial de recursos ecológicos possui implicações mesmo quando os impactos são limitados (Griffiths et al., 2019; Kaza and BenDor, 2013).

Outro ponto da NPVL que afeta as Reservas Legais é o referente as propriedades menores que quatro módulos fiscais (unidade de medida agrária instituída pela Lei nº 6.746/1979 que considera a sua dimensão e disposição regional), que receberam anistia dos desmatamentos ilegais ocorridos antes de 22 de julho de 2008 (Art. 67) (Alarcon et al., 2015; Soares-Filho et al., 2014; Sparovek, 2012). A lei revisada beneficiou vários pequenos agricultores, que na condição passada teria que restaurar ou compensar o desmatamento histórico (Soares-Filho et al., 2014).

Contudo, mesmo após a anistia concedida, estudos indicam que uma significativa proporção de propriedades não cumpriu com as exigências de RL (Azevedo et al., 2015; Nunes et al., 2016; Silva and Ranieri, 2014; Stickler et al., 2013). Soares-Filho et al., (2014) estimam um déficit acumulado de RL no Brasil em torno de 17 milhões de hectares. A não conformidade dos produtores rurais com o código deve-se a vários fatores avaliados em diferentes estudos, incluindo resistência social devido aos altos percentuais de conservação exigidos, o custo de oportunidade para os produtores, stress social, contradição das políticas de colonização, passadas e da atual, com abordagem ambiental, e os encargos financeiros da regularização (Campos and Bacha, 2016, 2013; Fasiaben et al., 2011; Igari et al., 2009; Pacheco et al., 2017; Schmidt and McDermott, 2015; Silva and Ranieri, 2014).

A capacidade dos produtores rurais de gerar renda ou serem compensados pela oferta de serviços e bens ambientais à sociedade, é limitada sem os incentivos adequados. Segundo Campos and Bacha (2016), a manutenção da RL implica um custo de oportunidade significativo para os produtores dos estados de São Paulo e Mato Grosso. Portanto, os autores apontam para a necessidade de mecanismos de incentivo econômico (e.g. redução das taxas de juros para créditos rurais) e mecanismos de diferenciação dos produtores conforme os custos associados à manutenção das reservas legais. Além disso, desafios legislativos e governamentais agravam a situação como contradições entre as políticas públicas de desenvolvimento e ambientais, baixa aplicação da lei com deficiência na fiscalização e definições imprecisas dos sistemas de monitoramento e controle.

Um agravamento da situação, advém de possíveis procedimentos administrativos estaduais com interpretações menos restritivas e divergentes da lei federal e que resultam na continuação dos desmatamentos de áreas remanescentes com base na compensação de RL após 22 de julho de 2008. No estado do Tocantins, no período 2012-2014, ocorreram Autorizações de Supressão de Vegetação (ASV) com Compensação de RL (CRL) com indícios de irregularidade emitidas pelo órgão ambiental Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins), e investigadas pelo Ministério Público do Estado do Tocantins por apresentar indícios de irregularidades. Portanto, a manutenção da RL permanece alvo de polêmicas e disputas entre o setor econômico, que avalia a RL como uma barreira para expansão e desenvolvimento do agronegócio, e cientistas e ambientalistas, que defendem sua conservação e preservação para a manutenção dos ecossistemas do Bioma Cerrado, e especialmente para recarga dos aquíferos.

A pergunta que orienta esta pesquisa é elementar, transparente e básica: de que formas o uso irregular do instrumento de Reserva Legal induziu e impactou a expansão do desmatamento no Bioma Cerrado no Estado do Tocantins?

A partir de uma hipótese de que a utilização indevida do instrumento de Reserva Legal facilitou o desmatamento no Bioma Cerrado no Estado do Tocantins, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar as ações ilegais de compensação de RL no Estado do Tocantins, as quais se basearam na Resolução COEMA 07/2005 e estão em desacordo com a Norma de Procedimento para a Compensação de Reserva Legal (NPVL), resultando em emissões de compensações irregulares no período de 2012 a 2014. Para atingir esse objetivo, os objetivos específicos são: (1) detectar e quantificar as alterações efetivas das Reservas Legais em desacordo com a NPVL nas propriedades, utilizando imagens de sensoriamento remoto e dados vetoriais das Autorizações de Supressão de Vegetação de compensação de RL com indícios de irregularidade

e Cadastro Ambiental Rural (CAR); (2) analisar a evolução temporal dessas áreas, identificando os diferentes tipos de uso da terra ao longo do tempo; e (3) caracterizar as regiões de origem e destino das compensações irregulares de Reserva Legal no Tocantins, investigando sua relação com o mercado de terras e outros fatores socioeconômicos. A pesquisa visa contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de fiscalização e gestão ambiental, através da espacialização e compreensão das práticas ilegais de compensação de Reserva Legal no Estado do Tocantins

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Compensação Ambiental e seus desafios

A compensação ambiental surge no Brasil como resposta às crescentes pressões sobre os ecossistemas devido ao desenvolvimento econômico. Na questão rural, o avanço das atividades agrícolas e o desmatamento irregular gerou um grande déficit de RL no país. Como forma de solucionar o déficit de RL, os produtores adquiriram com a NPVL a opção de recompor, regenerar naturalmente ou compensar a supressão de vegetação pretérita, a partir de compra ou arrendamento de terras em localizações alternativas, inclusive fora do estado ou da bacia hidrográfica original. A compensação ambiental é um instrumento de gestão que deve ser aplicado como último recurso, priorizando sempre a preservação da vegetação natural para maximizar os benefícios ambientais (de Witt et al., 2019; ten Kate and Crowe, 2010; Weissgerber et al., 2019). Na eventualidade de sua aplicação, um pré-requisito consensual é a seleção de áreas com equivalência ecológica, visando uma preservação adequada dos ecossistemas no território, manutenção dos serviços ambientais e garantia de não haver perda líquida (Gonçalves et al., 2015).

A equivalência ecológica é um conceito referente à capacidade de diferentes áreas ou habitats suportarem populações similares de espécies ou de desempenharem funções ecológicas comparáveis. No Brasil, o Supremo Tribunal Federal, tem discutido e adotado o conceito de “mesma identidade ecológica” na ação Direta de Inconstitucionalidade ADI 3547 MC/PR sobre a compensação das Áreas de Reserva Legal no Brasil. O conceito de mesma identidade ecológica adotado pelo Supremo Tribunal Federal, estabelece que as características bioecológicas das RL devem ser protegidas em áreas ecologicamente similares para fins de compensação, o que significa que a compensação de RL de determinada propriedade só poderá ser compensada em áreas com características semelhantes. Estudos realizados por Tomás et al. (2018), faz uma análise dos conceitos de mesma identidade ecológica, adotado pelo STF, equivalência ecológica e Offsetting (Compensação de RL). Pereira et al. (2013) aponta 6 classes de Variáveis Essenciais em Biodiversidade (VEB), as quais precisam ser consideradas na avaliação da equivalência ecológica: composição genética, populações de espécies, composição de comunidades, funções ecossistêmicas e estrutura de ecossistemas, segundo os autores, esse conjunto de variáveis deve exibir certas características como definição de escala, sensibilidade temporal, factibilidade e relevância. Tomás et al (2017) concluem que o conceito de mesma identidade ecológica é inadequado para a compensação e restauração ambiental e afirmam que

o mesmo deve ser substituído pela equivalência ecológica quando for considerada as áreas identificadas com passivos ambientais e aquelas destinadas à sua compensação.

Entretanto, diversos estudos apontam que estabelecer os critérios para aferir essa equivalência ecológica e determinar um nível satisfatório de compensação apresenta múltiplos desafios (Bezombes et al., 2017; Gardner et al., 2013; McKenney and Kiesecker, 2010; Quétier and Lavorel, 2011; Wissel and Wätzold, 2010). A preocupação dos ambientalistas é que os critérios de compensação não alcancem a equivalência ecológica, havendo uma redução dos recursos que ameacem à persistência das espécies endêmicas (Jones and Bull, 2020; Maron et al., 2010). Complementarmente, situações de áreas com perda excessiva de biodiversidade torna as compensações pouco efetivas (Bezombes et al., 2019; Weissgerber et al., 2019). Portanto, a formulação de protocolos de controle e a avaliação da eficácia das medidas de compensação continua sendo um tema de debates (Quétier et al., 2014; Theis et al., 2020; zu Ermgassen et al., 2019). No entanto, as diretrizes de compensação da NVPL nitidamente apresentam inadequações ambientais por não considerar a equivalência ecológica, o contexto espacial incluído e a proximidade do local de impacto (Brunetti et al., 2023; Gastineau et al., 2021; Mandle et al., 2015; Yirdaw et al., 2023).

Um questionamento da imposição de critérios rigorosos para a equivalência ecológica consiste na limitação da quantidade de terras elegíveis para compensação, elevando os custos e restringindo as opções de áreas aptas para a utilização econômica (Habib et al., 2013; Sonter et al., 2020). Nesse contexto, diversas pesquisas têm explorado formas de equilibrar a eficácia ambiental com as demandas socioeconômicas do uso da terra, buscando soluções que conciliem os interesses ambientais e econômicos (Brancalion et al., 2016b; Freitas et al., 2017; Mello et al., 2021; Oakleaf et al., 2017). Portanto, apesar da compensação não trazer obrigatoriamente benefícios ambientais, essa é uma opção de conformidade mais viável economicamente para a maioria dos proprietários com défices de vegetação em terras agrícolas, devido ao aumento substancial dos preços da terra após a conversão da vegetação nativa em agricultura e posicionamento em terras férteis (Reydon et al., 2014).

Embora as estratégias de compensação necessitem ser balizadas pelo conhecimento científico dos condicionantes ecológicos (Calvet et al., 2015), no plano político o dilema entre os fatores econômicos e ecológicos da compensação adquirem outros aspectos com diversas pressões sociais e de eventuais ocorrências de ilícitos (Aklin et al., 2014; Brancalion et al., 2016a; de Camargo Neto et al., 2022). Portanto, relatos de resultados limitados são frequentes na adoção de estratégias de compensação ecológica na mitigação dos impactos negativos e na

obtenção da Não Perda Líquida (NNL) (Salès et al., 2023; Sonter et al., 2020). Conforme Gibbons and Lindenmayer (2007), as compensações de desmatamento visando atingir Nenhuma Perda Líquida na Austrália, continua a ser uma meta não alcançada, devido ao uso inadequado de compensações.

A volatilidade regulatória, que consiste nas mudanças legislativas que orientam o uso e ocupação do território é um dos pontos de tensionamento da compensação ambiental. Na Austrália, país colonizado pelos europeus, significativas modificações do seu território ocorreram através do desmatamento das suas florestas nativas para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, sendo a volatilidade regulatória um dos principais impulsionadores das flutuações nas taxas de desmatamento de vegetação (Sonter et al., 2017). Na Austrália, o desmatamento é regulado, principalmente em nível estadual (Bricknell, 2010), sendo listado como um processo ameaçador chave na Lei de Proteção Ambiental e Conservação da Biodiversidade do Governo Federal Australiano (1999) (EPBC Act) desde 2001 (Departamento do Meio Ambiente 2001; Lindenmayer, 2005), sendo que o Governo Federal apresenta jurisdição limitada sobre questões ambientais estaduais, a menos que os impactos repercutam em questões de importância ambiental nacional, como uma espécie ameaçada ou comunidades ecológicas (Peel e Godden, 2005), o que significa na prática que as comunidades de vegetação na Austrália não recebem proteção federal até que essas já tenham sido extensivamente desmatadas (Tulloch et al. 2015).

Assim como no Brasil, o desmatamento para o desenvolvimento agrícola tem sido historicamente incentivado pelo governo federal e estadual da Austrália, com o objetivo de ocupação do seu território por meio de financiamento de baixo custo, concessões fiscais, terras baratas e condições de arrendamento que exigiam a remoção e o manejo da vegetação nativa, o que consistiu em ameaças a biodiversidade da Austrália. Pesquisas realizadas com base em sensoriamento remoto, demonstram que apesar dos esforços políticos e de uma forte governança e alta capacidade institucional, as taxas de desmatamento na Austrália foram globalmente significativas na virada dos anos 2000. Mudanças na legislação realizadas em Queensland e Nova Gales do Sul nos anos 2000 foram consideradas de grande eficácia para conter o desmatamento em larga escala. No entanto, mudanças legislativas recentes, colocaram as políticas de contenção de desmatamento na Austrália novamente sob observação. Segundo Evans (2016, 2019) as perspectivas futuras para contenção do desmatamento na Austrália, inclui o papel de políticas baseadas em incentivos, como a agricultura de carbono, a conservação de terras privadas, a compensação de terras privadas e compensações da

biodiversidade.

Na França, a política de Não Perda Líquida (NNL) falha em estabelecer os arranjos institucionais e a fundamentação científica necessária para atingir seus objetivos, transferindo a responsabilidade para as autoridades locais e os próprios desenvolvedores (Quétier et al., 2014). Como resultado, surge uma prática variável e frequentemente ineficiente de compensação, levando a um aumento de compensações “no papel” sem enfrentar os desafios institucionais e científicas.

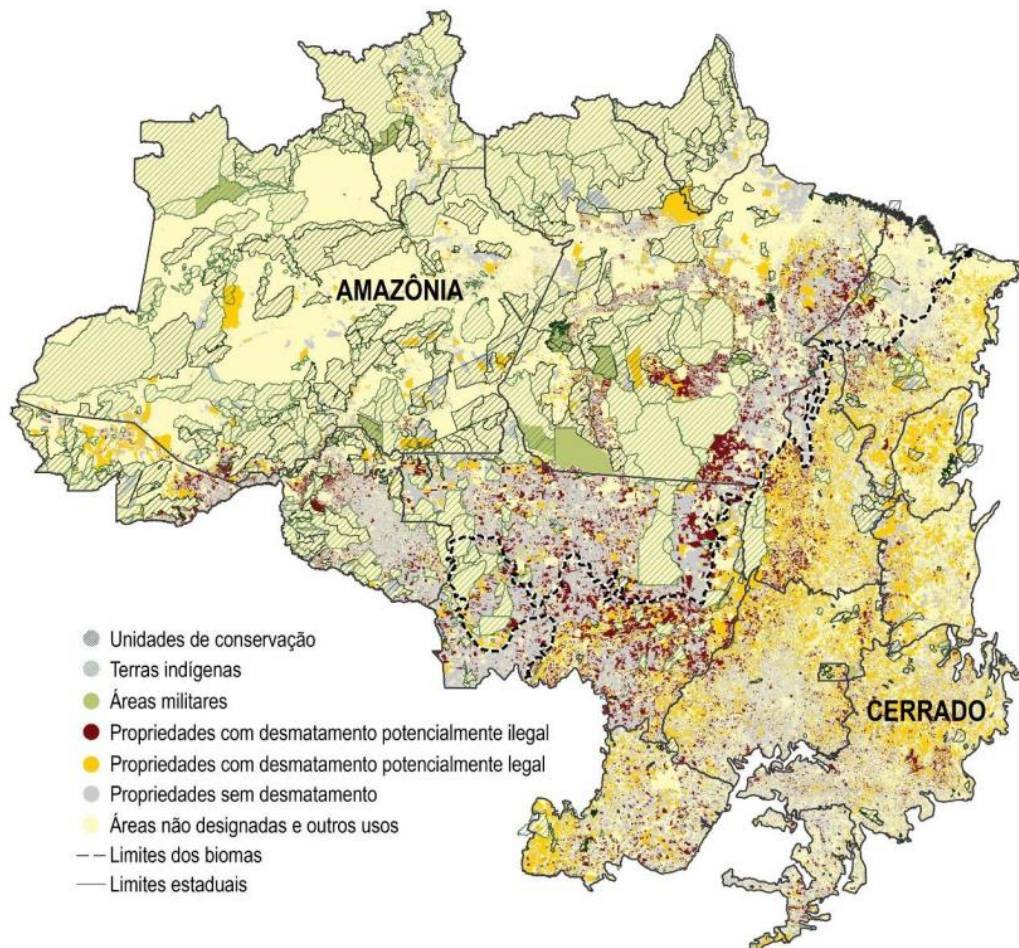
No Brasil, existem poucas experiências no desenvolvimento e uso do conceito de equivalência ecológica, uma das propostas elaboradas para orientar a compensação ambiental no Distrito Federal baseando-se no cálculo de equivalência ecológica através do uso do conceito de Taxa Marginal de Substituição, oriundo da ciência econômica foi proposta por Gasparinetti et al. (2017). Segundo essa metodologia, é medido o número de unidades de um bem A do qual se está disposto a abrir mão por uma unidade de bem B para manter o nível de satisfação constante, no entanto, essa alternativa apresenta um viés limitado quando se trata de uma análise de equivalência ecológica, devido à ausência da consideração das classes de Variáveis Essenciais em Biodiversidade (VEB) apontadas por Pereira et al (2013). Silva (2013) ao realizar a análise de 117 processos de compensação de RL no estado de São Paulo, com base no mapeamento de remanescentes de vegetação nativa elaborado pelo programa Biota-Fapesp identificou a insuficiência do uso de fitofisionomias como medida de equivalência ecológica com apenas o indicador de fitofisionomia. No cerrado constituído de diferentes fitofisionomias e ambientes, a compensação ambiental necessita ser avaliada com rigor técnico e científico e a priori, os estudos da fitofisionomia que constituem o Inventário Florestal do Estado do Tocantins tem balizado essas compensações. Porém, nossa pesquisa, trata da impossibilidade do uso do instrumento de compensação ambiental para áreas com solicitação de Autorização de Exploração Florestal emitidas entre 2012 a 2014 em discordância com a NPVL.

2.2 Desmatamento e expansão agrícola no Bioma Cerrado

Estudos abordam o aumento do desmatamento e as mudanças de uso da terra no Bioma Cerrado desde a década de 1970 (Scaramuzza et al., 2017; Okida et al., 2021; Soares-Filho et al., 2014; Soterroni et al., 2022). E, embora atualmente a maior parte da produção agrícola brasileira ocorra em terras de uso consolidado, é importante notar que 2% das propriedades rurais dos biomas Amazônia e Cerrado são responsáveis por 62% de todo o desmatamento potencialmente ilegal, o que produzem corresponde aproximadamente a 20% do volume das

exportações de soja, e cerca de 17% de carne bovina para a União Europeia (Rajão et al., 2020).

Figura 1



Fonte: (Rajão, et al.,2020)

O monitoramento do desmatamento no Cerrado tem sido ferramenta crucial para avaliar o impacto das atividades desenvolvidas no bioma. A utilização de imagens de satélite para o monitoramento do desmatamento no Bioma Cerrado realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desempenha um papel fundamental nesse processo e oferece uma visão abrangente e com significativas melhorias na interpretação das mudanças na cobertura vegetal ao longo do tempo. Os resultados do Projeto PRODES Cerrado que consistiu no mapeamento do desmatamento para toda a extensão do Cerrado de 2000 a 2018, foi construída através de uma série histórica bienal da remoção antrópica da vegetação natural para o período de 2000 a 2012 e anual para os anos de 2013 a 2018. A partir de 2018, os dados do Programa de Detecção de Desmatamento em Tempo Real do Cerrado (DETER – CERRADO) passam a

ser trimestrais e auxiliam os órgãos de comando e controle na elaboração de estratégias para o combate ao desmatamento ilegal.

Ao longo das últimas décadas, o histórico de uso de imagens de satélite para monitorar o desmatamento no Cerrado tem evoluído significativamente. Inicialmente, as análises baseavam-se em imagens de baixa resolução, o que limitava a capacidade de detectar e quantificar com precisão as áreas desmatadas. No entanto, os avanços tecnológicos permitiram o desenvolvimento de sensores mais sofisticados e algoritmos de processamento de imagens mais precisos, resultando em uma melhoria substancial na capacidade de monitoramento. Políticas públicas, como o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado), lançado pelo governo brasileiro no ano de 2009 e a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e lançaram as bases para intensificar os estudos e trabalhos voltados para o monitoramento e combate ao desmatamento ilegal no Bioma Cerrado.

No âmbito da pesquisa, o Programa de Monitoramento do Desmatamento no Cerrado Brasileiro recebeu apoio financeiro do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Banco Mundial, além das parcerias com instituições alemãs como a GIZ e KfW, auxiliaram na elaboração dos dados produzidos nos anos de 2016, 2017 e 2018, resultados do Programa de Investimento Florestal (FIP) Cerrado. Nesse contexto, de avanço tecnológico e de apoio financeiro, foram elaboradas diversas plataformas, como TerraBrasilis (INPE) e da Organização denominada Mapbiomas que passam a fornecer alertas de desmatamentos mensais e de domínio público.

Diversos esforços dos setores público e privado estão sendo feitos para implementar políticas de controle de desmatamento no Bioma Amazônico. Essas políticas incluem a conservação da área privada, o monitoramento da cobertura vegetal por satélite, a análise do cumprimento do Código Florestal, a restrição de créditos para as áreas envolvidas em desmatamento ilegal, acordos de desmatamento zero e a moratória da soja e do gado no setor privado (Alix-Garcia et al., 2018; Okida et al., 2021; Pacheco et al., 2021; Rasmussen et al., 2016; Richards, 2015; Sparovek et al., 2019). No entanto, iniciativas como a moratória da soja para o Bioma Cerrado ainda não foram implementadas e/ou estão em fase inicial de tratativas, sendo o monitoramento do desmatamento por imagens de satélite e o cruzamento dessas informações com os dados do Cadastro Ambiental Rural, iniciativas recentes. (Lazarini et al., 2014; Mataveli et al., 2021; Rodrigues et al., 2022)

O Código Florestal brasileiro (CFB) de 1965 se tornou uma lei ambiental efetiva durante

a década de 1990 por meio de uma série de decretos presidenciais (Britaldo et al., 2014). A partir de 2001, o CFB passou a exigir que os proprietários preservem a vegetação nativa em suas propriedades rurais, formando uma RL, com delimitações de áreas com 80% para formações florestais e 35% para as demais formações vegetais na Amazônia Legal e 20% nos demais biomas brasileiros. Além disso, era obrigatório proteger as áreas de preservação permanente (APP), com o objetivo de preservar os recursos hídricos, prevenir a erosão do solo e permitir o fluxo gênico das espécies de fauna e flora.

A NPVL nº 12.651/2012 estabelece a data de 28 de julho de 2008, como marco temporal para o uso de estratégias de regularização de passivo ambiental nos imóveis rurais, essa data tem como base o Decreto 6.514, de 2008, que regulamenta a NPVL, e leva em consideração instrumentos e/ou técnicas da regeneração natural da vegetação no imóvel ou da compensação de RL em outro imóvel.

A análise das taxas de desmatamento do Cerrado utilizando dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) entre 2000 e 2020 revela uma tendência preocupante de degradação e demonstra que o desmatamento no Cerrado tem ocorrido a uma taxa significativa ao longo das duas últimas décadas. As áreas desmatadas são frequentemente convertidas para uso agropecuário, principalmente para plantações de soja e pastagens. Essa tendência é alarmante, considerando a importância do Cerrado para a biodiversidade e para a regulação climática.

Identificar áreas desmatadas no Cerrado com uso de imagens de satélite em determinados períodos do ano, especialmente no período de estiagem, é um desafio que requer além do treinamento de máquinas, expertise do intérprete, uma vez que algumas fitofisionomias do Cerrado apresentam queda de folhas, redução da biomassa e maior incidência de solo exposto apontando falsos positivos para desmatamento, o que pode levar a dificultar a implementação de políticas eficazes de conservação e controle.

O desmatamento no Cerrado é impulsionado por uma combinação de pressões econômicas, como a demanda global por commodities agrícolas, especulação imobiliária e políticas governamentais que favorecem a expansão agrícola em detrimento da conservação ambiental. As políticas de incentivo à agricultura e à pecuária muitas vezes não levam em consideração os impactos ambientais e sociais do desmatamento, perpetuando assim o ciclo de degradação. Diante desses desafios, é crucial adotar abordagens integradas que combinem monitoramento por satélite com dados de validação a campo e participação das comunidades locais. Além disso, políticas eficazes de conservação devem abordar não apenas o

desmatamento, mas também questões relacionadas à degradação do solo, manejo sustentável da terra e desenvolvimento socioeconômico das populações locais.

A expansão acelerada do agronegócio, especialmente no cultivo de soja e outras commodities, resultou na devastação de cerca de 50% do Cerrado (Scaramuzza et al., 2017). A bacia Tocantins-Araguaia é atualmente a área mais visada para expansão das atividades agrícolas apresentando uma degradação de larga escala (Pelicice et al., 2021). Esse processo tem gerado consequências adversas para a biodiversidade, tanto terrestre quanto aquática, evidenciadas pelo declínio significativo na diversidade de espécies de peixes (Pereira et al., 2021; Perônico et al., 2020; Santana et al., 2021) e aumento da erosão e transporte de sedimentos (Coe et al., 2011; Latrubesse et al., 2009).

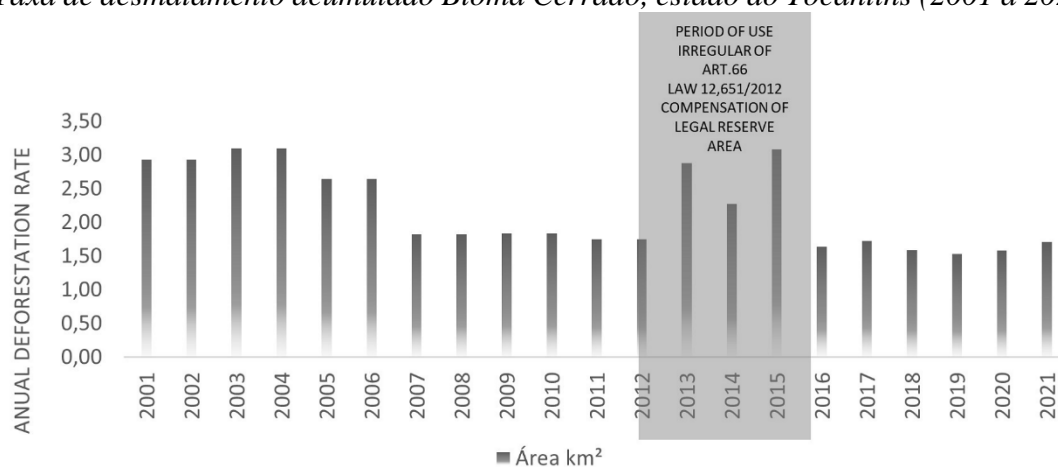
Inicialmente, as empresas de terras e soja no Brasil focavam apenas em terras agricultáveis, resultando no deslocamento das comunidades tradicionais para as regiões de vales (Russo Lopes et al., 2021). Uma interpretação inadequada do instrumento de compensação de RL, conforme estabelecido pela Lei 12.651/2012, promoveu mudanças inter-regionais com conflitos territoriais e expropriação de terras de comunidades tradicionais, uma vez que essas áreas passam a ter valor econômico como áreas de compensação de RL.

A proteção eficaz do Cerrado requer uma abordagem holística que leve em consideração não apenas as taxas de desmatamento, mas também os fatores socioeconômicos e políticos que impulsionam essa degradação ambiental.

Conforme dados do PRODES (**Figura 2**), o Tocantins ocupa a segunda posição no ranking de desmatamento do bioma Cerrado no período de 2000 e 2021 com 46,17 km², correspondendo a 15,94% do total da área desmatada do bioma. Na região composta por áreas dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, denominada como MATOPIBA, o Estado do Tocantins se destaca por possuir o maior índice de desmatamento no Cerrado, no período de 2009 até 2019, sendo superado pelo Estado do Maranhão a partir de 2020 (INPE, TerraBrasilis, 2022). Os dados do PRODES indicam um pico de crescimento significativo do desmatamento no Bioma Cerrado reproduzido no Estado do Tocantins entre os anos de 2012 a 2015. Portanto, as ASV-CRL-TO emitidas são concordantes com o PRODES, a pesquisa demonstrou que os processos de ASV-CRL-TO do ano de 2014, foram os processos com o maior índice de áreas desmatadas, representando 61,50%.

Figura 2

Taxa de desmatamento acumulado Bioma Cerrado, estado do Tocantins (2001 a 2022).



Fonte: Inpe (2022), adaptado Autor.

As políticas de conservação vigente e de regularização fundiária do Cerrado Matopiba (CM) aponta que os mecanismos legais não são suficientes para proteção da vegetação nativa (Polizel et al., 2021; Vieira et al., 2021). As áreas agrícolas no CM cresceram 645% no período 1990-2017 e a região foi responsável por 64% do desmatamento em 2020. A comparação das ações de redução do desmatamento na Amazônia Brasileira e Cerrado constata a ineficácia das ações no último bioma (Soterroni et al., 2019).

O relatório anual de desmatamento do Mapbiomas em 2021 aponta que a região do CM é responsável pelo desmatamento de 23,6% do total desmatado no país, e 72,5% da supressão do Cerrado ocorreu no CM. Estudos demonstram que o crescimento do desmatamento no Bioma Cerrado está correlacionado com o aumento do comando e controle do desmatamento na Amazônia (Fendrich et al., 2020; Richards and VanWey, 2016; Souza and Barros, 2019; Tavares et al., 2019). Por outro lado, a ausência de transparência nos dados de autorização de desmatamento, impactam no quantitativo de supressão ilegal de áreas nativas que deveria compor a RL dos imóveis em áreas de forte pressão agrícola, como é o caso da área de estudo.

2.3 O impacto das políticas públicas como instrumentos de desenvolvimento regional

Os sistemas agroalimentares globais e a crescente demanda por aumento na produção de alimentos para suprir as necessidades da população mundial têm posicionado o Brasil, especialmente o bioma Cerrado, como uma região central na expansão da fronteira agrícola global (Hershaw e Sauer, 2023; Favareto et al., 2019). Pesquisas indicam que esse processo de

expansão tem sido acompanhado por um notável aumento do desmatamento, degradação do solo e esgotamento dos recursos hídricos (Cabral et al., 2023). A conversão do Cerrado em um importante polo produtor agrícola tem sido impulsionada por vultosos investimentos em infraestrutura e substanciais subsídios do Estado Brasileiro direcionados à agricultura intensiva em grande escala (Sauer e Oliveira, 2022).

Um dos aspectos abordados por é a importância das políticas públicas territoriais como instrumentos fundamentais para promoção do desenvolvimento regional e redução das desigualdades socioeconômicas no Brasil. Nesse contexto as políticas públicas territoriais visam não apenas à distribuição equitativa de recursos e oportunidades, mas também à valorização das especificidades de cada região. No entanto, um dos pontos chave dessa análise é a necessidade de uma abordagem integrada e multidimensional na formulação e implementação das políticas públicas territoriais, o que implica na consideração não apenas dos aspectos econômicos, mas também sociais, culturais e ambientais reconhecendo a complexidade dos territórios e a diversidade de atores e interesses envolvidos.

O Estado brasileiro desempenha papel fundamental no processo de expansão da atividade agrícola no cerrado brasileiro. Sua atuação multifacetada abrange diversos aspectos, desde o estabelecimento de políticas públicas até a provisão de infraestrutura e incentivos para o desenvolvimento agrícola na região. No campo das políticas públicas, o Estado promoveu incentivos fiscais, facilidade de crédito rural e implementação de infraestrutura que viabilizou e incentivou o desenvolvimento da ocupação.

Alguns fatores foram importantes para a incorporação do Cerrado no cenário produtivo do Brasil. Dentre eles, destacamos a implantação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), elaborada com a missão de viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura em benefício da sociedade brasileira, ajudou o Brasil a ser autossuficiente na produção de alimentos, reduzindo a necessidade de importação. Outro aspecto relevante foi a situação econômica do mercado internacional favorável para expansão da atividade agrícola e a importação de maquinários agrícolas que acompanharam a Revolução Verde da década de 1970. O mercado internacional aquecido fomentou o desenvolvimento de políticas públicas nacionais, tais como a elaboração do Programa de Desenvolvimento do Centro-Oeste (PRODOESTE) em 1971, que definia para a agricultura o objetivo de abastecer os centros urbanos, suprir matérias primas para as indústrias e reforçar a exportação. Em 1975 foi criado o Programa de Desenvolvimento do Cerrado (Polocentro), cuja meta era aumentar a produção agropecuária através da incorporação

e aproveitamento do Cerrado em escala empresarial. Para viabilizar essa estratégia, o Estado investiu em construção de estradas, eletrificação rural, rede de estocagem e comercialização (Franco et al., 2016). Em 1979 foi criado o Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER) com o objetivo de estimular a competitividade dos produtos agrícolas brasileiros no mercado internacional por meio de modernas tecnologias, fornecimento de crédito dirigido, implantação e melhoria de infraestrutura, aquisição e distribuição de glebas. Em 1980, o Estado brasileiro financia o Projeto de Irrigação do Rio Formoso na região da bacia hidrográfica do rio Formoso, região sudoeste do Estado do Tocantins, dando início a expansão da atividade de agricultura irrigada nas várzeas tropicais do Araguaia.

As bacias hidrográficas investigadas, particularmente as áreas de várzea tropical nelas localizadas, apresentam um potencial significativo para o desenvolvimento de projetos hidroagrícolas. O Plano Estadual de Irrigação (PEI-TO, 2011) delineia propostas e iniciativas como o Projeto Lagoa da Confusão e o Projeto Rio Formoso, que fazem parte do Projeto Javaés/Mesopotâmia. Atualmente designados como projetos de irrigação das várzeas do Araguaia, esses empreendimentos visam viabilizar o cultivo de múltiplas safras por ano por meio da construção de barragens nos cursos hídricos. Em conjunto, esses projetos preveem uma área de irrigação superior a 450 mil hectares, sendo 329 mil ha para o projeto Lagoa da Confusão e 127,718,92 ha para o projeto Formoso (Morais et al., 2017).

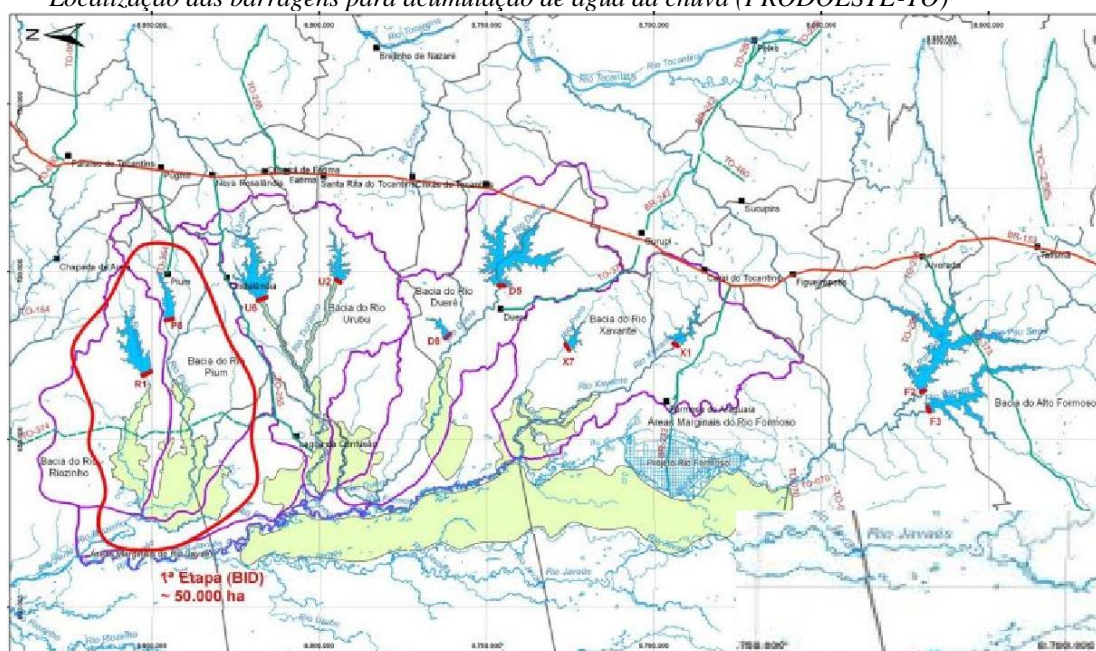
No princípio da década de 1980, impulsionado por aportes financeiros estatais, o Projeto de Irrigação do Rio Formoso teve início, promovendo a sistematização das áreas de várzea para fins agrícolas. O êxito alcançado na implementação do projeto de irrigação do Formoso, juntamente com seu modelo operacional caracterizado pela abertura de canais de irrigação e pela adoção de bombeamento de água para essa finalidade, estimulou a expansão dessa atividade ao longo dos leitos dos rios Formoso e de seus principais afluentes, como os rios Dueré, Xavante e Urubu, e mais recentemente para a área da bacia do rio Pium e seu principal afluente, o Riozinho. Estas áreas expandidas de irrigação são reconhecidas no âmbito do Plano Estadual de Irrigação (PEI-TO, 2011) como Perímetros Privados Irrigados, e englobam porções territoriais de cinco dos oito municípios objeto de investigação na presente pesquisa, a saber: Lagoa da Confusão, Pium, Dueré, Cristalândia, Formoso do Araguaia e Santa Rita do Tocantins.

O Estado segue desenvolvendo um papel relevante como agente provedor por meio de elaboração e implantação de políticas públicas para o setor do agronegócio. Um exemplo atual

na área de estudo é o Programa de Desenvolvimento do Oeste do Tocantins (PRODOESTE-TO), iniciado em 2013, cujo propósito é beneficiar a região sudoeste do estado. O programa focaliza na construção de barragens para acumulação de água da chuva e elevações para o controle do nível dos rios Formoso, Xavante, Dueré, Urubu, Pium e Riozinho (**Figura 3**), visando assegurar recursos hídricos aos produtores rurais, os principais destinatários dessas iniciativas.

Figura 3.

Localização das barragens para acumulação de água da chuva (PRODOESTE-TO)



Fonte: Plano Estadual de Irrigação do Estado do Tocantins (2011)

Para Bispo (2016), a modernização da agricultura no Cerrado foi intensificada através da territorialização das empresas rurais em áreas planas, pela implementação das agroindústrias atraídas pela produção e produtividade de grãos e pelos incentivos fiscais e creditícios oferecidos pelos governos estaduais. Entretanto, a perspectiva de investimento do Estado para expandir a área de cultivo nas várzeas tropicais do Araguaia tem estimulado o mercado de terras e o desmatamento na região sudoeste do Tocantins.

O Estado provedor, passa a atuar na flexibilização da legislação, tais como mudanças na legislação ambiental, onde são criados termos de referências de licenciamento em dissonância com a legislação federal, o que resulta em licenciamento de obras de barramentos em curso hídrico em desconformidade com a legislação ambiental. Uma das principais estratégias é o enquadramento dessas obras de barramentos de forma errada. Ao enquadrar essas obras como de pequeno porte, por exemplo, o órgão licenciador passa a cobrar estudos de menor complexidade, menor custo ao empreendedor o que resulta na baixa qualidade dos estudos e no

aumento do impacto ambiental da atividade licenciada. Nessa linha de criar facilidades legislativas, O Estado do Tocantins, viabilizou, também, Autorizações de Supressão de Vegetação com base no uso irregular de compensação de RL na área dos municípios tocantinenses beneficiados diretamente pelos investimentos futuros do PRODOESTE, especialmente nos anos de 2012 e 2014.

2.4 Reserva Legal, sua origem, conceitos e finalidade

A instituição da RL é uma importante medida de conservação da vegetação, estabelecida pela legislação ambiental brasileira, com o objetivo de garantir a preservação da biodiversidade, a proteção dos recursos naturais e a manutenção dos processos ecológicos essenciais. Sua origem remonta ao Decreto Federal nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, no qual decreta o primeiro Código Florestal Brasileiro (CFB), no entanto, o CFB de 1934 não era claro sobre a possibilidade de incluir a quantidade de floresta que deveria ser preservada dentro da propriedade rural para garantir o cumprimento do regime hídrico e evitar os processos erosivos (matas protetoras) no cálculo dos 25%. Por sua vez a lei federal 4.761/1965, reformulou o CFB e realizou a adequação do marco legal que restringia o uso da propriedade privada e exigia a conservação dos recursos naturais para garantir o bem-estar da população. O CFB de 1965 amplia o caráter protetor, são criadas as Áreas de Preservação Permanente (APP), passa a incorporar não apenas as matas protetoras, mas também outros tipos de vegetação cuja localização e importância exigem proteção, o CFB de 1965 estabeleceu pela primeira vez a obrigatoriedade de manter uma área de vegetação nativa dentro das propriedades rurais (Santiago et al., 2017). A função primordial da RL é a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, incluindo a proteção de recursos hídricos, a manutenção da fertilidade do solo, a regulação do clima e a preservação da fauna e flora nativas e pode desempenhar um papel crucial na conectividade de fragmentos florestais, possibilitando a migração de espécies e a manutenção da diversidade genética.

De acordo com a legislação brasileira, a RL deve ser mantida em cada propriedade rural, com uma porcentagem mínima da área total, que varia de acordo com o bioma onde a propriedade está localizada. Por exemplo, para propriedades localizadas na Amazônia Legal, a RL deve corresponder a pelo menos 80% da área total em propriedades de floresta e 35% em propriedades de cerrado (Soares-Filho et al., 2014)

É importante ressaltar que a RL não impede o uso sustentável da terra, como a agricultura familiar, a agrofloresta e outras práticas agrícolas de baixo impacto ambiental. No

entanto, a supressão da vegetação nativa dentro da RL é restrita e sujeita a regulamentação, exigindo autorização prévia e compensação em caso de desmatamento autorizado. Além disso, a RL desempenha um papel fundamental na mitigação das mudanças climáticas, uma vez que a vegetação nativa armazena grandes quantidades de carbono, ajudando a reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Atualmente, a RL estabelece o percentual de vegetação nativa que precisa ser mantido nas propriedades rurais para garantir o uso econômico dos recursos naturais, auxilia na reabilitação de processos ecológicos e promove a conservação da biodiversidade e proteção da flora e fauna nativas (Santiago et al., 2017)

Dessa forma, a RL assume papel importante como uma ferramenta de conservação da biodiversidade e dos recursos naturais, estabelecida pela legislação ambiental brasileira para garantir a sustentabilidade ambiental e a integridade dos ecossistemas em propriedades rurais. Sua implementação adequada e fiscalização eficaz são essenciais para a proteção do meio ambiente e para um desenvolvimento da atividade econômica em equilíbrio com as questões ambientais. (Metzger et al., 2019) aponta que a extinção das RL pode levar a um enorme aumento da perda de vegetação nativa e gerar consequências negativas sobre a biodiversidade e a prestação de serviços ecossistêmicos, razão pelas quais, as RL devem ser consideradas como ativos ambientais para o desenvolvimento do Brasil e não como entraves ao mesmo.

2.5 Histórico do Processo de Compensação de Reserva legal no Brasil

Para avaliar a efetividade da manutenção dos fluxos gênicos e da função da RL, foram realizados estudos para compreender os impactos positivos e negativos da compensação de RL no Brasil. Esses estudos utilizaram como metodologia a elaboração de cenários que quantificaram o déficit e a viabilidade de compensação de RL. Os estudos de (Soares-Filho et al., 2016, Brancalion et al., 2016, Freitas et al., 2017, Freitas et al., 2018, Metzger et al., 2019, Tavares et al., 2019, Fendrich et al., 2020, Mello et al., 2021) abordaram as possibilidades, viabilidades e riscos para o uso da compensação ambiental e demonstraram que o ideal seria não haver compensação. No entanto, nos casos em que não fosse economicamente viável recompor a RL do imóvel, a melhor opção seria fazer a compensação com melhor equivalência ecológica e ambiental (Metzger et al., 2019, Mello et al., 2021).

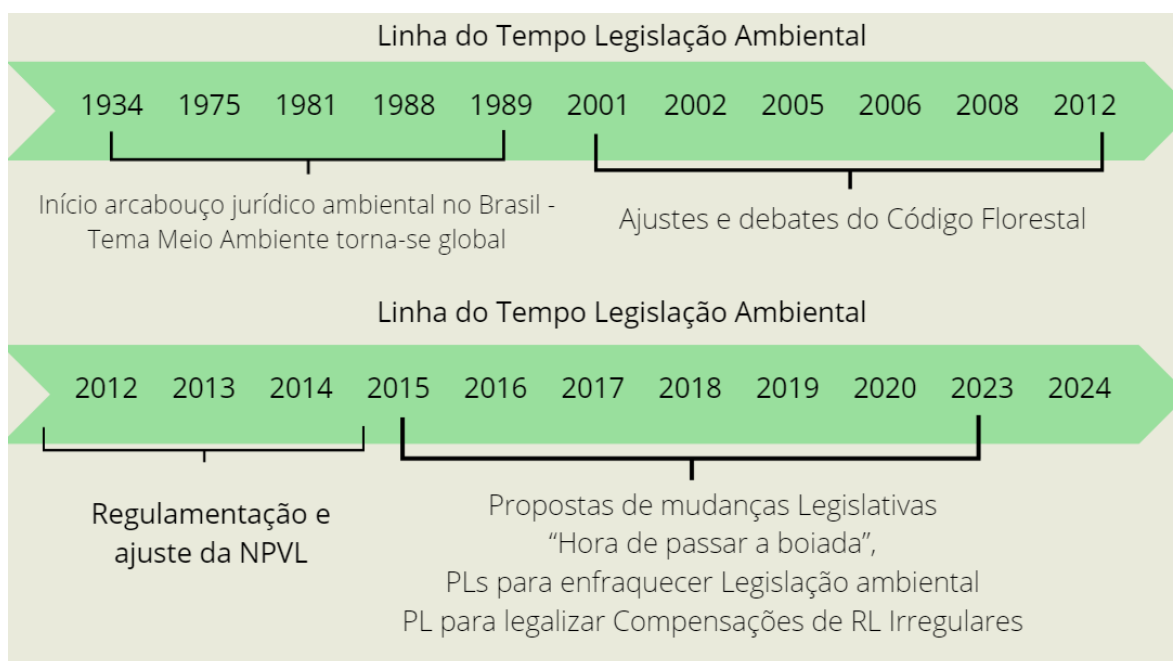
A elaboração de cenários de compensação e perda de RL com base no artigo 68 da NPVL, abordada por (Tavares et al., 2019), demonstra as perdas de áreas de RL que correspondem aos cenários de anistia para as áreas desmatadas antes de 2008. Nossa pesquisa, no entanto, trata da estratégia da aplicação inadequada do instrumento de compensação de RL

previsto no artigo 66 da NPVL realizado no estado do Tocantins no período compreendido entre os anos de 2012 e 2014. Além disso, aborda também a destruição de vegetação nativa em áreas que, por lei, deveriam ser destinadas para RL dentro das propriedades correspondentes.

Os principais marcos legislativos, federais e estaduais, relevantes para a análise da RL em Tocantins, incluem: (a) Código Florestal de 1934; (b) Reformulação do Código Florestal de 1965, (c) Medida Provisória (MP) 2.166-67-01 de 2001; (d) Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) 07/2005; (e) Lei Federal 12.651/2012 de 2012.

Figura 4.

Linha do tempo legislação ambiental no Brasil



Fonte: Autor

As normas para RL no Brasil surgiram com o primeiro Código Florestal (Decreto Federal nº 23.793, de janeiro de 1934), que proibia o desmatamento de partes da vegetação em propriedades privadas, exceto para exploração florestal homogênea. As dinâmicas sociais provocaram uma reformulação do Código Florestal brasileiro em 1965 (Lei Federal 4.771/1965), que passou a fixar um mínimo de 20% a ser mantido nas florestas de domínio privado na maior parte do país, ressaltando uma proibição de corte de 50% nas propriedades na região Norte e na parte Norte da região Centro-Oeste.

No ano de 2001, a Medida Provisória (MP) 2.166-67-01 introduziu mudanças significativas na gestão da RL no Brasil. Esta MP estabeleceu novos parâmetros para a RL, fixando limites de 80% em áreas de floresta, 35% para regiões de Cerrado dentro da Amazônia

Legal, e 20% para demais formações vegetais localizadas fora da Amazônia Legal, objetivando reduzir o desmatamento no bioma Amazônico. Além disso, a MP permitir a compensação da RL em localidades distintas do imóvel rural original, uma flexibilidade que permaneceu em vigor por mais de uma década.

Tabela 1.

Evolução da legislação Ambiental no Brasil e no Estado do Tocantins

Ano	Legislação	Principais aspectos
1934	Código Florestal de 1934 - Decreto Federal nº 23.793/1934	Restrição à destruição de “florestas protetoras”, sem critério para delimitação dessas áreas na propriedade.
1965	Código Florestal de 1965 Decreto Federal nº 7.731/1965	Estabelece as “Áreas de Preservação Permanente” com critérios objetivos para sua delimitação e definição de uma porcentagem máxima da propriedade que poderia ser desmatada, mantida como Reserva legal
1981	Política Nacional do Meio Ambiente - Lei Federal nº 6.938 de 1981	Compatibiliza o desenvolvimento econômico e social com a conservação do meio ambiente.
1988	Constituição Federal Brasileira de 1988	Art. 225 §1º Garante o direito ao meio Ambiente equilibrado e incumbe o Poder Público de Zelar pela Proteção e recuperação dos ecossistemas Nativos
1988	Criação do Estado do Tocantins Medida Provisória nº 1.605-30 Alterou a lei nº 4.771/1965	5 de outubro de 1988, Criação do Estado do Tocantins Surgimento no ordenamento jurídico brasileiro da compensação ambiental.
1989	Complementações do Código Florestal de 1965 - Lei Federal nº 7.803/1989	Ampliação das Áreas de Preservação Permanente e alteração dos critérios para definir Reservas Legais, impedindo seu parcelamento e obrigando a recuperação nos casos de déficit.
1991	Política Agrícola do Brasil - Lei nº 5.171, de 17 de janeiro de 1991	Dispõe sobre a política agrícola e estabelece incentivos aos proprietários rurais que preservarem, conservarem ou recuperarem APP e RL
1991	Política Ambiental do estado do Tocantins - Lei Estadual nº 261/1991	Estabelece elaboração, implementação e acompanhamento, definindo princípios, fixando objetivos e normas básicas para proteção do meio ambiente e melhorias da qualidade de vida da população.
1996	Medida Provisória nº 1.511/1996 Lei Estadual nº 856/1996 - Criação da Autarquia Instituto Natureza do Tocantins	Entre outras proposições, aumentou de 50% para 80% a Reserva Legal nos imóveis localizados nas áreas de floresta na Amazônia Legal Define as competências do órgão estadual do meio ambiente do Estado do Tocantins, dentre elas: execução da política ambiental do estado, monitoramento e o controle ambiental, fiscalização do cumprimento da legislação ambiental.
1998	Lei de Crimes Ambientais - Lei nº 9.605/1989	Medidas reparatórias e sanções civis, administrativas e penais para danos ao meio ambiente
2000	Medida Provisória nº 1956-50/2000	Reserva Legal do Cerrado modificada de 50% para 35%, sendo esse percentual mantido até hoje na Amazônia Legal para as áreas do Bioma Cerrado
2001	Complementação ao Código Florestal Medida Provisória nº 2.166/2001	Ampliação da porcentagem mínima de Reserva legal na Amazônia legal, para conter o avanço do Desmatamento na Região
2002	Portaria MMA 94/2002 Sistema de Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural	Passa a vigorar a partir de 1º de julho de 2005 e passa a ser determinante para a expedição de atos referentes à averbação de reserva legal e autorizações de desmatamento.
2005	Conselho Estadual do Meio Ambiente do Tocantins – Resolução Coema 07/2005	Dispõe Sobre o sistema Integrado de Controle Ambiental do Estado do Tocantins e tem por objetivo estabelecer os procedimentos e rotinas de controle para, na forma da legislação disciplinar e instruir recebimento de requerimentos, as análises pertinentes e a emissão dos diversos atos administrativos.
2006	Decreto nº 5.975/2006	Especifica o embargo à prática de atividades econômicas desmatadas ilegalmente.
2008	Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008 Regulamento do Código Florestal	Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Considerado como marco efetivo do Código Florestal, a partir da aplicação do decreto, inicia-se discussão da mudança do Código Florestal.
	Resolução nº 3.545 Banco Central	Determina que a partir de 1º de julho de 2008, a concessão de crédito rural ficará condicionada à apresentação de documentação que demonstre inexistir no imóvel embargos videntes de uso econômico de áreas desmatadas ilegalmente no imóvel.
2012	Lei de Proteção à Vegetação Nativa Lei Federal nº 12.651/2012	Substituição do Código Florestal de 1965 e complementos, modificando alguns dos critérios para a proteção da vegetação nativa e fazendo concessões aos produtores rurais para facilitar a adequação da lei.
	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural – SICAR - Decreto nº 7.830/2012	Sistema eletrônico de âmbito nacional destinado a integração e ao gerenciamento de informações ambientais dos imóveis rurais de todo o país.
2014	Instrução Normativa MMA nº 2, de 5 de maio de 2014 – regulamenta o Cadastro Ambiental Rural (CAR)	Regulamenta o Registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todo imóvel rural, com a finalidade de integrar informações ambientais das propriedades rurais (APP, RL, área de uso etc.) para compor base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.
	Diário Oficial do Estado do Tocantins nº 4.213, de 15 de setembro de 2014, declara sobre o SIGCAR	Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SIGCAR é implantado no Tocantins desde 5 de junho de 2014

Fonte: Do autor.

2.6 O Processo de Licenciamento Ambiental e Compensação de Reserva legal no Estado do Tocantins

No estado do Tocantins, em 2005, o Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA/TO) emitiu a Resolução COEMA/TO nº 07/2005 que dispõe sobre o Sistema Integrado de Controle Ambiental do Estado do Tocantins e institui o Sistema Integrado de Controle Ambiental (SICAM) para a gestão e controle do uso dos recursos naturais, conforme as políticas públicas de Meio Ambiente. A resolução definiu as atribuições do SICAM, incluindo a integração de procedimentos, controle de rotinas, processamento de requerimentos, análise e emissão de documentos administrativos. Essas atribuições contemplam a Regularização Florestal da Propriedade Rural (LFPR), averbação da RL e Autorização de Exploração Florestal (AEF). A AEF é abordada em nosso estudo como ASV para padronizar com a terminologia utilizada pelo Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (SINAFLOR) do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA).

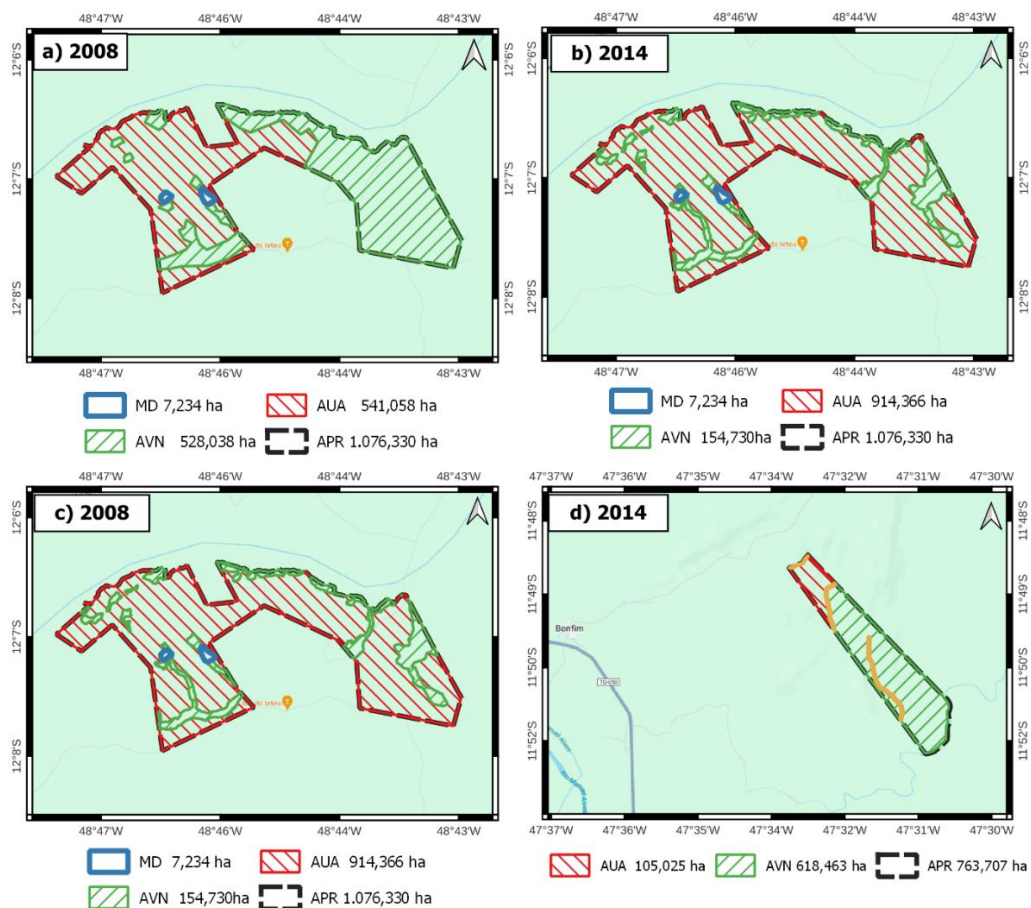
O Capítulo IV da Resolução COEMA 07/2005, trata das disposições sobre a regularização florestal; e a seção I, Art. 97, trata do LFPR que se destinava a definir as áreas de RL e a avaliar o estado de conservação das Áreas de Preservação Permanente (APP), das áreas de vegetação remanescente (AR), bem como a situação das áreas convertidas para uso alternativo do solo (AUA). O Art. 97, §1 da resolução, define RL como a área da propriedade rural destinada à conservação da biodiversidade, de utilização limitada, onde a exploração dos seus recursos florestais somente é permitida por técnicas de manejo sustentável. Por sua vez, o §2 do artigo, informa que a RL deverá ser averbada à margem da matrícula do imóvel no Cartório de Registro de Imóveis competente. As averbações de RL poderão ser realizadas nas seguintes modalidades: (i) RL na propriedade rural, (ii) RL em compensação em área contínua, (iii) RL em compensação em área não contínua, (iv) RL em servidão florestal, (v) RL por doação de terras em unidades de conservação e (vi) RL em condomínio.

Em 2012, a Lei Federal 12.651/2012, conhecida como Lei de Proteção à Vegetação Nativa (NPVL), reafirmou os limites de RL e reavaliou as formas de compensação de RL com o artigo 66. Este artigo estabelece que o proprietário ou possuidor de imóvel rural que detinha em 22 de julho de 2008 (marco temporal) área de vegetação nativa em extensão inferior ao estabelecido no art. 12, tinha a possibilidade de regularizar a RL do seu imóvel por meio da compensação da RL em um imóvel cedente, independente da adesão do Programa de Regularização Ambiental (PRA). No entanto, as compensações não podem viabilizar novos desmatamentos ou conversão de novas áreas para uso alternativo do solo.

A **Figura 5** demonstra hipoteticamente cenários de possibilidades e vedações de compensação de RL. Os Cenários (**Figura 5a, b**) demonstra a situação de vedação de compensação de RL, isto é, o imóvel continua em 22 de julho de 2008 remanescente de vegetação nativa suficiente para compor o percentual de 35% de RL previsto na legislação, no entanto, solicita ASV-CRL e realiza supressão irregular de remanescente após 2012. No segundo cenário (c), o imóvel apresenta déficit de remanescente de vegetação nativa em 2008 e solicita compensação de RL em outra propriedade (d) situada no Bioma Cerrado, em outra região do Estado de Tocantins e cumpre as exigências da normativa da lei 12.651/2012.

Figura 5.

Cenários de vedação (a), (b) e de possibilidades (c) e (d) para compensação de Reserva Legal no Brasil. Área de Vegetação Nativa (AVN), Área de uso alternativo da terra (AUA). Área da Propriedade Rural (APR) e Massa D'água (MD). No caso o imóvel deverá manter 376,715 ha de RL.



Fonte: Autor.

Portanto, as regras de RL passaram a ser regidas pelas normas da NPVL. No entanto, o uso do instrumento de Compensação de RL no Estado do Tocantins foram aplicados baseados na interpretação equivocada da Resolução COEMA 07/2005 e em desacordo com a NPVL. Em

2013, inspetores do Naturatins questionaram essas compensações, resultando em um parecer da Procuradoria-Geral do Estado (PGE) (Parecer SPI/nº 849/2013 do Processo nº 2013/0906/000240 referente a 05 de novembro de 2013) que apontou a incoerência das ações com o Código Florestal. Apesar disso, as emissões irregulares de ASV-CRL continuaram até 2014.

Em janeiro de 2015, a Assessoria Jurídica do Naturatins realizou o Despacho Jurídico nº 11/2015 comunicando à presidência do órgão a continuidade de procedimentos de Compensação de RL, e a instauração de processos de sindicância no órgão para apurar tais procedimentos, visto que esses violavam os preceitos constitucionais e infraconstitucionais de preservação ao meio ambiente. A publicação do Diário Oficial nº 4.330 de 5 de março de 2015 cancelou cerca de treze atos administrativos de Autorização de Exploração Florestal (AEF), Autorização de Queima Controlada (AQC) e de Certificado de Cadastro Ambiental Rural (CAR) devido haver irregularidades. O Ministério Público do Estado, através do Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente (CAOMA) e do Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO), iniciou uma investigação abrangente, identificando preliminarmente mais de 1.000 processos com indícios de irregularidades. As infrações identificadas foram categorizadas nas seguintes modalidades pelo CAOMA/LABGEO:

Padrão A: a propriedade possui RL averbada em cartório, por ofício do presidente do Naturatins enviado ao cartório promove-se a desaverbação, a compensação da RL em outro imóvel, e solicitação de desmatamento na propriedade de origem da RL averbada, utilizando o instrumento do CAR;

Padrão B: imóveis com vegetação nativa remanescente para alocar RL no imóvel, no entanto, desmata o remanescente e compensa a RL em outro imóvel, como se houvesse déficit de RL no imóvel desmatado.

Padrão C: o empreendedor faz o requerimento de autorização de Exploração Florestal (AEF) em dois processos para a mesma propriedade, sendo solicitado áreas distintas em cada processo, resultando na supressão total da vegetação remanescente e compensação da RL.

Padrão D: o empreendedor solicita o desmembramento da propriedade em diversas matrículas com o intuito de remanejar a RL e/ou ficar com imóveis com área inferior a quatro módulos fiscais (380 ha) para fins de enquadramento legal de imóveis que não necessitam declarar RL, conforme NPVL.

Diante dessas infrações, o CAOMA do Ministério Público Estadual encaminhou o caso ao Grupo de Atuação Especial de Combate ao Crime Organizado (GAECO), com a missão de

investigar e reprimir o crime organizado. Em novembro de 2015, o GAECO iniciou uma investigação (Procedimento Investigatório Criminal nº 08/2015) para apurar a participação de técnicos do Naturatins em esquemas que viabilizava o desmatamento ilegal em várias regiões do Tocantins. O inquérito do GAECO, concluído em maio de 2018, não conseguiu provar a existência de uma organização criminoso atuando nas autorizações de exploração florestal. O caso foi arquivado, mas os processos suspeitos analisados pelo CAOMA foram encaminhados aos Promotores de Justiça das respectivas jurisdições. Um dos primeiros casos ajuizados ocorreu na Comarca de Novo Acordo com base em Parecer Técnico desenvolvido pelo CAOMA em outubro de 2015. A decisão preliminar do tribunal corroborou as suspeitas levantadas e o refinamento dos dados levantados pelo nesta pesquisa auxiliou a delimitação da área de estudo e forneceu ao MPE elementos técnicos de 78 casos de ASV-CRL com indícios de irregularidade para fins de subsidiar ações futuras de investigação.

2.7 Cadastro Ambiental Rural (CAR)

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é um registro eletrônico obrigatório de propriedades e posses rurais no Brasil, criado pela Lei nº 12.651/2012, que instituiu o Novo Código Florestal. O CAR tem como objetivo integrar informações ambientais das propriedades e posses rurais, como áreas de preservação permanente (APP), reservas legais (RL), áreas de uso restrito e remanescentes de vegetação nativa, proporcionando uma base de dados para o controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico, além de facilitar a implementação de políticas públicas para o uso sustentável dos recursos naturais. O cadastramento no CAR é necessário para regularização ambiental, pré-requisito para acesso à emissão das Cotas de Reserva Ambiental e aos benefícios dos programas de regularização ambiental.

Nos estados da Amazônia Legal, a primeira tentativa de ordenamento e cadastro das propriedades rurais foi o Sistema de Licenciamento Ambiental da Propriedade Rural (SLAPR), com financiamento do Banco Mundial em 2005. No Estado do Tocantins, o sistema foi denominado com Licenciamento Florestal da Propriedade Rural (LFPR), determinado pela Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) 07/2005. Em 2012, a Lei nº 12.651 criou o Cadastro Ambiental Rural (CAR), no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), definindo-o como registro nacional público eletrônico e obrigatório para todos os imóveis rurais, integrando as informações ambientais das propriedades e posses rurais para controle, monitoramento, planejamento ambiental e

econômico de combate ao desmatamento. O registro digital da propriedade do CAR permite avaliar a situação do uso do solo, qualificar e quantificar o passivo e ativo florestais da terra relacionados à obrigatoriedade de manutenção das APPs e de RL, e identificar as atividades desenvolvidas na propriedade rural em áreas já convertidas.

No entanto, o estado do Tocantins optou por um sistema próprio, denominado Sistema de Cadastramento Ambiental Rural (SIGCAR), que passou a operar em junho de 2014, interligado ao sistema nacional do CAR. Parte dos dados geoespaciais do LFPR ou foram perdidos e/ou não estavam sistematizados e disponibilizados para consulta, dificultando a gestão ambiental. Os processos de licenciamentos ambientais, ASVs emitidas e demais informações migram para o Sistema Integrado de Gestão Ambiental (SIGAM), mas as informações geoespaciais desses processos e das propriedades rurais encontram-se dispersas e sem sistematização e/ou não parametrizadas e disponíveis uma base de dados espaciais. Essas alterações de sistemas e ausência de rotinas para armazenamento dos dados dificulta o monitoramento pelos órgãos de comando e controle, e casos como os de ASV-CRL emitidos em desacordo com a NPVL, geram além de um significativo passivo ambiental, uma competitividade desleal entre produtores, aumento da demanda por recurso hídrico e uma sensação de extremo rigor da aplicação da lei para aqueles que tiveram as irregularidades identificadas pelo Ministério Público do Estado do Tocantins e de impunidade para os casos não identificados.

Almeida (2010) e Korting (2018), afirmam que o uso do CAR, como um novo regime de verdade num território sobreposto pode ser capaz de modificar as relações de força em um território e evidenciar a sobreposição de terras que compõe parte da estratégia do setor do agronegócio para avançar sobre territórios onde a gestão ambiental e o controle territorial não são sinônimos de resolução de conflitos e, muito menos de garantia de direitos as comunidades tradicionais (Velchione,2019). Korting, alerta que na existência de uma série de disciplinamentos (legislação fundiária e ambiental), e com o domínio do território ainda em jogo, a cartografia ambiental e fundiária deve ser um alerta para comunidades tradicionais, agricultores, camponeses, diante de processos crescentes de financeirização da agricultura.

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) no Brasil representa atualmente um significativo desafio técnico e objeto de interesse por parte de diversos setores econômicos, o que tem gerado disputas políticas em níveis federal e estadual para determinar a entidade responsável por sua gestão. Mesmo após a mudança de governo em janeiro de 2023, o CAR continua sendo alvo de controvérsias entre a esfera ambiental e o setor do agronegócio. No Estado do Tocantins, essa

disputa se estabelece entre a Secretaria Estadual de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SEMARH), encarregada da formulação da política ambiental estadual, e o Instituto Natureza do Tocantins, responsável pela execução e monitoramento dessas políticas. Tal cenário resultou em conflitos de competências, desalinhamentos técnicos e na manutenção de uma condição caótica nos sistemas de informação, que perpetuam a ocorrência de ilícitos ambientais, incluindo as Autorizações de Supressão de Vegetação com Compensação de RL (ASV-CRL).

A falta de implementação de ferramentas que possibilitem uma análise dinâmica dos cadastros ambientais rurais, juntamente com a dificuldade de acesso por parte dos órgãos de comando e controle, como o Ministério Público, torna a tarefa de monitoramento e fiscalização dos atos administrativos emitidos pelo órgão ambiental uma empreitada desafiadora. Tal situação propicia o avanço do desmatamento ilegal e/ou irregular no Bioma Cerrado, prejudicando os esforços de conservação e gestão ambiental na região.

Na região de estudo, a expansão da supressão de áreas de vegetação nativa e sua conversão em áreas de cultivo irrigado têm exacerbado os desafios relacionados às condições hídricas na bacia, demandando intervenções do Estado para reestruturar uma série de instrumentos normativos e revisar os processos de licenciamento e outorga de uso da água. A ausência de tais medidas acarreta consequências adversas, incluindo o comprometimento da disponibilidade de recursos hídricos no período de estiagem (abril-outubro) para a produção agrícola de soja, feijão-caupi e outras lavouras na área estudada, bem como impactos negativos na fauna e flora das bacias hidrográficas.

2.8 Governança Territorial e das Águas

A governança territorial e a gestão de recursos hídricos são cada vez mais reconhecidas como áreas de sinergia importante para o desenvolvimento econômico e a gestão ambiental. De acordo com Dallabrida e Becker (2011), a governança territorial se desdobra através da interação dos diversos atores e agentes presentes nas instituições e organizações da sociedade civil, dentro de redes de poder socioterritoriais. Essas redes de poder podem se formar a partir de interesses grupais de diferentes naturezas ou de interesses corporativos. Conforme apontado por Jessop (2016), a governança refere-se aos mecanismos e estratégias de coordenação diante da complexa interdependência entre atores, organizações e sistemas funcionais autônomos. No contexto da governança, a coordenação positiva envolve a cooperação ativa na busca por objetivos comuns, visando resolver problemas específicos através do diálogo contínuo, estabelecendo as bases para o consentimento negociado e a ação conjunta em projetos

mutuamente benéficos. Jessop também destaca que a construção da governança depende do comprometimento contínuo dos atores sociais envolvidos, compartilhando informações para mitigar o oportunismo, desenvolvendo interdependências e incentivando a solidariedade entre eles.

De acordo com Gonçalves de Lima (2019), a governança territorial pode ser definida como o processo de coordenação de atores visando desenvolver o capital social, intelectual, político e material, promovendo a coesão territorial sustentável em diferentes níveis. Em termos operacionais, concebe a governança territorial como um processo estratégico de coordenação de ações políticas entre atores e agentes sociais visando à resolução compartilhada de questões comuns e à promoção da justiça territorial e se trata de um processo de territorialização específico, integrado, por seu turno, ao processo mais amplo de desenvolvimento territorial – em distintas escalas geográficas. Nessa perspectiva, a expectativa é de que o processo de governança territorial gere territórios justos, vislumbrando-se uma possível (re) formulação de pactos territoriais que redinamizem o desenvolvimento territorial; e promovam e consolidem espaços de compromisso.

Por sua vez, a gestão eficaz dos recursos hídricos requer uma compreensão abrangente do sistema hidrológico, bem como dos fatores sociais, econômicos e políticos que influenciam o uso e distribuição da água. A análise multitemporal da barragem de Santa Giustina, nos Alpes italianos, fornece uma perspectiva histórica sobre a territorialização das preocupações ambientais, destacando a crescente visibilidade das questões ambientais na gestão da água e ressalta a importância de integrar considerações ambientais na governança territorial para garantir a exploração sustentável dos recursos hídricos (Andriushchenko et al., 2019).

Segundo Moss (2010), a escala de análise é um dos desafios da governança multinível da água, uma vez que o sistema hidrológico, com seus diferentes níveis de escala, abrange desde o território em si, com abordagem de dimensão biofísica da análise de sub-bacias hidrográficas até os grandes sistemas hidrográficos, e a dimensão escalar institucional, a qual aborda o nível de relação das instituições e atores sociais.

Trabalhos no campo da ciência geográfica sobre as políticas e processos de reescalonamento abordaram a produção social de escala e seu impacto na distribuição de poder (Herod e Wright 2002; Keil e Mahon 2008; Sheppard e McMaster 2004; Wissen et al., 2008), nessa pesquisa, a escala territorial é entendida como uma unidade fixa para fins de delimitação da análise de mudança de uso da terra (sub-bacias hidrográficas) e ao mesmo tempo como uma corporificação temporária das relações espaciais sujeitas a contínua renegociação e adaptação,

como um produto de conflitos e negociações, quando analisadas a dinâmica de desmatamento e delimitação dos imóveis rurais licenciados entre 2012 a 2014 e as mudanças de limites desses, seja por fragmentação estratégica entre CNPJ e CPF ou pela dinâmica de compra e venda de terras.

Associada a essa complexidade da análise territorial em múltiplas escalas, as mudanças climáticas e os seus respectivos eventos extremos, enchentes e estiagens prolongadas, tem aumentado a preocupação das nações sobre a gestão dos recursos hídricos e agrupado os temas de governança territorial e das águas (Bertrand et al., 2017). Eventos como as Oficinas do Clima, realizado na Borgonha, França, demonstraram como os coletivos locais podem ser envolvidos em debates para tratar da adaptação de gestão dos recursos hídricos frente os efeitos das mudanças climáticas e promoverem o intercâmbio de conhecimento entre cientistas e os atores sociais locais (Maran et al., 2023).

A governança territorial dos recursos naturais, explorada principalmente através da Geografia e da Ecologia industrial (Maran et al., 2023) tem debatido sobre gestão desses recursos e sua influência na formação de territórios, o que torna essa perspectiva importante para a compreensão do processo de territorialização e o papel dos atores sociais na apropriação e otimização desses recursos. Discussões sobre a evolução do conceito de governança territorial e a forma como sua evolução tem impulsionado territórios locais ao desenvolvimento tem sido discutida pela Ecologia Industrial. Cerceau (2018) , aborda que a forma de análise da Ecologia Industrial elabora novos padrões de gestão de recursos e contribuem de forma significativa para a construção de novos territórios.

Os princípios para a Governança da Água (**Figura 6**) da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2015) são articulados em três dimensões complementares: eficácia, eficiência, confiança e comprometimento. Segundo esses princípios a governança da água pode contribuir significativamente para a concepção e implementação de políticas públicas robustas, com objetivos mensuráveis em cronogramas predeterminados na escala apropriada, baseado em uma responsabilidade compartilhada entre os níveis de governo, sociedade civil e negócios.

Figura 6

Visão geral dos princípios da OCDE para a Governança da Água



Fonte: OCDE (2015)

De acordo com a OCDE (2015 b), o setor da água apresenta características intrínsecas que o tornam altamente sensível e dependente de um sistema de governança de vários níveis. Nesse aspecto, a gestão da água doce (superficial e subterrânea) é uma preocupação tanto global como local, e envolvem uma multiplicidade de entidades públicas, privadas, a sociedade civil sem fins comerciais; enquanto partes interessadas nos ciclos de tomada de decisão, formulação de políticas e implementação de projetos. Para a OCDE, a política da água é inerentemente complexa e fortemente ligada a setores de relevância ao desenvolvimento, incluindo a saúde, o ambiente, a agricultura, a energia, o ordenamento do território, o desenvolvimento regional com distribuição de renda e redução da pobreza.

Bourdieu (2014) aborda o papel do Estado no reequilíbrio das relações entre as formas

de capital social. De forma geral, os governos fornecem as regras básicas para a governança e a ordem regulatória, por meio das quais os parceiros da governança podem buscar seus objetivos; asseguram a compatibilidade ou coerência dos diferentes mecanismos e regimes de governança; criam fóruns de diálogo ou atuam como organizadores primários do diálogo entre as comunidades de políticas, implantam um monopólio relativo de inteligência organizacional e informações a fim de moldar as expectativas cognitivas; servem como tribunais de apelação para disputas que surjam dentro e sobre a governança; procuram reequilibrar os diferenciais de poder e o preconceito estratégico nos regimes, fortalecendo forças ou sistemas mais fracos no interesse da integração.

Nesse ponto, Jessop (2015, 2016), evidencia que a governança envolve não apenas o desenho institucional adequado aos diferentes objetos de governança, mas também a transformação dos sujeitos e suas orientações para o mundo. Ao se envolver na regulação, o Estado opera menos como instância suprema de comando (soberano) do que como o primeiro entre os semelhantes em uma rede complexa, heterogênea e multinível de relações. Isso sugere que a soberania formal é melhor vista como uma série interconectada e reforçada de capacidades de Estado simbólicas e materiais do que como recurso dominante e abrangente com o monopólio da coerção - um recurso que pertence ao Estado como a autoridade soberana em uma única estrutura de comando hierárquica.

A construção de um modelo eficiente de gestão integrada dos recursos hídricos (*Integrated Water Resources Management – IWRM*) é uma abordagem holística para a gestão da água que busca equilibrar a sustentabilidade econômica, social e ecológica. O IWRM, reconhecido internacionalmente desde o início da década de 1990 tem como objetivo envolver múltiplos atores na gestão de recursos hídricos para alcançar o desenvolvimento sustentável e enfatiza a importância econômica, social e ecológica (Giordano et al., 2014). A implementação do IWRM pode ser eficaz em diversos ambientes e sua eficiência é evidenciada por aplicações bem-sucedidas em países com contextos variados, como Sudão, Bolívia, Indonésia, demonstrando sua adaptabilidade e eficácia em diferentes áreas geográficas e culturais (Calizaya et al., 2010). No entanto, existem críticas de que o método se tornou prescritivo demais o que pode comprometer os sistemas de gestão existentes ou atrasar as reformas necessárias, sugerindo que estratégias alternativas de gestão da água podem ser eficazes e não devem ser negligenciadas (Babel, 2005).

Outra metodologia discutida para gestão de recursos hídricos é a abordagem WEF Nexus (*Water-Food-Energy Nexus*). A abordagem Nexus Água-Energia e Alimentos (WEF)

ou abordagem NEXUS, busca reconhecer explicitamente as intrincadas interconexões entre água, energia e sistemas alimentares e tem como objetivo garantir água, energia e alimentos para a população em crescimento, mantendo a saúde de ecossistemas (Muller, 2015). Alguns estudos apontam a abordagem NEXUS como relevante no contexto do desenvolvimento sustentável, uma vez que busca equilibrar as necessidades de diferentes setores, minimizando perdas e ganhos e maximizando sinergias, motivo pelo qual essa estrutura tem sido adotada em políticas e governança territorial e das águas, por fornecer um arcabouço de análise mais abrangente sobre o uso dos recursos e de sua gestão (Kanakoudis et al., 2020 e Benson et al., 2015)

No Tocantins, pesquisadores da Universidade Federal do Tocantins, ao realizarem estudos diagnósticos sobre as condições da bacia hidrográfica do rio Formoso desenvolveram o Sistema de Informação Gestão de Alto Nível (GAN/IAC/UFT) elaborado para o monitoramento e gestão dos recursos hídricos relacionados à disponibilidade de água para a atividade agrícola, por meio de coleta de dados monitorados pelas estações convencionais e telemétricas da Agência Nacional das Águas. O sistema de monitoramento tem como objetivo servir de instrumento de planejamento, para unir e orientar as diversas instâncias de tomadores de decisões de usuários da bacia, tais como as Secretarias de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, os órgãos de fiscalização ambiental e a sociedade civil organizada colocando em prática instrumentos para a gestão dos recursos hídricos nos moldes do IWRM e NEXUS WEF.

2.9 O Papel do Ministério Público Brasileiro na gestão ambiental

No Brasil, A Constituição Federal de 1988 (CF,1988), estabelece nos artigos 177 e 129 o Ministério Público como instituição permanente essencial à função jurisdicional do Estado, incumbindo-lhe a defesa da ordem jurídica, do regime democrático e dos interesses sociais e individuais indisponíveis, destacando que são funções institucionais do Ministério Público promover a proteção do patrimônio público e social do meio ambiente e de outros interesses difusos e coletivos, estabelecendo assim o protagonismo e legitimidade do Ministério Público na defesa do meio ambiente e dos recursos naturais.

Nessa perspectiva, o Conselho Nacional do Ministério Público (CNMP) emitiu a recomendação 65/2018 que dispõe sobre a necessidade de integração da atuação do Ministério Público para a proteção dos recursos hídricos o que resultou na formulação da Aliança Nacional do Ministério Público pela Água (CNMP, 2022). Esta Aliança consiste em um pacto colaborativo de atuação em defesa da água, com objetivo principal de desenvolver estratégias

de atuação integrada por bacias hidrográficas, visando à adoção de atuação preventiva e resolutiva, voltada à obtenção da melhoria da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, da Política Federal de Saneamento e de outras políticas correlatadas.

Segundo Magalhães (2016), no contexto da sociedade globalizada, a construção de uma nova cultura jurídica se orienta pelo diálogo e aprendizado recíprocos. A magistratura precisa tomar consciência de que o direito é só um saber que se deve somar a uma gama outra de conhecimentos. Só uma compreensão da complexidade da sociedade moderna viabilizará a construção das pontes de conexão entre os diferentes. Só com a integração de conhecimentos, de maneira interdisciplinar, o magistrado transitará por entre as redes de regulação e dialogar de igual para igual com os demais atores da arena global. Magalhães (2016) afirma que um judiciário que não atenda a esses requisitos não logrará bons resultados na defesa e cumprimento das promessas de igualdade, liberdade e fraternidade, que, no mundo atual, transmuda-se em contextos de diversidade, solidariedade e justiça.

O Ministério Público do Estado do Tocantins diante da complexidade da dinâmica de uso e ocupação da terra imposta nas últimas décadas, ao se deparar com significativo aumento de casos e complexidade das demandas ambientais buscou trabalhar com a criação das Promotorias Regionais Ambientais, cuja a área de atuação foi construída com base na sobreposição de limites das comarcas e as bacias hidrográficas que compõe as Áreas Estratégicas de Gestão do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Tocantins (Brandes et al.,2021). O tratamento das demandas ambientais pelas Promotorias Regionais Ambientais aumentou a sinergia das ações desenvolvidas pelo Ministério Público na tutela ambiental. De forma complementar, em virtude dos elevados dados de desmatamento ilegal no Estado do Tocantins, foi elaborada também a Força Tarefa Ambiental, onde foram desenvolvidas investigações o que resultou na formação do Grupo de Atuação Especializada em Meio Ambiente (GAEMA) com quadro de promotores e servidores dedicados a análise de questões referentes ao desmatamento, tendo como um dos objetos investigativos a Compensação de Reserva Legal amplamente utilizada no Estado do Tocantins entre os anos de 2012 e 2014.

2.10 Inconsistências nas Autorizações de Supressão de Vegetação e desafios políticos

A interpretação e aplicação equivocada da legislação ambiental brasileira por órgãos ambientais exercem um aumento no desmatamento, especialmente, quando seus órgãos

licenciadores, autorizam irregularmente supressão de vegetação nativa. No Estado do Tocantins, o desmatamento autorizado com base no instrumento de compensação de RL, resultou na supressão de cerca de aproximadamente 76 mil hectares de área nativa em todo o estado, sendo que 22.911,70 ha foram efetivamente suprimidos na área de interseção dos oito municípios que compõe nossa área de estudo. Com base nos dados da pesquisa é possível inferir que esse mesmo modelo de ASV-CRL tenha sido empregado em outras regiões do país, especialmente na frente de expansão agrícola do Cerrado Matopiba (CM).

Portanto, existe uma tentativa política de enfraquecimento do quadro jurídico ambiental, diminuição de financiamento de pesquisas e redução de gastos públicos federais em conservação (Ferreira et al., 2014; Magnusson et al., 2018; Silva et al., 2019; Thomaz et al., 2020). Essas pressões políticas, exercida por setores econômicos, visa o enfraquecimento das leis ambientais, resultando no aumento do desmatamento na Amazônia, uso indiscriminado de agrotóxicos, negligência em relação aos derramamentos de óleo, e o aumento práticas ambientais inadequadas (Barbosa et al., 2021). O enfraquecimento das políticas ambientais também tem estimulado propostas legislativas prejudiciais ao meio ambiente, com o envio de Proposta de Lei “PL” com esse objetivo, destacando-se as propostas do PL 2362/2019 e PL 5725/2023.

Em 2019, o PL 2362/2019 solicitava a revogação do Capítulo IV referente a RL da NPVL, com o argumento de garantir o direito constitucional de propriedade e possibilitar a exploração econômica dessas áreas. No entanto, o PL 2362/2019 não prosperou e foi retirado em 15 de agosto de 2019. Em uma segunda investida, o PL 5725/2023 ingressa na Comissão de Agricultura, Pecuária, Abastecimento e Desenvolvimento Rural em dezembro de 2023 sugerindo alterar a NPVL, para estabelecer a definição de “identidade ecológica” e regulamentar as hipóteses de compensação da RL. Atualmente, o PL encontra-se com uma proposição sujeita à apreciação conclusiva pelas Comissões.

Esse PL visa legalizar os desmatamentos irregulares, semelhantes aos que ocorreram no Estado do Tocantins com a emissão das ASV-CRL-TO pelo órgão ambiental estadual. A proposta é de alterações nos artigos 3º, 17º, 48º e 66º. Em síntese, as alterações propostas consideraria no art. 17 § 3 A, a excepcionalidade, para as áreas de RL convertidas mediante licença até 31 de dezembro de 2015 expedida por órgão ambiental estadual ou federal competente, com a correspondente averbação na matrícula do imóvel, visando promover a regularização prevista nos incisos do Art. 66.

O PL propõe no § 11 do Art. 66 que após o registro da RL no CAR, o órgão ambiental

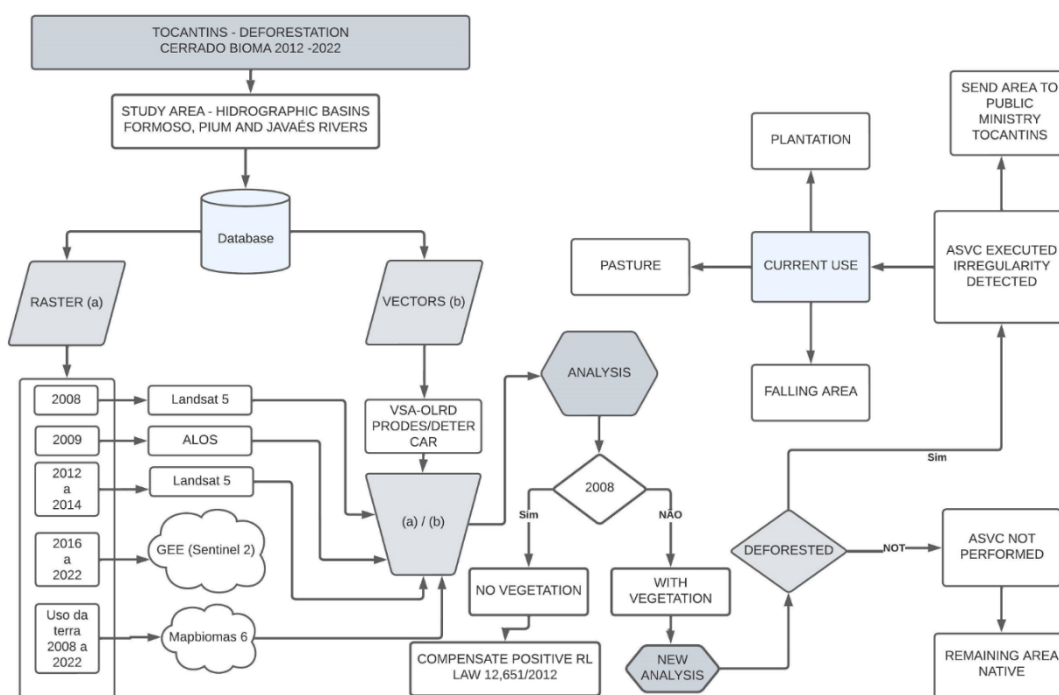
terá o prazo de noventa dias para justificar por meio de parecer técnico fundamentado a ausência de identidade ecológica, sendo que a não manifestação no prazo indicado acarretará a validade da compensação. Portanto, a proposição do PL 5725/2023, com base no histórico de atuação dos órgãos estaduais do meio ambiente e, em especial do Instituto Natureza do Tocantins é uma proposta clara de viabilizar a legalização de áreas sem equivalência ecológica de forma sumária após 90 dias de declaração do CAR, uma vez que, o órgão ambiental é um dos principais geradores da insegurança jurídica e fomentador dos desmatamentos com emissão de licenças baseadas no uso irregular da compensação de RL.

CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia é subdividida nas seguintes etapas (**Figura 7**): (a) aquisição de imagens de satélites orbitais (Landsat 5, Landsat 8, Sentinel 2 e Planet), e correlação dos dados tabulares e dados vetoriais das ASV-CRL suspeitas de irregularidade; (b) análise multitemporal de uso da terra pra identificar ASV-CRL com indícios de irregularidades no período de 2012-2014; (c) qualificação da efetividade das ASV-CRL com indícios de irregularidades e classificação dos tipos de uso da terra; e (d) avaliar as regiões do estado do Tocantins com maior fluxo de compensação de RL.

Figura 7.

Fluxograma de análise de uso da terra e detecção de desmatamento em áreas com indícios de irregularidades na compensação de reserva legal. ARL (Área de Reserva Legal), VSA-OLRD (Vegetation Suppression Authorization for Offsetting Legal Reserve Deficits), CAR (Cadastro Ambiental Rural), GEE (Google Earth Engine).



Fonte: Autor

Para fins de verificação da ampliação das áreas de plantio irrigado na área de estudo, foi realizado um comparativo das áreas de plantio irrigado em dois períodos distintos (2012) ano da NPVL e 2022, uma década após a aprovação da NPVL. Para essa análise a pesquisa utilizou as classes de arroz e soja do Projeto Mapbiomas Coleção 8, localizadas na área de várzea tropical e adjacências nas quais foram identificadas através de fotointerpretação de imagens de

satélite presença de canais de irrigação. Essas classes foram agrupadas e denominadas na pesquisa como área de plantio irrigado. O mapeamento dessas classes para o ano de 2012 identificou uma área de 63.628,70 ha, enquanto em 2022 essa área mapeada foi de 126.764,00 ha, representando um aumento de aproximadamente 99,24% de área de plantio irrigado na última década.

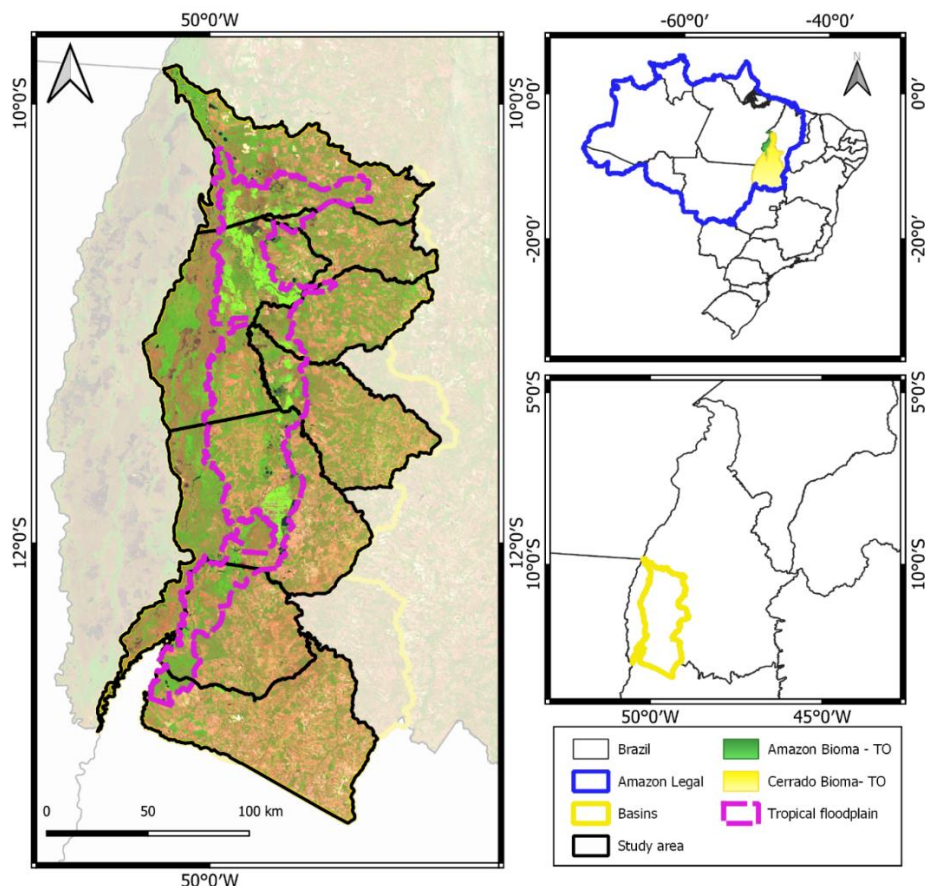
Como fator dificultador, é necessário ressaltar a existência de inconsistências entre os dados tabulares, atos administrativos autorizados e ausência de informações geoespaciais sistematizadas em um banco de dados confiável e de fácil acesso para o monitoramento do desmatamento. Estas contradições terminam por viabilizar o uso irregular de instrumentos de compensação de RL e dificultam a identificação de possíveis irregularidades pelas instituições de comando e controle.

3.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada na porção sudoeste do Estado do Tocantins (**Figura 8**), abrangendo as bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés. A delimitação desta área foi definida com base na sobreposição dos territórios municipais situados nessas bacias, os quais exibiram duas ou mais das seguintes características: (a) a presença de um ambiente de planície aluvial conhecido como várzea tropical do Araguaia, (b) altos índices de desmatamento identificados pelo sistema PRODES durante o período de 2012 a 2015, e (c) um número significativo de registros de Autorização de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal (ASV-CRL)

Figura 8.

Localização da área de estudo, bacia dos rios Formoso, Pium e Javaés, situada na porção sudoeste do estado do Tocantins, Brasil



Fonte: Autor

A planície aluvial do médio Araguaia apresenta um diversificado mosaico de unidades morfo-sedimentares quaternárias com diferentes padrões de propagação de inundações, onde a planície de inundação é constituída por sedimentos do Holoceno e do Quaternário Superior (Suizu et al., 2023). As condições edafoclimáticas favoráveis, marcadas por solos férteis e disponibilidade hídrica, criam um ambiente propício para a prática da agricultura irrigada, intensificando a pressão para a conversão da vegetação natural, particularmente dos campos alagados (várzeas), em áreas destinadas à atividade agrícola.

A área de estudo é composta pelas sub-bacias de cada uma das três bacias, sendo a área principal a bacia do rio Formoso (**Figura 9**). Os limites municipais abrangem, para alguns casos, áreas de duas ou três das bacias e em sub-bacias distintas, motivo pelo qual se faz necessária a identificação da área de estudo por municípios, bacias e sub-bacias, conforme **Tabela 2** abaixo:

Tabela 2:

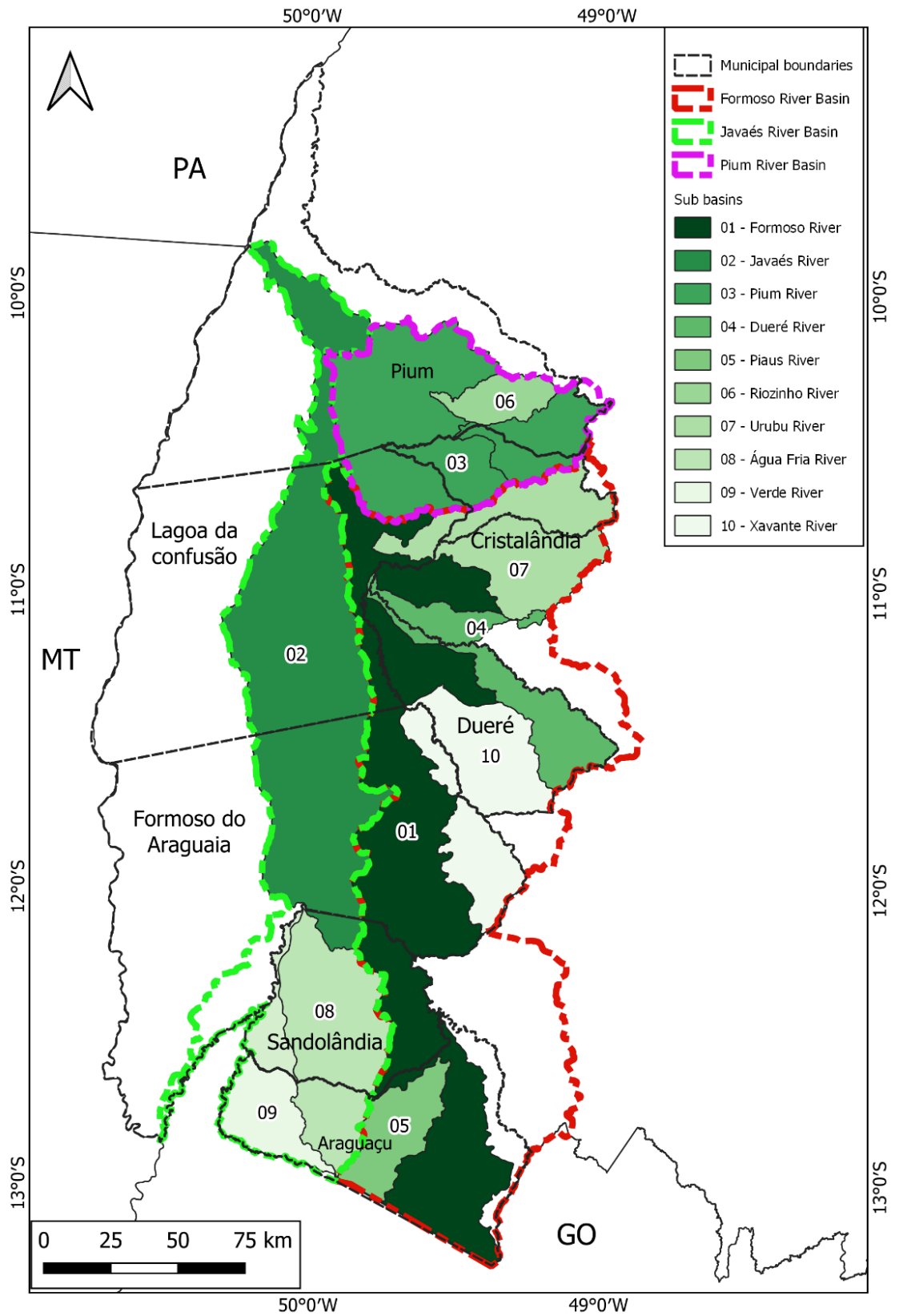
Relação dos municípios da área de estudo e as respectivas áreas das bacias e sub-bacias em seus territórios.

Municípios	Bacia	Área bacia (ha)	Sub-bacia	Área Sub-bacia (ha)
Araguaçu	Formoso	297.364,83	Rio Piaus	99.416,64
			Rio Formoso	197.948,19
	Javaés	160.177,80	Rio Água Fria	66.818,63
			Rio Verde	93.359,17
Cristalândia	Formoso	87.885,37	Rio Urubu	87.885,37
	Pium	96.782,90	Rio Pium	96.782,90
Dueré	Formoso	271.208,07	Rio Formoso	83.230,14
			Rio Dueré	116.982,43
			Rio Xavante	70.995,50
Formoso do Araguaia	Formoso	377.356,17	Rio Formoso	259.794,00
			Rio Xavante	117.562,17
	Javaés	263.771,89	Rio Javaés	263.771,89
Lagoa da Confusão	Formoso	128.158,25	Rio Dueré	913,49
			Rio Formoso	99.477,54
			Rio Urubu	27.767,22
			Javaés	360.310,00
			Pium	76.827,02
Pium	Formoso	34,49	Rio Urubu	34,49
			Javaés	112.612,04
			Rio Javaés	112.612,04
			Rio Pium	270.400,00
			Rio Riozinho	56.115,15
Sandolândia	Formoso	99.441,45	Rio Formoso	99.441,45
			Rio Água Fria	192.442,05
	Javaés	253.384,86	Rio Javaés	19.093,38
			Rio Verde	41.849,43
Santa Rita do Tocantins	Formoso	251.463,48	Rio Dueré	50.601,07
			Rio Formoso	62.299,43
			Rio Urubu	138.562,98

Fonte: Autor

Figura 9.

Área de interseção dos municípios e suas respectivas bacias e sub-bacias da área de estudo



Fonte: Autor

A região hidrográfica do Araguaia-Tocantins a qual está inserida a área de estudo apresenta uma rápida expansão das atividades humanas nos últimos dez anos, promovendo intensas mudanças na cobertura e uso da terra provenientes da agropecuária, mineração e energia hidrelétrica (Pelicice et al., 2021). O advento do Decreto Presidencial 8.447 de 2015, dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do MATOPIBA nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, intensificou o direcionamento da expansão das atividades agrícolas para essa região, alcançando as maiores taxas de desmatamento (Matricardi et al., 2018; Soterroni et al., 2019; Spera et al., 2016; Trigueiro et al., 2020). Esse conjunto de mudanças ambientais promove uma degradação na região hidrográfica do Araguaia-Tocantins de larga escala (Pelicice et al., 2021).

Na década de 1970, três importantes projetos foram implementados na região, marcando o início de uma transformação significativa no uso do solo: o Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP); o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro); e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER) (Morais et al., 2017). A década seguinte prosseguiu influenciada por investimentos agrícolas, destacando-se a criação do Projeto de Irrigação do Rio Formoso, mais tarde renomeado para Distrito de Irrigação do Rio Formoso (DIRF) (Vergara et al., 2023). Além disso, a implementação da terceira fase do Programa de Desenvolvimento do Cerrado (PRODECER III) catalisou a expansão do cultivo de soja no Tocantins (Feitosa, 2019).

Atualmente, as regiões de várzeas do Araguaia tornaram-se áreas estratégicas, convertendo-se em grandes áreas de agricultura irrigada, tais como Lagoa da Confusão e Rio Formoso, integrando o Projeto Javaés/Mesopotâmia, parte do Plano Estadual de Irrigação (PEI/TO, 2011) (Morais et al., 2017). Essas iniciativas objetivaram otimizar o uso agrícola, possibilitando o cultivo de até três safras anuais (safra, safrinha e entressafra), através da irrigação e construção de barragens, com significativas mudanças na gestão dos recursos naturais.

3.2 Mapeamento das Áreas e a Sistematização dos Dados Vetoriais das Áreas com Autorização de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal (ASV-CRL)

Foram utilizados diversos conjuntos de dados de sensoriamento remoto: (a) imagens do satélite Landsat 5 dos anos 2008, 2012, 2013 e 2014, disponibilizadas no portal de informações geoespaciais da Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins (<https://geoportal.to.gov.br/gvsigonline>); (b) imagens ALOS (2009 e 2010) disponibilizadas pela Agência Espacial Japonesa (JAXA) por meio de convênio com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); (c) imagens Sentinel-2 (2016 a 2022), obtidas no Google Earth Engine; e (d) dados da coleção 8 do Mapeamento de uso da terra desenvolvida pelo Mapbiomas sobre a dinâmica do uso da terra, das áreas de vegetação nativa e áreas de reflorestamento.

Os principais conjuntos de dados vetoriais utilizados na pesquisa foram os polígonos de ASV-CRL emitidos entre os anos de 2012 e 2014 e fornecidos para pesquisa pelo Ministério Público do Estado do Tocantins, através do Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO).

É necessário ressaltar que embora as imagens obtidas de diferentes satélites possam apresentar diferenças em suas resoluções espaciais, e conseqüentemente, interferir nos resultados, existem diferentes técnicas para ajustar estas resoluções, entre as quais se destacam as técnicas de super-resolução que aumenta a resolução das imagens satelitais de baixa resolução e as técnicas de interpolação de up-sampling, que são capazes de aumentar tanto a resolução quanto o tamanho da imagem. O LABGEO faz uso de geotecnologias nas imagens satelitais que utilizam, o que permite inferir que as imagens utilizadas no estudo passaram por algum tipo de processamento para a criação dos conjuntos de dados dos polígonos de ASV-CRL.

3.3 Análise das Autorização de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal (ASV-CRL) emitidas no período 2012 a 2014

A análise foi conduzida em duas escalas distintas. A primeira com base em sua distribuição em todo Estado do Tocantins e a segunda com base na intersecção dos limites municipais nas bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés. Essa análise considerou as seguintes etapas: (a) seleção dos processos contendo o arquivo digital e expansão do acervo considerando os dados dos procedimentos preparatórios de investigação do MPE, (b) avaliação das incongruências dos dados referente as áreas das propriedades entre os dados tabulares provenientes dos atos administrativos e os dados de mapeamento de cada imóvel, e (c) análise multitemporal da supressão vegetal nessas propriedades.

Os dados das áreas solicitadas das ASV-CRL necessitaram ser reavaliados devido a algumas inconsistências: (a) incompatibilidade da descrição textual dos atos administrativos e os dados reais do mapeamento das áreas, e (b) ausência de todos os vértices do memorial descritivo da área requerida. O procedimento para a correlação entre os dados requeridos e os dados do mapeamento das ASV-CRL-TO utilizou como chave primária o número do processo, presente nos atributos do conjunto de dados requeridos e a tabela de atributos do mapeamento das áreas. Cada processo de solicitação de supressão de vegetação (ASV) é constituído de um mapeamento da propriedade rural (polígonos), tais como: Área da Propriedade Rural (APR), Área de Supressão de Vegetação (ASV), Área de Preservação permanente (APP), Área de Reserva Legal (ARL), Área de Uso Alternativo (AUA) e demais feições existentes no imóvel.

Na análise, assumimos que os dados corretos das ASV-CRL são os valores dos polígonos encaminhados no processo de solicitação de supressão de vegetação nativa ao invés dos valores transcritos na licença, o que permite o monitoramento do uso da terra, a quantificação da área autorizada e a área efetivamente suprimida. No mapeamento das áreas, realizou-se a checagem da existência ou não de passivo de RL e de vegetação nativa no ano de 2008 para averiguar a legalidade da compensação. O mapeamento do uso da terra no período do marco temporal (ano de 2008) estabelecida pela NPVL foi realizado com base na fotointerpretação das imagens de satélite (Landsat 5 e ALOS), o mapa de uso da terra da coleção 7.1 e 8 Mapbiomas. A análise multitemporal do uso da terra foi realizada a partir da interpretação visual de imagens de sensoriamento remoto, considerando os atributos de cor, textura e forma, sendo utilizado como apoio na interpretação do uso dados da série histórica do mapeamento de Uso da Terra coleção 7.1 Mapbiomas, imagens de satélites e imagens aéreas coletadas no ano de 2022 com uso de drone.

3.4 Análise das áreas de interseção dos municípios na área de estudo

Esse tópico avalia os processos de ASV-CRL nos municípios com maior taxa de desmatamento no período de 2012 a 2015 no Estado do Tocantins conforme o sistema PRODES/DETER, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O sistema possui importante série histórica dos desmatamentos decorridos em cada ano, sem haver a sobreposição dos desmatamentos anteriores. Os critérios para seleção dos oito municípios da pesquisa foram: (a) taxas de desmatamento no sistema PRODES no período 2012-2015; (b) número de casos suspeitos de compensação de RL nos dados tabulares fornecidos pelo MPE para esses municípios; e (c) presença da planície aluvial (várzea tropical)

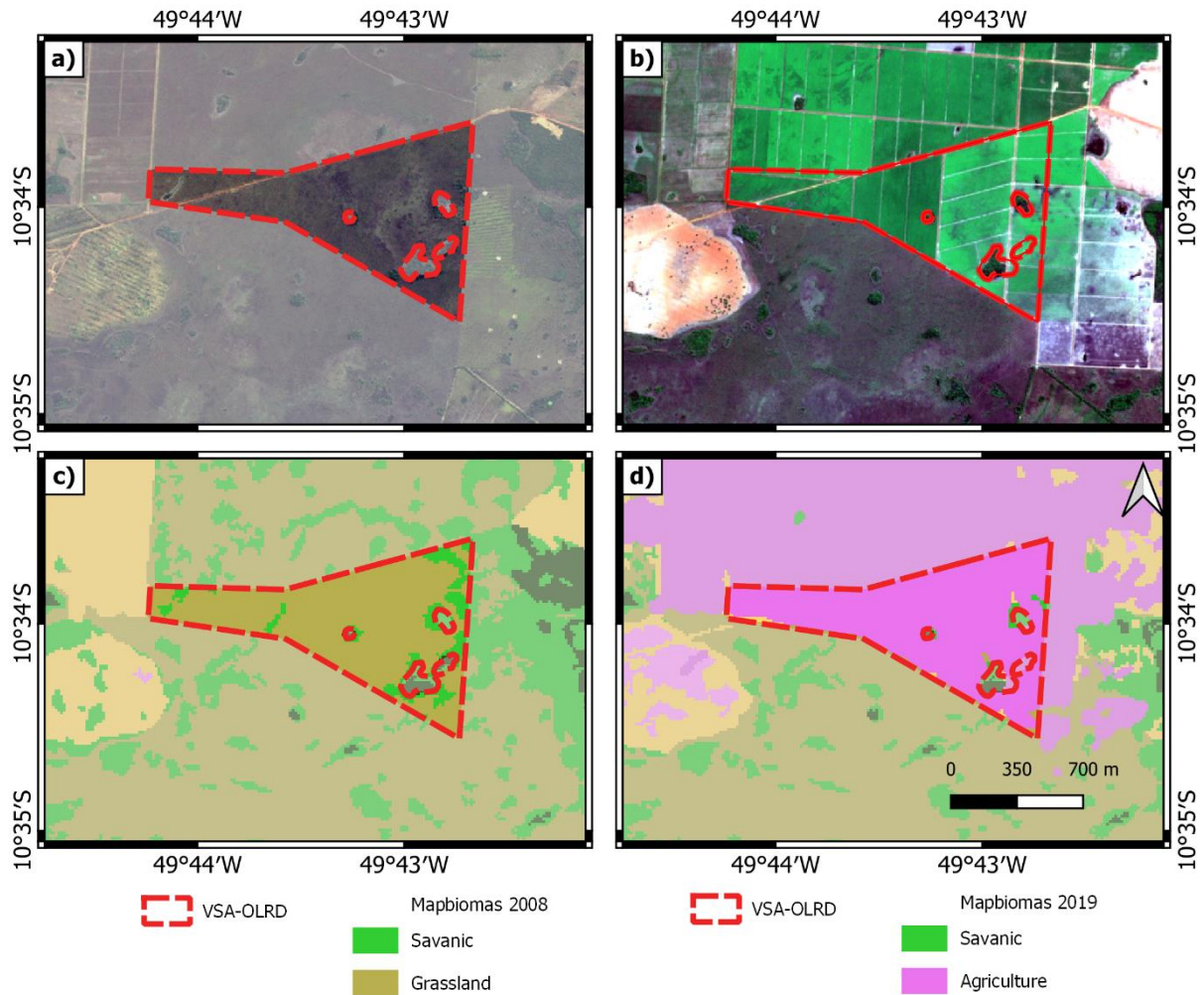
na área desses municípios. Dessa forma, os municípios pertencentes à bacia hidrográfica, mas com menores taxas de desmatamento, baixo número de casos suspeitos e sem presença da área de várzea tropical, não compuseram os dados de análise dessa pesquisa.

A interpretação visual multitemporal das imagens satelitais das áreas de ASV-CRL ao longo do período de 2012 e 2022, foi realizada com auxílio dos dados do PRODES e os dados de Uso da Terra do MapBiomas e resultou na classificação dos polígonos ASV-CRL de 2012 a 2014 em duas classes: (a) área remanescente, contendo a vegetação preservada; e (b) áreas efetivamente desmatadas. Por sua vez, as áreas desmatadas foram subdivididas em duas categorias principais de uso da terra: culturas anuais e pastagem.

A análise relativa ao período compreendido entre 2012 e 2022, superior ao período da emissão de ASV-CRL (2012-2014) se fez necessária devido o prazo de quatro anos das ASV emitidas e o monitoramento de ocorrências eventuais de desmatamentos após esse período, para identificar a incorporação dessas áreas no sistema produtivo. A **Figura 10** demonstra o processo de mapeamento multitemporal do uso da terra em um imóvel com solicitação de compensação de RL, utilizando diferentes conjuntos de dados.

Figura 10.

Análise multitemporal das Áreas de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal: (a) ano 2008 (mosaico imagens Alos), (b) Uso ano 2016 (Mosaico imagens Sentinel 2), (c) uso da terra Mapbiomas ano 2008 e (d) Uso da terra Mapbiomas ano 2016.



Fonte: Autor

3.5 Fluxo de Compensação de Reserva Legal no Estado do Tocantins

Nesta etapa do estudo, avaliou as localidades e os fatores econômicos que influenciam a compensação de RL em Tocantins. Os dados de ASV-CRL fornecidos pelo MPE evidenciam as regiões do Tocantins com maior quantidade de imóveis com ASV com base na compensação de RL. O procedimento administrativo do licenciamento ambiental para emissão de ASV vincula o processo do imóvel receptor de RL (ASV-CRL) ao processo do imóvel cedente de RL. Os processos vinculados fornecem as coordenadas geográficas da sede de cada imóvel cedente de RL, o que permitiu a localização geográfica das sedes dos imóveis doadores.

Os pontos das sedes dos imóveis doadores de RL foram sobrepostos ao Mapa Regional de Terras do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) do ano de 2018, para verificar a ocorrência ou não de um padrão espacial de escolhas das áreas de compensação de RL. Na análise dos fluxos de compensação de RL, utilizou-se como parâmetro o preço médio das terras, conforme estipulado pelo INCRA no seu Relatório de Análise de Mercado de Terras do Estado do Tocantins (RAMT-TO, 2018). O RAMT-TO oferece uma avaliação comparativa dos preços praticados nos anos de 2012, 2013 e 2014, período de maior demanda de solicitações de ASV e compensações de RL.

A metodologia do INCRA para elaboração do RAMT define prioritariamente as zonas homogêneas que é construída com base nos atributos socioeconômicos que influenciam a definição do preço da terra por meio de um processo de análise e classificação de dados. Esse processo envolve a coleta de informações sobre diversos aspectos como infraestrutura, acesso a serviços públicos, atividades econômicas predominantes, produtividade agrícola dentre outros. Com base nos dados coletados, são utilizados métodos estatísticos e geoespaciais para identificar padrões de semelhanças entre diferentes áreas, agrupando-as em zonas homogêneas, as zonas são delimitadas levando em consideração a proximidade geográfica e a similaridade dos atributos econômicos. Logo, para a elaboração do RAMT-TO o INCRA considerou 13 Mercados Regionais de Terras (MRT) com base nas atividades: pecuária, pecuária de baixo e alto suporte, exploração mista e agropecuária tradicional, agropecuária intensiva, agricultura, Floresta Nativa/Plantada, foram utilizados como referência o preço médio de “Todas Tipologias de uso do Mercado de Terras” para as regiões que não possuem a tipologia de Floresta Nativa/Cerrado e os valores de Tipologia de Floresta Nativa / Cerrado para as regiões que possuem esse tipo de uso (**Tabela 3**) (INCRA, 2018).

Tabela 3.

Valores do preço médio de terras (Inkra, 2018). Onde, “VTI” é o Valor Total do Imóvel/ha e o “VTN” é o Valor da Terra Nua/ha.

MRT	TIPOLOGIA DE USO	VTI/ha (R\$)	VTN/ha (R\$)
01 – Araguaatins	Floresta Nativa / Cerrado	3.059,45	2.905,49
02 – Araguaína	Todas as Tipologias MRT	7.600,36	5.896,21
03 – Colinas do TO	Todas as Tipologias MRT	2.828,26	1.983,40
04 – Colmeia	Todas as Tipologias MRT	5.111,44	3.683,58
05 - Guaraí	Todas as Tipologias MRT	4.028,93	2.495,00
06 - Gurupi	Todas as Tipologias MRT	4.389,66	3.212,27
07 – Paraíso do TO	Todas as Tipologias MRT	5.340,61	3.713,98
08 - Peixe	Floresta Nativa / Cerrado	3.286,13	3.211,44
09 - Natividade	Floresta Nativa / Cerrado	639,19	653,34
10 - Dianópolis	Floresta Nativa / Cerrado	1.928,37	1.870,52
11 – Pedro Afonso	Floresta Nativa / Cerrado	1.152,43	1.075,07
12 - Goiatins	Todas as Tipologias MRT	2.943,93	2.529,20
13 - Palmas	Todas as Tipologias MRT	5.655,74	5.064,06

A presente pesquisa reclassificou as classes de MRT e reagrupou as mesmas em 5 categorias baseados nos valores médios do preço da terra, conforme a **Tabela 4**

Tabela 4

Classificação das áreas indicadas para compensação de RL com base nos valores de Mercado Regional de Terras do Incra (2018)

Indicação para Compensação de RL	Preços estimados (R\$)/ha
Muito alto	1.000,00 a 1.500,00
Alto	1.501,00 a 3.100,00
Médio	3.101,00 a 4.500,00
Baixo	4.501,00 a 5.000,00
Muito baixo	> 5.000,00

As terras com valores menores foram classificadas com interesse muito alto para o mercado de compensação de RL e as áreas com maior valor de mercado foram classificadas como baixo ou muito baixo para a destinação de compensação de RL. Portanto, os cruzamentos dos padrões espaciais das escolhas das áreas de compensação de RL com os valores econômicos das terras permite verificar a ocorrência ou não de uma estratégia econômica que resulte em aumento da área de plantio, ganho de capital com menor custo de investimento na aquisição de áreas para compensação.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados da análise da ASV no período 2012 a 2014

Os processos de solicitação de ASV junto ao órgão ambiental são ordenados territorialmente no processo de licenciamento ambiental através da delimitação da área vetorial total da propriedade, essa área consta no memorial descritivo da Certidão de Inteiro Teor do imóvel, e de forma prática resulta na possibilidade de extração do sistema de licenciamento do órgão ambiental a lista de atos administrativos de ASV-CRL por município. A lista dos dados tabulares de casos de compensação de RL entre os anos de 2012-2014 fornecidas pelo Instituto Naturatins ao MPE contém 1.328 processos para todo o estado do Tocantins. No entanto, somente 320 casos continham dados vetoriais, o que corresponde a uma área de 128.905,24 ha de pedidos de supressão de vegetação. Na área de intersecção dos oito municípios com as bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés enquadrada nos critérios da pesquisa, foram identificados 217 casos tabulares e apenas 93 com arquivos vetoriais efetivamente analisados, correspondendo a 42,85% dos casos suspeitos de irregularidade.

A **Tabela 5** especifica as informações das Autorização de supressão de Vegetação Nativa com uso de compensação de RL (ASV-CRL) para o Estado do Tocantins (1328) e o quantitativo de 320 casos com arquivos digitais sistematizados nessa pesquisa. A ausência da sistematização de informações em uma base de dados geoespaciais transparente e de fácil consulta para os órgãos de comando/control e, pela sociedade civil organizada é evidenciada na ausência de informações vetoriais de 75,9% dos casos de ASV-CRL emitidos para todo estado do Tocantins no período de 2012 e 2014. Para a área de estudo o percentual de não análise de dados esse valor e de 57,1% o que reforça a necessidade de melhorar a sistematização e a transparência dos dados de ASV no Tocantins (**Tabela 5**).

Tabela 5.

Quantidade e proporção de dados declarados de Autorização de Supressão de Vegetação Nativa com Compensação de Reserva Legal para o estado do Tocantins (ASV-CRL-TO) e ASV-CRL da área de estudo com arquivos vetoriais.

Localidade	ASV-CRL declarada	ASV-CRL Analisados	% casos analisados	Casos sem análise	% casos sem análise
Estado do Tocantins	1328	320	24,1	1008	75,9
Municípios da Área de Estudo					
Araguaçu	56	14	7,2	42	21,5
Santa Rita do Tocantins	25	20	10,3	5	2,6
Pium	32	19	9,7	13	6,7
Lagoa da Confusão	34	13	6,7	21	10,8
Sandolândia	22	7	3,2	15	6,9
Cristalândia	19	10	5,1	9	4,6
Formoso do Araguaia	18	4	2,1	14	7,2
Dueré	11	6	3,1	5	2,6
Total da área de estudo	217	93	42,9	124	57,1

Fonte: Autor

A sobreposição dos dados de mapeamento da ASV-CRL e as imagens multitemporais interpretadas visualmente permitiu mapear as áreas de supressão e remanescente de vegetação nativa. A **Tabela 6** elenca as áreas e as respectivas porcentagens das ASV-CRL-TO para o estado de Tocantins e as ASV-CRL para a área de interseção dos municípios selecionados para essa pesquisa. A **Tabela 6** analisa as áreas autorizadas nos atos administrativo, as áreas recalculadas com base no mapeamento das áreas autorizadas, e o resultado da análise multitemporal e a classificação das áreas com vegetação suprimida e nativa (remanescente). A diferença entre os dados dos atos administrativos da ASV-CRL-TO (128.905,24 ha) e os valores dos dados mapeados (124.375,38 ha) para o Tocantins é de 4.529,86 ha, e representa aproximadamente 3,5% da área total dos atos administrativos emitidos. Enquanto os dados das ASV-CRL para as bacias hidrográficas estudadas, os atos administrativos correspondem a 37.053,77 ha e o mapeamento de 34.329,05 ha, uma diferença de 2.724,72 ha que corresponde a aproximadamente a 7,4% da área total dos atos administrativos.

Tabela 6.

Análise das Autorizações de Supressão de vegetação com compensação de Reserva Legal no Estado do Tocantins (ASV-CRL-TO), Autorizações de Supressão de Vegetação com compensação Reserva Legal para a área de estudo (ASV-CRL) emitidas entre 2012 e 2014. Fonte: MPE elaborado pelo autor.

Localidade	Tipo	Ano			Total (ha)
		2012 (ha)	2013 (ha)	2014 (ha)	
Tocantins	ASV-CRL- TO Ato Administrativo	919,19 0,70%	11.621,85 9,00%	116.364,20 90,30%	128.905,24 100%
	ASVC- TO Polígonos Licenciados	901,53 0,70%	10.790,98 8,60%	112.682,87 90,60%	124.375,38 100%
	ASV-CRL- TO Supressão	854,35 0,70%	8.471,95 8,70%	76.491,10 61,50%	85.817,40 69%
	ASV-CRL- TO Remanescente	248,29 0,20%	2.117,99 1,70%	36.191,70 29,10%	38.759,92 31%
	ASV-CRL Ato Administrativo	656,26 1,77%	4.403,40 11,88%	31.994,11 86,53%	37.053,77 100%
	ASV-CRL Polígonos Licenciados	656,26 1,91%	4.351,66 12,68%	29.321,13 85,41%	34.329,05 100%
Área de estudo	ASV-CRL Supressão	636,88 1,86%	3.185,28 9,28%	19.098,54 55,61%	22.911,69 67%
	ASV-CRL Remanescente	19,38 0,06%	792,62 2,31%	10.603,49 30,89%	11.417,36 33 %

Fonte: Autor

No estado do Tocantins, com base na análise dos dados dos 320 casos sistematizados nessa pesquisa, foram registrados no ano de 2014 uma área de 112.682,870 hectares (90,6% do total de requisições de ASV-CRL-TO), dos quais 76.491,10 hectares (61,5% do total) tiveram a supressão de vegetação.

A área com polígonos de ASV-CRL da área estudada é de 34.329,05 hectares, (27,18%) da área de ASV-CRL-TO (**Tabela 6**). Desta área inventariada, 22.911,69 hectares (67%) sofreram supressão efetiva, enquanto 11.417,36 hectares (33%) permaneceram sem alterações significativas na cobertura vegetal nativa.

O ano de 2014 se destaca significativamente na quantidade de ASV-CRL, com um total de 84 solicitações, representando 90,32% do volume total de casos. De maneira similar, os processos com licença emitidas nesse ano também concentra a extensão da área desmatada, totalizando 19.098,54 hectares (**Tabela 4**), equivalendo a 83,35% do desmatamento registrado no período analisado. Ocorre uma ausência de solicitações e de desmatamento em alguns

municípios nos anos iniciais do período estudado. Sandolândia, Cristalândia e Formoso do Araguaia não registraram solicitações ou desmatamentos nos anos de 2012 e 2013, enquanto Araguaçu, Santa Rita do Tocantins e Dueré não apresentaram atividades no ano de 2012, e Pium, no ano de 2013.

Os municípios de Santa Rita do Tocantins e Pium registraram as maiores extensões de áreas solicitadas para ASV-CRL, alcançando 9.733,15 hectares e 6.497,58 hectares, respectivamente. Em contraposição, Sandolândia e Formoso do Araguaia apresentaram as menores áreas de ASV-CRL, com 523,28 hectares e 2.202,52 hectares, respectivamente. Em termos de percentual de área efetivamente desmatada em relação às ASV-CRL emitidas, Cristalândia lidera com 94,50% de sua área solicitada desmatada, seguido por Formoso do Araguaia com 79,10% e Araguaçu com 79,02%. Pium, por sua vez, apresenta o menor índice de desmatamento das áreas solicitadas, com apenas 41,38% de suas áreas solicitadas efetivamente desmatadas. Sandolândia com 96,70% de área efetivamente desmatada seria destaque, porém, seus dados foram considerados pouco significativo, visto que sua área desmatada é apenas de 506,03 ha.

O mapeamento e quantificação das áreas com suspeita de uso irregular de ASV-CRL para os municípios, foi dividida em três períodos (2012-2014), (2015-2018) e (2019-2022) mantendo o recorte temporal da análise por bacias. Os períodos (2012-2014) e (2015-2018) foram analisados com base no critério de data da emissão dos atos administrativos e seus respectivos quatro anos. O terceiro período (2019-2022) o critério foi avaliar a dinâmica de uso da terra e identificar quais os municípios que mantiveram a estratégia de conversão das áreas solicitadas anteriormente.

4.2 Resultados da análise da ASV no período 2012 a 2018 agregado por bacias hidrográficas

A análise de supressão de vegetação dos polígonos das ASV-CRL nas bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés foi dividida em três períodos. Os dois primeiros períodos, compreendidos entre 2012-2014 e 2015-2018, foram realizados para fins de verificação do quantitativo de desmatamento que efetivamente ocorreu, tendo como janela temporal o período de validade de quatro anos das ASV-CRL autorizadas. O terceiro período (2019-2022) teve como finalidade monitorar a continuidade ou não da estratégia de incorporação dessas áreas no sistema produtivo, mesmo após o prazo de validade dos atos emitidos entre 2012-2014 (**Tabela 7**).

Tabela 7.

Análise do desmatamento nas bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés no período de 2012-2018 com base mapeamento das Autorizações de supressão de Vegetação com compensação irregular de reserva legal (ASV-CRL)

Bacias Hidrográficas				
Ano	Rio Formoso	Riu Pium	Rio Javaés	total
2012	85,93	0,00	0,00	85,93
2013	225,15	432,30	326,53	983,98
2014	2.023,65	42,39	4,83	2.070,87
Total (12-14)	2.334,73	474,69	331,36	3.140,78
2015	5.186,14	3.309,70	580,21	9.076,05
2016	1.238,53	1.025,29	77,71	2.341,53
2017	1.346,84	465,41	224,26	2.036,51
2018	518,12	50,36	260,63	829,16
Total (15-18)	8.289,63	4.850,76	1.142,81	14.283,25
2019	2.186,42	0,00	0,00	2.186,42
2020	1.874,66	41,97	0,00	1.916,63
2021	605,07	0,00	288,67	893,74
2022	490,92	0,00	0,00	490,92
Total (19-22)	5.157,07	41,97	288,67	5.487,71
Total	15.781,43	5.367,42	1.762,84	22.911,69

Fonte: Autor

A **Tabela 7** permite afirmar que o desmatamento das ASV-CRL no ano de 2012 foi de pequeno volume, aumentou em 2013, é atinge o ápice em 2015, reduzindo nos períodos seguintes. O ano de 2015, com 14.283,25 ha correspondeu a 62,34% da área de supressão mapeada na pesquisa.

A análise do desmatamento das áreas anteriormente solicitadas pelas ASV-CRL entre os anos de 2019-2022 (**Tabela 7**) possibilita verificar a manutenção da estratégia de expansão da atividade agrícola. Os dados demonstram que as propriedades com ASV-CRL na bacia do rio Formoso mantiveram a tendência de conversão de área com a supressão de 5.157,07 ha, com destaque para os anos de 2019 com 2.186,42 ha e o ano de 2020, com 1.874,66 ha, que de acordo com a SEPLAN (2016), ocorreram devido a uma combinação de fatores, em especial, da política econômica e investimento que favorecia o desflorestamento para possibilitar o aumento da produção de commodities agrícolas como milho e soja, cujos valores se encontravam em alta no mercado devido a tendência de alta de demanda. O mesmo pode ser dito com relação ao avanço das commodities pecuárias.

A bacia do rio Formoso com um total de 15.781,43 ha de área suprimida (68,8%) do

total, seguida da bacia do Rio Pium, com 5.367,42 ha (23,74%), totalizam uma área de 21.148,85 ha (92,3%) da área total e indicam a área de pressão para conversão de áreas nativas nessas bacias.

A **Tabela 7** permite inferir sobre a supressão de vegetação nas três bacias e analisar a pressão do desmatamento com base nas ASV-CRL para as suas respectivas sub-bacias. A área seccionada dos municípios na bacia do rio Formoso aponta que foram solicitadas para supressão uma área de 22.974,50 ha, o que corresponde a 66,92% da área total de solicitações dos 93 casos analisados. A conversão de áreas para uso agrícola e pastagem apresentam um relativo equilíbrio na taxa de área suprimida, 11.715,85 ha para uso agrícola e 11.195,84 ha para pastagem.

No entanto, com base na dinâmica de conversão de áreas de pastagem em área de uso agrícola no Brasil e especialmente nas áreas situadas na planície aluvial das várzeas tropicais, torna-se necessário o monitoramento da mudança de uso das áreas de pastagem em áreas agrícolas o que resultará em breve no aumento da demanda de recursos hídricos na bacia hidrográfica dos rios Formoso e Pium.

Tabela 8.

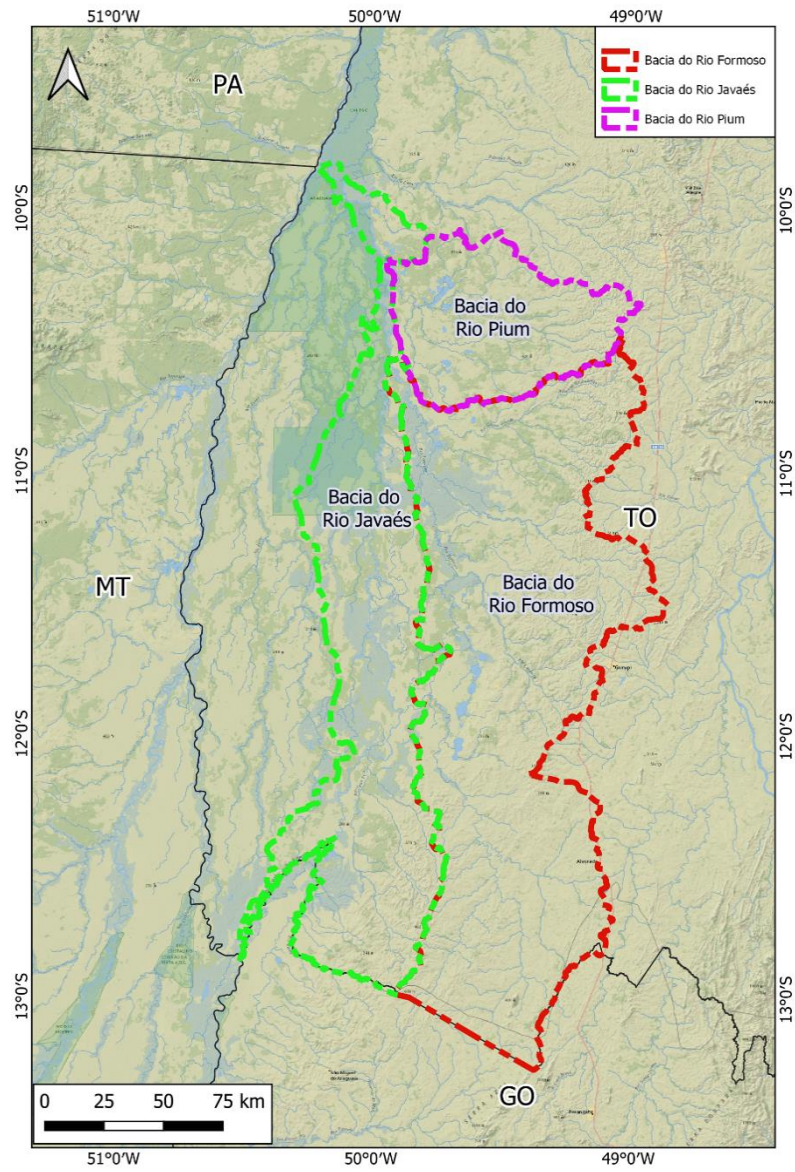
Análise do uso atual da terra nas áreas de Autorização de Supressão de Vegetação com uso irregular de compensação de Reserva Legal nas bacias hidrográficas da área de estudo.

Bacia Hidrográfica	Uso agrícola (ha)	Pastagem (ha)	Nativo (ha)	Total (ha)
<i>Rio Formoso</i>	8.331,42	7.450,01	7.193,07	22.974,50
<i>Rio Pim</i>	2.387,92	2.979,50	3.959,45	9.326,87
<i>Rio Javaés</i>	996,51	766,33	264,84	2.027,68
Total	11.715,85	11.195,84	11.417,36	34.329,05

Fonte: Autor

Figura 11.

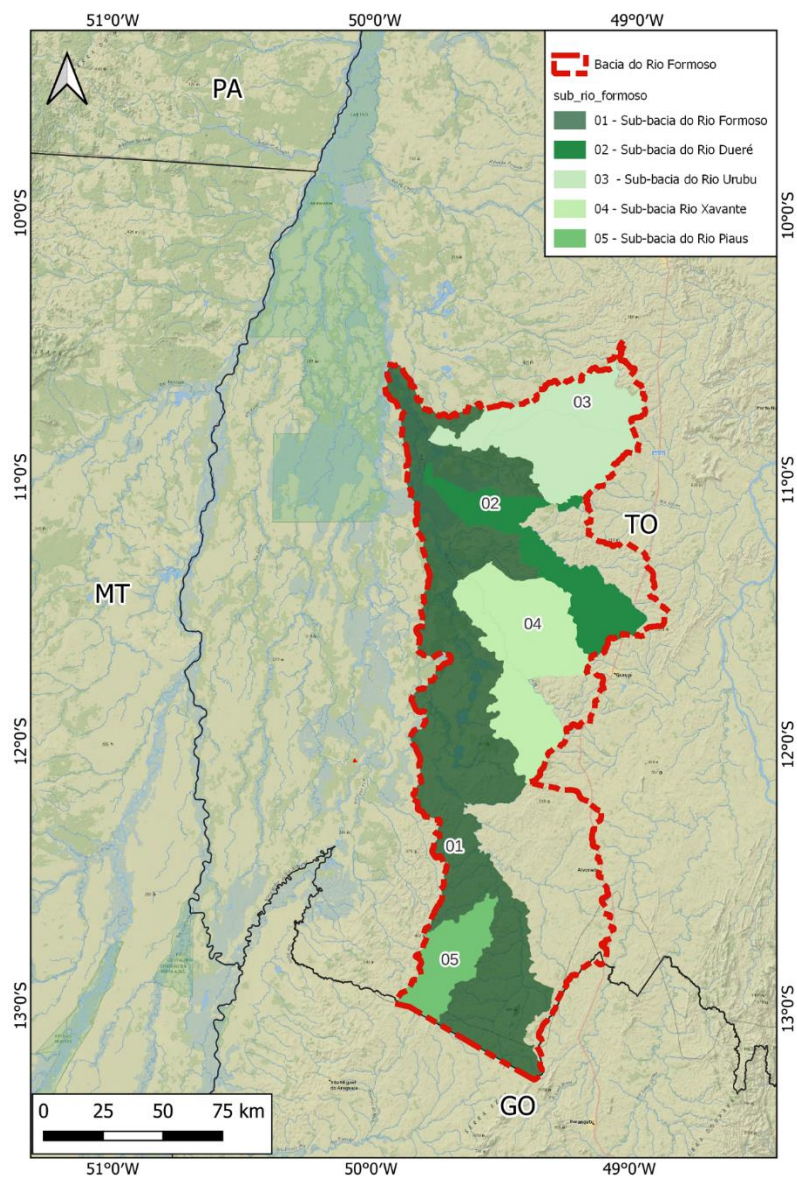
Localização das Bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés.



Fonte: Autor.

Figura 12.

Localização das sub-bacias do rio formoso.



As sub-bacias dos rios Dueré, Formoso, Urubu e Xavante, pertencentes a bacia hidrográfica do rio Formoso apresentou um total de 8.331,42 ha de áreas convertidas para uso agrícola e 7.450,00 ha de áreas convertidas para pastagem o que evidencia a pressão do desmatamento irregular com base na emissão de ASV-CRL na bacia.

Tabela 9.

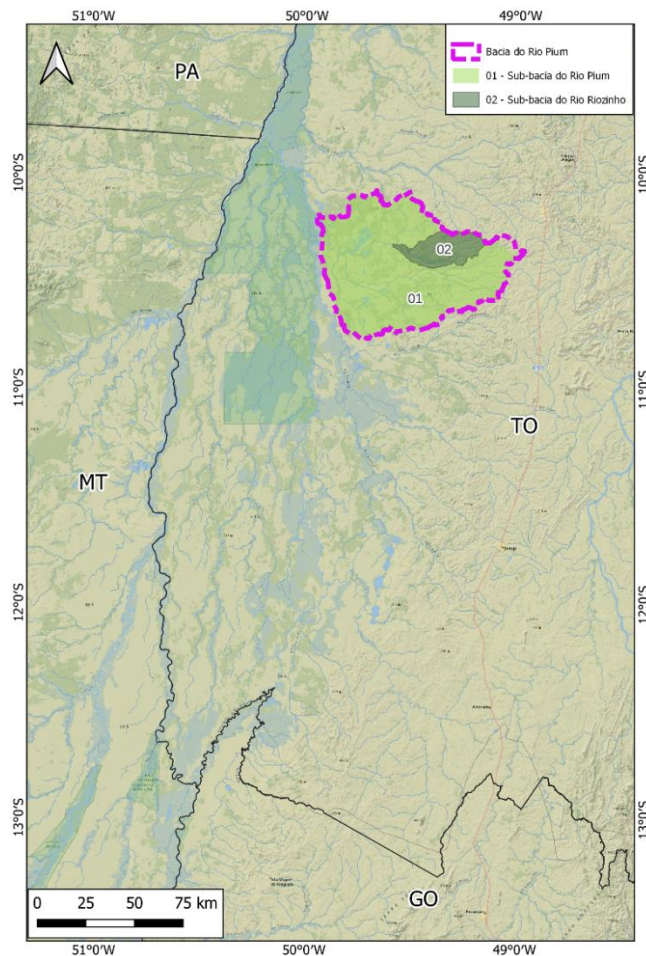
Análise de mudança de uso da terra das ASV-CRL na sub-bacia do rio Formoso.

<i>Bacia Rio Formoso</i>	Uso agrícola (ha)	Pastagem (ha)	Nativo (ha)	Total (ha)
<i>Sub-bacia Rio do rio Dueré</i>	2.214,75	0	1.415,39	3.630,14
<i>Sub-bacia Rio Formoso</i>	3.808,47	3.210,46	3.800,89	10.819,82
<i>Sub-bacia Rio Piaus</i>	0	1.492,03	591,26	2.083,29
<i>Sub-bacia Rio Urubu</i>	1.350,58	1.046,41	1.027,79	3.424,78
<i>Sub-bacia Rio Xavante</i>	957,62	1.701,11	357,74	3.016,47
Total	8.331,42	7.450,01	7.193,07	22.974,50

A bacia do rio Pium na área do estudo é constituída dos rios Pium e Riozinho, no entanto, só foram identificados casos de ASV-CRL na sub-bacia do rio Pium, com uma conversão de área de 2.387,93 ha para plantio e 2.975,50 ha para pastagem, o que também evidencia o impacto do desmatamento e a futura pressão por uso dos recursos hídricos na bacia com a contribuição de desmatamento irregular com base na emissão de ASV-CRL.

Figura 12

Mapa de localização sub-bacias do Rio Pium



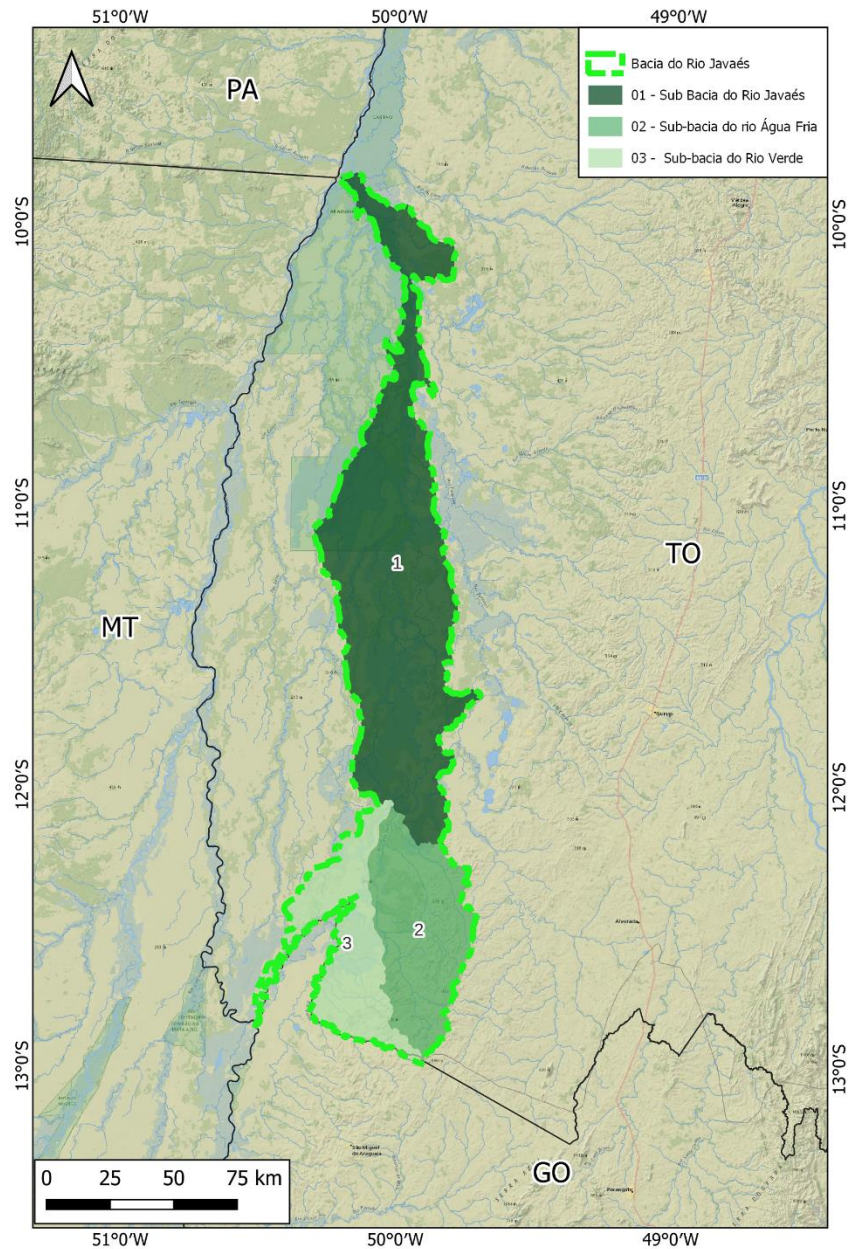
Fonte: Autor

Tabela 10.

<i>Bacia Rio Pium</i>	Uso agrícola (ha)	Pastagem (ha)	Nativo (ha)	Total (ha)
<i>Sub-bacia do Rio Pium</i>	2.387,93	2.979,50	3.959,45	9.326,88
<i>Total</i>	2.387,93	2.979,50	3.959,45	9.326,88

Figura 13.

Mapa de localização sub-bacia do Rio Javaés



Fonte: Autor

As sub-bacias dos rios Água Fria e Javaés apresentaram uma alteração de 996,51 ha de área de uso agrícola e 766,34 há convertidos para pastagem, merecendo destaque a sub-bacia do Rio Javaés com a totalidade de áreas convertidas para uso agrícola.

Tabela 11.

Análise de mudança de uso da terra nas áreas mapeadas de ASV-CRL na sub-bacia do rio Javaés.

<i>Bacia Rio Javaés</i>	Uso agrícola (ha)	Pastagem (ha)	Nativo (ha)	Total (ha)
<i>Sub-bacia do rio Água Fria</i>	0	429,34	17,25	446,59
<i>Sub-bacia do Rio Javaés</i>	996,51	337	247,59	1.581,10
Total	996,51	766,34	264,84	2.027,69

4.3 Resultado da análise de ASV-CRL agregado por municípios analisados na pesquisa

A **Tabela 12** descreve a área total das ASV-CRL autorizada por município obtida nos dados declarados dos 217 casos identificados na área de estudo e a respectiva área mapeada dos 93 casos analisados na pesquisa. A área declarada das ASV-CRL emitida indica a solicitação de 73.902,51 ha na área de estudo. No entanto, foram analisados apenas 34.329,10 ha, isto é, cerca de 39.573,45 ha, que corresponde a um percentual 53,55% da área com solicitação para desmatamento não foram analisadas devido ao vazio de informações vetoriais dos dados de ASV-CRL o que indica que a pressão do desmatamento com uso de ASV-CRL tende a ser maior do que os 22.911,70 mapeados pela pesquisa. (**Tabela 12**).

Tabela 12.

Análise de área solicitada para supressão de Vegetação com compensação de Reserva legal por município. Área de Uso Alternativo (AUA) corresponde a soma das áreas de uso agrícola e pastagem (Suprimida²).

Nº casos solicitados/ Nº Casos analisados	Município	Declarada ¹ (ha)	Polígonos ² (ha)	Suprimida ² (ha)	Nativo ² (ha)	Plantio ² (ha)	Pastagem ² (ha)	Area não analisada (ha)
56 / 14	Araguaçu	11.906,79	4.448,39	3.515,28	933,11	-	3.515,28	7.458,40
25 / 20	Santa Rita do Tocantins	13.633,26	9.733,15	5.953,68	3.779,47	5.239,91	713,77	3.900,11
32 / 19	Pium	11.940,33	6.497,58	2.688,75	3.808,84	702,41	1.986,34	5.442,75
34 / 13	Lagoa da Confusão	11.566,53	4.068,27	3.105,10	963,17	2.191,23	913,87	7.498,26
22 / 07	Sandolândia	4.640,35	523,28	506,03	17,25	-	506,03	4.117,06
19 / 10	Cristalândia	8.489,64	3.691,51	3.488,59	202,92	1.945,49	1.543,10	4.798,13
18 / 04	Formoso do Araguaia	5.614,84	2.202,52	1.742,12	460,39	965,41	776,72	3.412,32
11/06	Dueré	6.110,77	3.164,35	1.912,14	1.252,21	671,41	1.240,73	2.946,42
217 / 93	Total	73.902,51	34.329,1	22.911,69	11.417,36	11.715,86	11.195,84	39.573,45

Fonte: Autor

Os dados da **Tabela 12** permite inferir que o município de Araguaçu liderou em número de solicitações de ASV-CRL, totalizando 56 pedidos, enquanto Dueré registrou o menor volume, com apenas 11 solicitações. No entanto, ao analisar a disponibilidade de dados vetoriais dos polígonos, os destaques são os municípios de Santa Rita do Tocantins (20), Pium (19), em contraste com Dueré (6) e Formoso do Araguaia (4). Quando considerada a proporção de solicitações que dispõem de dados vetoriais, Santa Rita do Tocantins sobressai com 80% de suas solicitações acompanhadas de dados digitais, seguido por Pium 59,38%, Dueré com 54,55% e Cristalândia com 52,63%. Os municípios de Formoso do Araguaia com 22,2% e Araguaçu com 25% foram os municípios com menor % de identificação de arquivos vetoriais em comparação com os dados tabulares suspeitos por município.

O resultado da análise da dinâmica do desmatamento das ASV-CRL no período (2012 a 2014) apresentado na **Tabela 13** identifica que o município com maior desmatamento de ASV-CRL foi Araguaçu com 1.241,37 ha, esse período acumulou um desmatamento de 3.142,72 ha para a área de estudo. Os municípios com maior área suprimida no período entre 2015 e 2018 foram Santa Rita do Tocantins com 3.193,52 ha, seguido de Cristalândia com 3.171,70 ha, Pium com 2.205,05 ha, Lagoa da Confusão com 2.135,32 h e Araguaçu com 2.034,37 ha. A área total de supressão no período é de 14.283,28 ha e corresponde a 62,34% do total da área desmatada no intervalo de tempo de 2012 a 2022. A soma das áreas desmatadas nos períodos 2012-2014 e 2015-2018 resulta em uma área de 17.424,00 e corresponde a 76,05 da área suprimida no período 2012-2022.

Na **Tabela 13** também pode ser observado que o ano de 2015 foi o período com maior desmatamento, com uma área de 9.076,05 ha correspondente a 52,09% da área desmatada no período de 2012-2018 e 39,61% da área total suprimida no período 2012-2022, com destaque para os municípios de Cristalândia com 2.636,89 ha e Santa Rita do Tocantins com 2.421,07 ha de áreas suprimidas.

Tabela 13.

Dinâmica de desmatamento das áreas de Autorização de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva legal (ASV-CRL) nos municípios da área de estudo no período de 2012 a 2018

Ano	Araguaçu	Santa Rita do Tocantins	Pium	Lagoa da Confusão	Sandolândia	Cristalândia	Formoso do Araguaia	Dueré	Total
2012	0,00	435,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	435,07
2013	63,28	141,77	330,62	0,00	0,00	0,00	0,00	5,67	541,34
2014	1.178,09	142,11	111,21	361,37	76,70	210,53	84,30	0,00	2.164,38
Sub-Total (12-14)	1.241,37	718,95	441,83	361,37	76,70	210,53	84,37	5,67	3.140,79
2015	1.633,57	2.421,07	1.203,95	421,84	383,87	2.636,89	374,86	0,00	9.076,05
2016	67,77	382,56	944,58	226,89	45,47	327,97	174,14	172,15	2.341,54
2017	225,41	181,48	49,07	1.225,94	0,00	163,92	125,09	65,69	2.036,60
2018	107,62	208,41	7,45	260,65	0,00	42,92	18,26	183,85	829,16
Sub-Total (14-18)	2.034,37	3.193,52	2.205,05	2.135,32	429,34	3.171,70	692,29	421,69	14.283,35
2019	71,62	77,35	0,00	0,00	0,00	0,00	920,31	1.117,13	2.186,42
2020	0,00	1.829,56	41,87	0,00	0,00	0,10	45,10	0,00	1.916,63
2021	46,09	132,98	0,00	608,42	0,00	106,25	0,00	0,00	893,74
2022	121,83	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	367,75	490,91
Sub-Total (18-22)	239,54	2.041,22	41,87	608,42	0,00	106,35	965,41	1.484,88	5.487,70
Total	3.515,28	5.953,69	2.688,75	3.105,11	506,04	3.488,58	1.742,00	1.912,24	22.911,69

Fonte: Autor

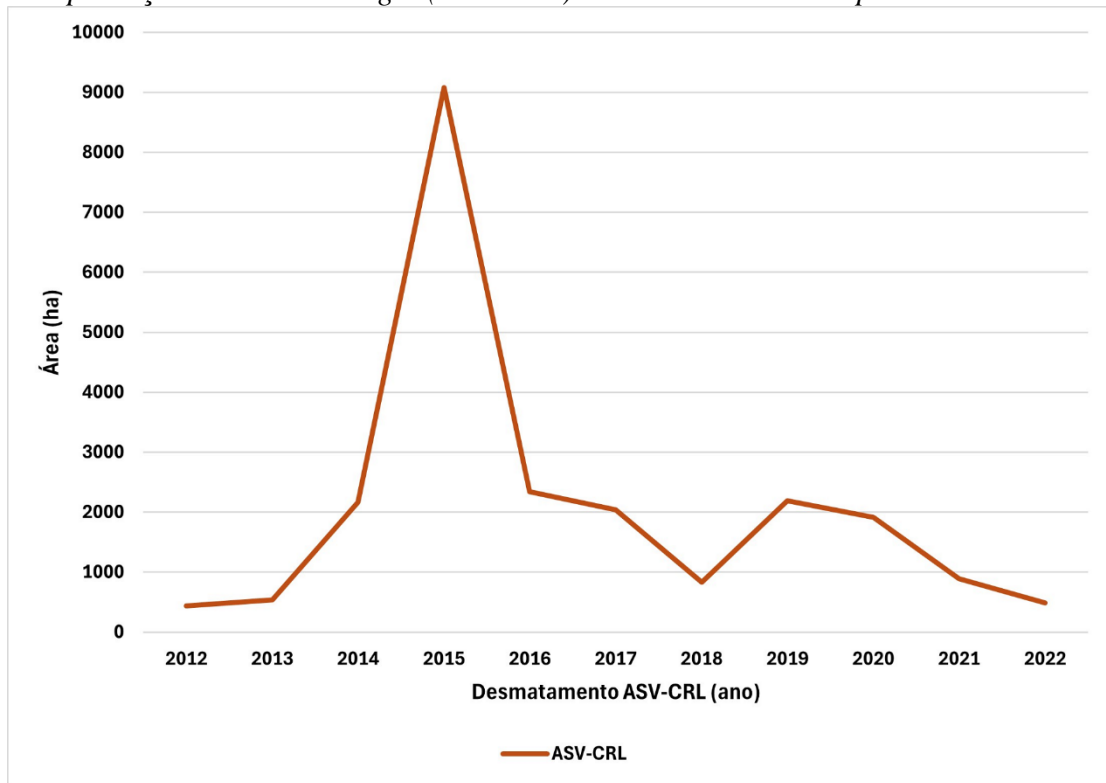
No período (2019 a 2022) da **Tabela 13** evidencia que os municípios com maior desmatamento foram Santa Rita do Tocantins com 2.041,23 ha, seguido de Dueré com 1.484,88 ha. A área total de supressão no período é de 5.487,70 ha e corresponde a 23,95 % do total da área desmatada entre 2012-2022.

Os anos de 2019 e 2020 (**Tabela 13**) são aqueles com maior desmatamento no período (2019 a 2022) com uma área de 2.186,45 ha e 1.916,63 ha respectivamente, o que correspondente a 81,5% da área desmatada no período de (2019-2012), com destaque para o município de Dueré com 1.117,13 ha de desmatamento em 2019 e Santa Rita do Tocantins em 2020 com uma área de supressão de 1.829,56 ha.

A **Figura 15 e 16** evidenciam os aumentos do desmatamento no ano de 2012, o pico de desmatamento entre os anos 2014 e 2015 e a retomada do desmatamento nos municípios de Formoso do Araguaia e Dueré nos anos de 2019 e no município de Santa Rita do Tocantins no ano de 2020.

Figura 15

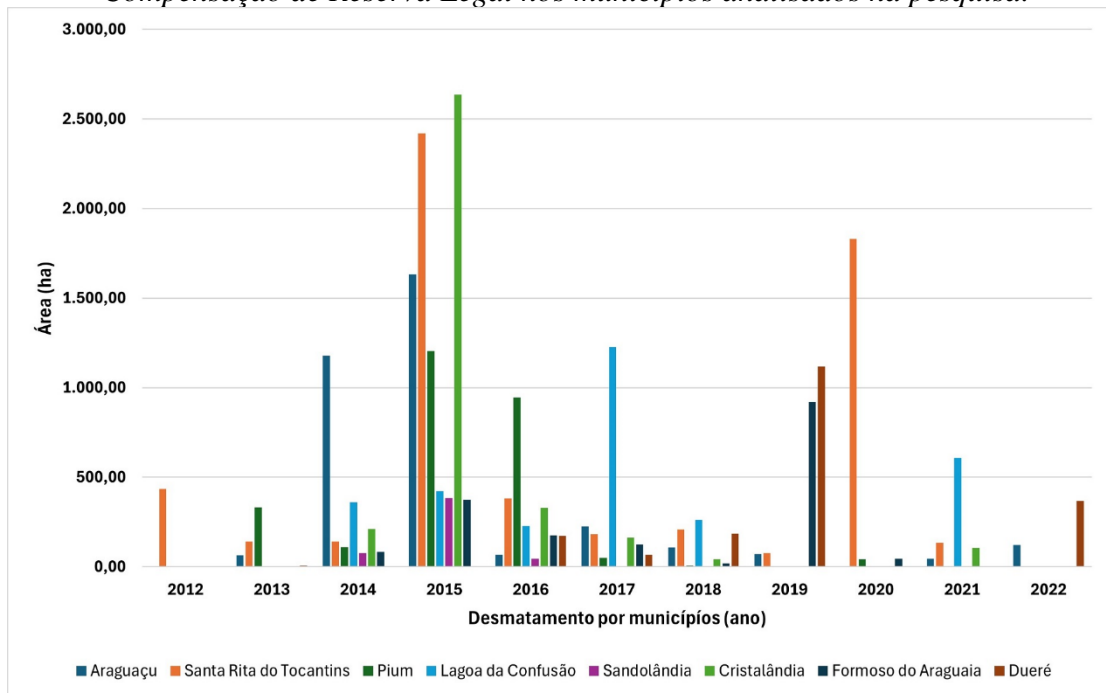
Dinâmica de desmatamento com Autorizações de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal (ASV-CRL) na área de estudo no período de 2012 a 2022.



Fonte: Autor

Figura 16

Dinâmica de desmatamento com Autorizações de Supressão de Vegetação com Compensação de Reserva Legal nos municípios analisados na pesquisa.



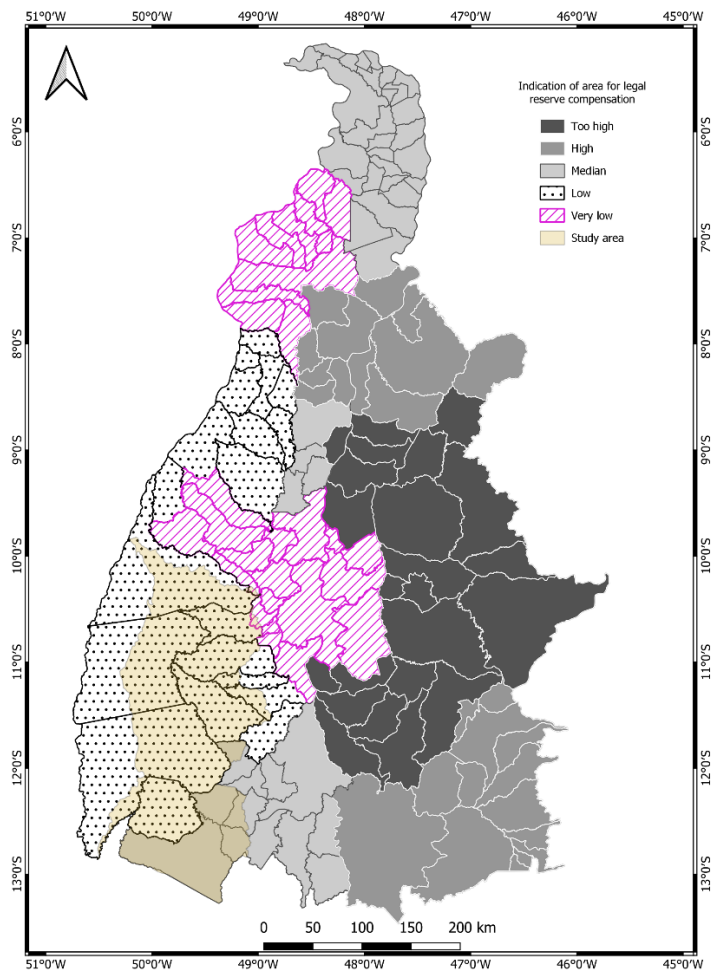
Fonte: Autor

4.4 A estratégia do desmatamento e Compensação de Reserva Legal no Estado do Tocantins

A **Figura 17** apresenta a reclassificação das classes de MRT em 5 categorias de interesse para compensação de RL (muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo) com base nos valores do preço médio da terra. As áreas com menor preço da terra e maior interesse econômico para compensação de RL concentram em duas regiões: (a) Sudeste do Tocantins, nos municípios de Arraias, Paranã e Natividade, caracterizado por relevo bastante dissecado, e elevado déficit hídrico anual; (b) região do Jalapão na porção Leste do Tocantins, predominando solos frágeis (neossolos quartzarênicos) e grande vazio demográfico. Essas duas regiões compartilham características comuns, como a presença de comunidades tradicionais, agricultores familiares de baixo poder aquisitivo, além de serem alvo de reivindicações por comunidades quilombolas.

Figura 17

Mapa de identificação da destinação de áreas para compensação de RL no estado do Tocantins (51°W – 48°W, 3°S – 12°S) com base no RAMRT-TO.

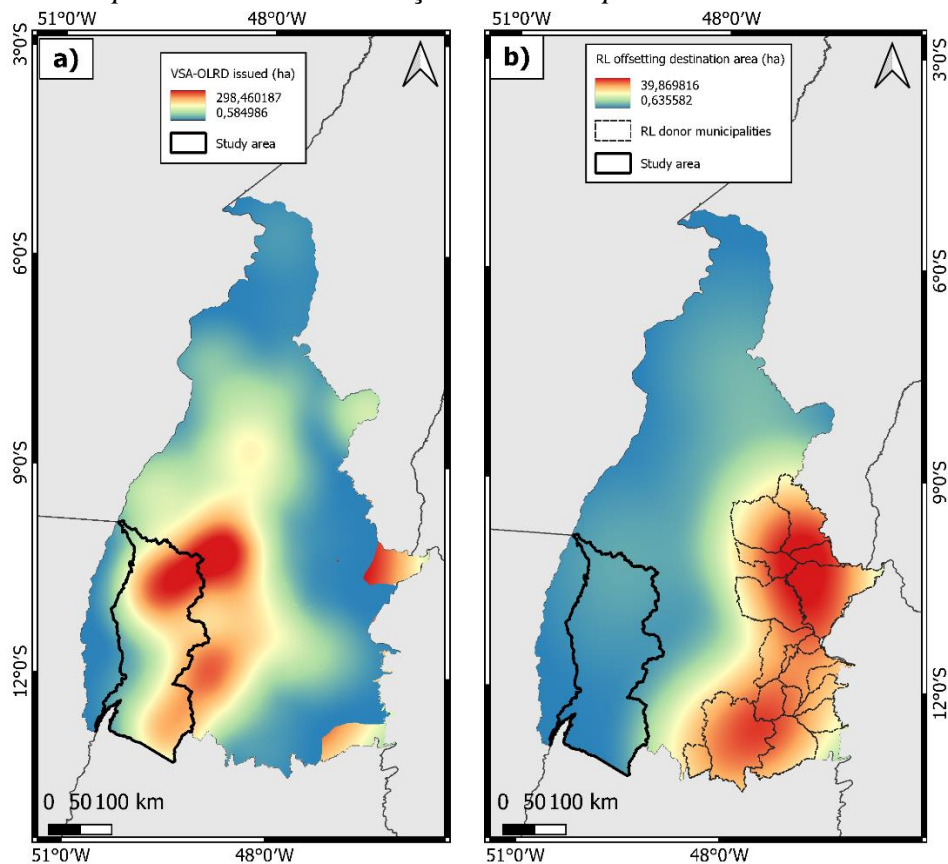


Fonte: Autor, adaptado (Inkra, 2018)

A **Figura 18** demonstra a densidade de ASV-CRL-TO emitidas com uso irregular de compensação de RL no Tocantins no período 2012-2014 e os municípios com maior destinação de RL compensada. Os resultados evidenciam a lógica de mercado de terras. As áreas adquiridas e/ou propostas como doadoras de RL para compensação tendem a ocorrer nas regiões do Jalapão e sudeste do Tocantins, onde o valor da terra nua e/ou das benfeitorias é relativamente baixo. Em contraposição, as áreas com maior valor da terra estão localizadas nas regiões com características edafoclimáticas favoráveis, onde estão presentes a agricultura intensiva e uma infraestrutura instalada (rodovias, ferrovia, assistência técnica mais próxima, silos para armazenagem de grãos, projetos de perenização de recursos hídricos), foram os locais no estado com maior incidência de pedidos de ASV-CRL. Consequentemente, as propriedades localizadas em áreas agricultáveis efetuaram os seus processos de ASV-CRL com compensação de RL em regiões de menor aptidão agrícola e menor valor econômico, consoante com a dinâmica do mercado de terras.

Figura 18.

(a) Mapa de densidade das propriedades com ASV emitidas com uso irregular de compensação de RL no Tocantins entre os anos de 2012 e 2014, (b) Mapa de densidade dos municípios com maior destinação de RL compensada no Estado do Tocantins.



Fonte: Autor

4.5 Relação das Compensação, o Mercado de Terras e suas implicações socioeconômicas e ambientais nos municípios afetados

A análise dos dados revelou que as solicitações para desmatamento utilizando o mecanismo ASV-CRL no Tocantins concentraram-se nas áreas da bacia do Araguaia onde a agricultura já está bem estabelecida, especialmente naquelas com condições edafoclimáticas mais favoráveis. Assim sendo, as regiões economicamente valorizadas das bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés direcionaram as compensações de RL para áreas do Jalapão e sudeste do Tocantins, que possuem menor valor econômico. Esta prática representa uma estratégia rentável para os proprietários rurais, permitindo-lhes maximizar os lucros com a agricultura em terras férteis e, simultaneamente, investir gradualmente em áreas de menor valor econômico para compensação.

Entretanto, no Brasil estudos desenvolvidos por (Russo Lopes et al., 2021) demonstram que a aplicação da compensação de RL tem gerado sobreposições em áreas habitadas por comunidades tradicionais, territórios quilombolas, unidades de conservação e terras de posseiros, desencadeando conflitos agrários e incentivando o deslocamento de pequenos proprietários para áreas urbanas, sob pressão do mercado de terras. Essa dinâmica altera profundamente o perfil socioeconômico dos municípios afetados, comprometendo atividades econômicas tradicionais, como a extração de recursos e a pecuária extensiva, afetando a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico local. As áreas que antes serviam para a pecuária extensiva e agricultura de subsistência da população local, ao serem adquiridas por novos proprietários e categorizadas como áreas de proteção ambiental, têm seu uso restrito, alterando significativamente as dinâmicas locais e regionais.

Portanto, o estudo demonstra que o aumento dos preços da terra após a conversão da vegetação nativa juntamente com o ganho produtivo estabelece uma estratégia da compensação ambiental, em que os interesses econômicos sobrepõem os ecológicos. Esta tendência desconsidera inicialmente os princípios básicos de equilíbrio ecológico e progredi até eventuais ocorrências de ilícitos (Aklin et al., 2014; Brancalion et al., 2016a; de Camargo Neto et al., 2022; Reydon et al., 2014). Esse cenário de vantagens produtivas e financeiras em detrimento da sustentabilidade e da preservação ambiental, demonstra a necessidade de reavaliar as políticas de compensação para assegurar a proteção efetiva dos ecossistemas naturais.

Por fim, a ausência de um banco de dados geoespacial que sistematize e correlacione os processos das áreas receptoras e doadoras de RL é outro fator que dificulta o monitoramento e a identificação das áreas que solicitaram de forma indevida a ASV-CRL. Portanto, a falta de

uma sistematização e a dinâmica de desmatamento do Bioma Cerrado no Estado do Tocantins pode proporcionar ações de desmatamentos nas áreas alocadas para as compensações de RL.

4.6 Impacto da emissão de ASV-CRL nas bacias hidrográficas dos rios Formoso, Pium e Javaés e a demanda por recursos hídricos.

Estudos conduzidos por Moraes et al. (2017) apontam diversos impactos ambientais decorrentes dos projetos de irrigação das várzeas do Araguaia, incluindo a construção de barragens nos cursos d'água, a remoção mecânica da cobertura vegetal, o bombeamento de água para irrigação, a construção de infraestrutura necessária para a irrigação e a sistematização do terreno para uso agrícola.

De acordo com Vergara et al. (2023), o conflito pelo uso da água na agricultura entre grandes e médios produtores de grãos na bacia do rio Formoso é iminente, uma vez que a demanda pelo uso da água para irrigação cresce, gerando disputas entre os produtores. A **Tabela 14** evidencia a expansão da área agrícola na área de estudo na última década e reforça a necessidade de ampliar os instrumentos de comando e controle da outorga para as bacias dos rios Pium e Javaés, para fins de minimizar o conflito hídrico iminente. Na bacia do rio Formoso, as sub-bacias do rio Formoso com um aumento de 20.298,40 ha e a sub-bacia do rio Dueré com um aumento de 10.552,43 ha na última década demonstram a pressão nessas áreas, principalmente na questão referente a disponibilidade hídrica da bacia para irrigação.

Tabela 14.

Análise do aumento de área de plantio irrigado entre os anos de 2012 e 2022 com base nas classes de arroz e soja da coleção Mapbiomas 8 para as áreas de várzea tropical nas bacias hidrográficas da área de estudo.

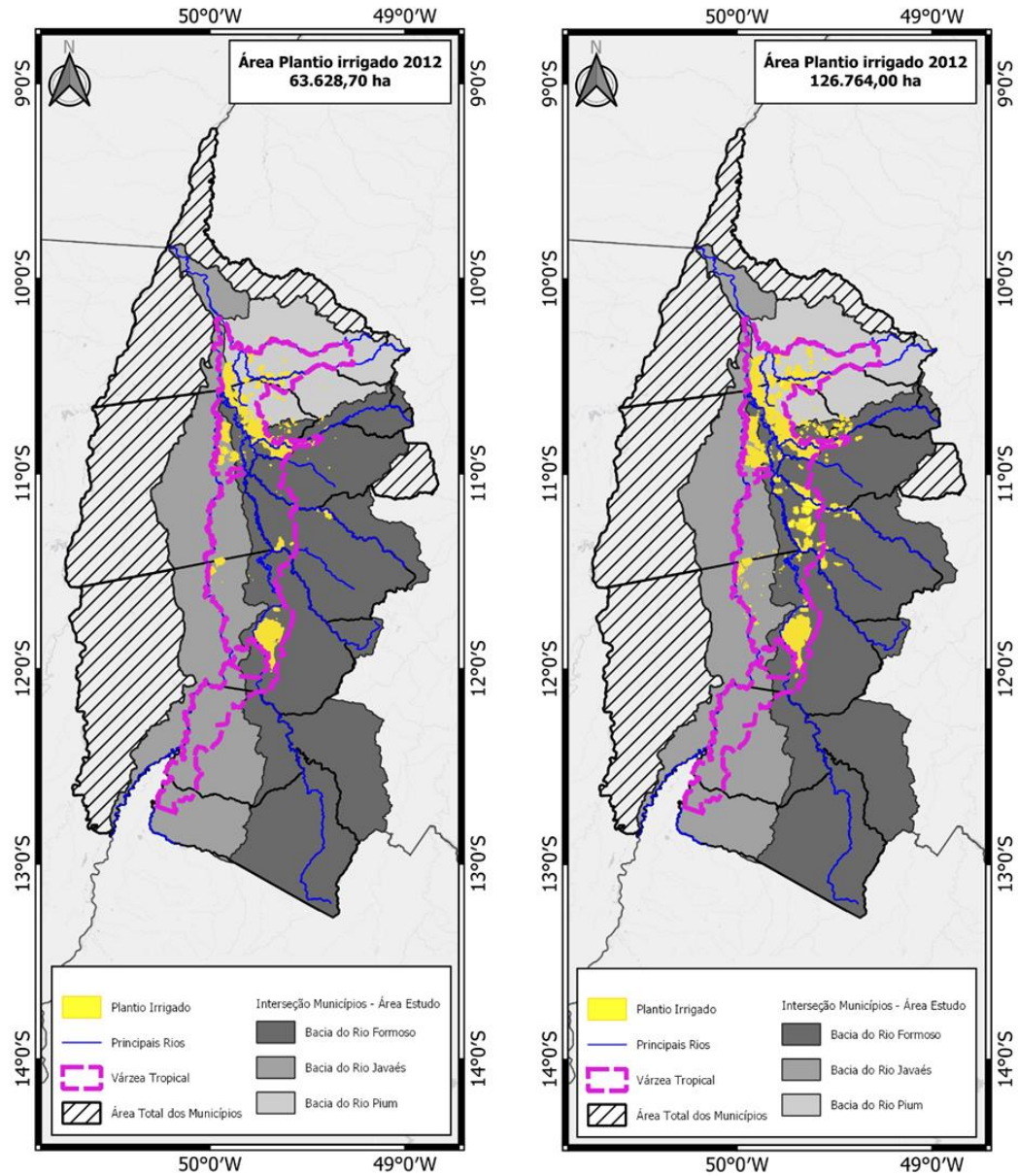
Bacia Hidrográfica	Área de Plantio irrigado 2012	Área de Plantio irrigado 2022	Aumento área	%Aumento área
<i>Rio Formoso</i>	37.212,61	76.469,60	39.256,99	105,49%
<i>Rio Pim</i>	14.957,68	31.081,17	16.123,49	107,79%
<i>Rio Javaés</i>	11458,38	19.213,29	7.754,91	67,68%
Total	63.628,67	126.764,06	63.135,39	99,22%
<i>Bacia Rio Formoso</i>				
<i>Sub-bacia Rio do Rio Dueré</i>	944,23	11.496,66	10.552,43	1117,57%
<i>Sub-bacia Rio Formoso</i>	28.304,34	48.602,74	20.298,40	71,71%
<i>Sub-bacia Rio Urubu</i>	6.972,20	12.295,42	5.323,22	76,35%
<i>Sub-bacia Rio Xavante</i>	991,85	4.074,79	3.082,94	310,83%
Total	37.212,62	76.469,61	39.256,99	105,49%
<i>Bacia Rio Pium</i>				
<i>Sub-bacia do Rio Pium</i>	14.957,68	31.081,17	16.123,49	107,79%
Total	14.957,68	31.081,17	16.123,49	107,79%
<i>Bacia Rio Javaés</i>				
<i>Sub-bacia do Rio Javaés</i>	11.458,38	19.213,29	7.754,91	67,68%
Total	11.458,38	19.213,29	7.754,91	67,68%

Fonte: Autor

O mapeamento da expansão das áreas de plantio irrigado (**Figura 16**) evidencia que as áreas de maior pressão são as áreas situadas nas várzeas tropicais e localizadas na planície aluvial dos principais rios das bacias hidrográficas da área de estudo. Em termos percentuais de aumento da área de plantio irrigado, a sub-bacia do rio Dueré, com um aumento de 1.117,57 %, a sub-bacia do rio Xavante com 310,83%, ambos na bacia do Rio Formoso e, o rio Pium (bacia do Rio Pium) com um aumento de 107,79% aponta as áreas de maior pressão nas bacias. O aumento dessas áreas de plantio, resultante dos desmatamentos e incorporação dessas áreas ao sistema produtivo resultou no aumento da demanda por recursos hídricos na região.

Figura 19.

Expansão da área de plantio irrigado na área de estudo entre os anos de 2012 e 2022. Adaptado pelos autores dos dados de mapeamento da cobertura da terra Mapbiomas Coleção 8.



Fonte: Autor

A pesquisa identificou que a intensificação dos questionamentos da sociedade junto ao Ministério Público do Tocantins e sua atuação mais efetiva na região passou a ocorrer após a incidência de eventos climáticos extremos (estiagem) na bacia do rio Formoso entre os anos de 2015-2016. As denúncias apresentadas durante esse período questionaram diversos aspectos, incluindo a construção de barragens nos cursos d'água dos rios Formoso, Dueré e Urubu, o uso excessivo de irrigação durante a estiagem e a legalidade dos desmatamentos realizados com

base no instrumento de compensação de RL.

As decisões judiciais proferidas pela comarca de Cristalândia, como resultado da atuação do Ministério Público Estadual, visaram restabelecer a governança territorial e a gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Formoso. No âmbito do processo nº 0001070-72.2016.827.2715, foram estabelecidas as seguintes medidas: (a) criação do programa de monitoramento do uso dos recursos hídricos, denominado Gestão de Alto Nível, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal do Tocantins; (b) determinação judicial para a análise do Cadastro Ambiental Rural das principais propriedades produtoras localizadas na bacia do rio Formoso; e (c) imposição da obrigação de recomposição das áreas nativas ilegalmente suprimidas com base no uso da Autorização de Supressão de Vegetação com Compensação de RL (ASV-CRL) nas bacias dos rios Formoso e Pium.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

A análise e interpretação dos dados provenientes deste estudo revelam que a sistematização dos registros de Autorização de Supressão de Vegetação (ASV-CRL) com a aplicação do mecanismo de compensação de RL solicitadas entre os anos de 2012 e 2014 foram executadas de forma irregular, com base na utilização inadequada da compensação da RL. Estas práticas irregulares resultaram em expansões significativas das áreas destinadas ao cultivo irrigado, acarretando uma maior demanda por recursos hídricos na área de estudo. Este cenário desencadeou conflitos relacionados à disponibilidade hídrica na bacia, culminando no aumento de litígios judiciais ao longo da última década, os quais envolveram diversos atores, como o Ministério Público Estadual (MPE), o órgão ambiental, o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Formoso e o setor do agronegócio.

Durante o período compreendido entre os anos de 2012 e 2018, a pesquisa constatou a supressão total de vegetação nativa abrangendo uma área de 17.424,14 hectares (ha), representando 76,05% do total da área requisitada para supressão. A pesquisa destaca que o ano de 2015 se distinguiu por apresentar a maior incidência de desmatamento, com uma área suprimida de aproximadamente 9.076,05 ha, evidenciando-se como o período de máxima execução de atividades de desflorestamento na área de estudo. Por sua vez, o ano de 2014 se destacou como o período de maior emissão de Autorizações de Supressão de Vegetação (ASV-CRL).

Os picos de desmatamento para o Bioma Cerrado, identificados pelo sistema PRODES no intervalo temporal entre os anos de 2012 e 2015, alinham-se com os resultados obtidos na presente investigação, reforçando o papel adverso do Estado no incremento do desmatamento irregular nesse bioma. Essas constatações, respaldadas em análises multitemporais de uso da terra, denotam a necessidade de medidas mais efetivas e estratégias de gestão ambiental para mitigar o avanço da degradação ambiental e promover a conservação dos recursos naturais no Bioma Cerrado.

Na contraparte do impacto derivado da irregularidade no emprego da compensação da RL, destaca-se o impacto socioambiental das áreas de compensação de RL alocadas predominantemente nos municípios integrantes da região do Jalapão e da região sudeste do estado do Tocantins. Parte dessas compensações pode sobrepor áreas de Unidades de Conservação, territórios quilombolas e/ou em áreas sujeitas a processo de reconhecimento para tais propósitos, bem como em territórios ocupados por pequenos proprietários rurais e/ou posseiros que há décadas habitam essas localidades. A interseção territorial entre essas áreas e

as RL compensadas nessas regiões tende a intensificar os conflitos agrários locais e, adicionalmente, a impactar adversamente o desenvolvimento de atividades econômicas de subsistência conduzidas por tais comunidades, como as lavouras de subsistência e a pecuária extensiva. Isso ocorre em virtude do potencial reenquadramento dessas áreas como de uso sustentável, sujeitas a regulamentação específica e restrita ao cumprimento de plano de manejo, conforme preconizado pela legislação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Deste modo, a confirmação dessas compensações como áreas ambientalmente protegidas na modalidade de RL pode acarretar implicações significativas para as comunidades locais, influenciando diretamente suas práticas de uso da terra e sua subsistência. Esta dinâmica evidencia a complexidade das interações entre políticas ambientais e práticas agrárias, ressaltando a necessidade de abordagens integradas e participativas para o manejo sustentável dos recursos naturais e o desenvolvimento socioeconômico das regiões afetadas.

O estudo evidenciou a fragilidade e a suscetibilidade à prática de ilícitos por parte de agentes públicos no que tange à aplicação da legislação ambiental, em decorrência de uma possível influência de agentes econômicos sobre o órgão ambiental do Tocantins (Naturatins), órgão responsável pela regulação ambiental no estado. Esta influência política tem se refletido na concessão irregular de licenciamentos ambientais para uma série de atividades, incluindo a emissão de Autorizações de Supressão de Vegetação (ASV) em discordância com as disposições legais federais pertinentes.

Os principais obstáculos identificados na pesquisa incluem: (a) divergência entre os valores das áreas emitidas nos atos administrativos e valores das áreas dos dados vetoriais das ASV-CRL; e (b) ausência de um banco de dados geoespacial para consulta e monitoramento das autorizações de supressão de vegetação. Essas fragilidades refletem os desafios do comando e controle do desmatamento no Brasil, que inclui a transparência, forma de acesso e sistematização das autorizações de supressão de vegetação pelos órgãos estaduais de meio ambiente e o repasse dessas informações para o IBAMA. A inconsistência entre os dados do mapeamento das ASV-CRL, atos administrativos emitidos (licenças) e ausência de informações geoespaciais sistematizadas em um banco de dados confiável e de fácil acesso para o monitoramento do desmatamento, viabiliza o uso irregular de instrumentos de compensação de RL e dificulta a identificação de possíveis irregularidades pelas instituições de comando e controle.

A carência de uma estrutura eficaz de governança no âmbito do Naturatins resulta em desalinhamentos entre a aplicação da legislação ambiental e os interesses dos setores econômicos, culminando em episódios de "insegurança jurídica". Tal situação tem sido instrumentalizada por uma parcela minoritária, porém influente, do agronegócio, que advoga pelo enfraquecimento da legislação ambiental e de sua eficácia, sob o pretexto de preservar a competitividade do setor. A ausência dessa base de dados de Autorização de Supressão de Vegetação geoespacial sistematizada, tem contribuído de forma negativa no ordenamento territorial e no monitoramento do licenciamento ambiental, tanto em escala nacional quanto, particularmente, no Estado do Tocantins. Esta conjuntura ressalta a necessidade premente de implementação de mecanismos robustos de controle e gestão de informações territoriais, visando aprimorar a eficácia e a transparência dos processos de tomada de decisão em matéria ambiental.

O estudo indica que o avanço do desmatamento no Bioma Cerrado no Estado do Tocantins tem sido significativamente respaldado pelo Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), que, paradoxalmente, falha no adequado licenciamento e monitoramento das atividades sobre as quais deveria exercer vigilância com primazia. Este cenário, onde o poder estatal autoriza de maneira irregular o desmatamento de áreas naturais que, por lei, devem integrar a RL dos imóveis rurais, resulta na redução das áreas de vegetação nativa nessas bacias hidrográficas, implicando, por conseguinte, na degradação e desgaste do bioma cerrado e na diminuição tanto na qualidade quanto na quantidade de recursos hídricos disponíveis nas bacias. Esta conjuntura, aliada às mudanças climáticas, intensifica o risco de colapso das atividades agrícolas irrigadas na área sob estudo.

Finalizando, sobre os objetivos específicos desta pesquisa, pode-se concluir que: se detectou e se quantificou com eficácia as alterações das reservas legais que estão em desacordo com as legislações de proteção à vegetação nativa nas propriedades rurais a partir de imagens de sensoriamento remoto e dos dados vetoriais das Autorizações de Supressão de Vegetação de compensação de Reserva Legal com indícios de irregularidade e Cadastro Ambiental Rural; se efetivou a análise da evolução multitemporal dessas localidades e se identificou os tipos de uso da terra; e se caracterizaram as regiões de origem e destino das compensações irregulares de RL, acompanhada de uma análise de sua relação com o mercado de terras.

Por consequência, pode-se afirmar que o objetivo geral desta pesquisa foi alcançado positivamente, que foi possível realizar uma avaliação das ações ilegais de compensação de Reserva Legal no Estado do Tocantins fundamentadas na Resolução COEMA 07/2005 e que

se encontravam em desacordo com a legislação de proteção à vegetação nativa, e da efetivação das emissões de compensações irregulares no período de 2012-2014.

Com respeito a novas e futuras investigações sobre o tema do instrumento de compensação de reserva legal, existem sinais para a necessidade de estudos que visem analisar, auxiliar e propor soluções para a estruturação de sistemas de informação que possibilitem um acesso facilitado aos dados de licenciamento ambiental. Além disso, se ressalta a importância de realizar um levantamento das áreas de desmatamento autorizadas na região do Matopiba durante o período de 2012 a 2015, especialmente com o propósito de identificar os imóveis que apresentam déficit de RL e que se utilizaram do mecanismo de compensação de RL como artifício para viabilizar o desmatamento ilegal e a expansão das áreas produtivas no Bioma Cerrado, em desacordo com a NPVN. Tais iniciativas visam promover a recomposição dos danos ambientais e a restauração das condições ambientais, com o objetivo de incrementar a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos e da biodiversidade neste bioma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andriushchenko, K., Datsii, O., Aleinikova, O., Abdulla, A., & Ali, A. (2019). Improvement of the water resources management system at the territorial level. *Problems and Perspectives in Management*. [https://doi.org/10.21511/ppm.17\(3\).2019.34](https://doi.org/10.21511/ppm.17(3).2019.34).
- Aklin, M., Bayer, P., Harish, S.P., Urpelainen, J., 2014. Who blames corruption for the poor enforcement of environmental laws? Survey evidence from Brazil. *Environ. Econ. Policy Stud.* 16, 241–262. <https://doi.org/10.1007/s10018-014-0076-z>
- Alarcon, G.G., Ayanu, Y., Fantini, A.C., Farley, J., Filho, A.S., Koellner, T., 2015. Weakening the Brazilian legislation for forest conservation has severe impacts for ecosystem services in the Atlantic Southern Forest. *Land use policy* 47, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.011>
- Almeida, Alfredo Wagner Berno de. Agroestratégias e desterritorialização: os direitos territoriais e étnicos na mira dos estrategistas dos agronegócios. In: ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno de. et. al. Capitalismo globalizado e recursos territoriais: fronteiras da acumulação no Brasil contemporâneo. Rio de Janeiro: Lamparina, 2010.
- Azevedo, A.A., Stabile, M.C.C., Reis, T.N.P., 2015. Commodity production in Brazil: Combining zero deforestation and zero illegality Commodity production in Brazil. *Elementa* 3, 1–12. <https://doi.org/10.12952/journal.elementa.000076>
- Babel, M. (2005). *Integrated Water Resources Management (IWRM)*. , 574–576. <https://doi.org/10.1002/047147844X.WR59>
- Barbosa, L.G., Alves, M.A.S., Grelle, C.E.V., 2021. Actions against sustainability: Dismantling of the environmental policies in Brazil. *Land use policy* 104, 105384. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105384>
- Benson, D., Gain, A., & Rouillard, J. (2015). Water Governance in a Comparative Perspective: From IWRM to a 'Nexus' Approach?. *Water alternatives*, 8, 756-773.
- Bertrand, F., Petit, S., Vergote, M., & Brayer, J. (2017). Design territorial et changement climatique : innover pour s'adapter à une ressource en eau incertaine. *Innovations*, 54, 41-63. <https://doi.org/10.3917/INNO.PR1.0019>
- Bezombes, L., Gaucherand, S., Kerbirou, C., Reinert, M.E., Spiegelberger, T., 2017. Ecological Equivalence Assessment Methods: What Trade-Offs between Operationality, Scientific Basis and Comprehensiveness? *Environ. Manage.* 60, 216–230. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0877-5>
- Bezombes, L., Kerbirou, C., Spiegelberger, T., 2019. Do biodiversity offsets achieve No Net Loss? An evaluation of offsets in a French department. *Biol. Conserv.* 231, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.004>
- Bispo, M. O. (2016). O CERRADO TOCANTINENSE: AGRONEGÓCIO E O PRODOESTE. *Produção Acadêmica*,1(1). <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/producaoacademica/article/view/1937>
- Brasil. Decreto n. 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código de Águas. Diário Oficial da União: seção 1, Rio de Janeiro, RJ, 23 jan. 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23793.htm. Acesso em: 13

jun. 2020.

- Brasil. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm. Acesso em 20 out. 2020.
- Brasil. Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os dispositivos das Leis n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, n. 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 27 ago. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm. Acesso em: 13 jun. 2020.
- Brasil. Decreto n. 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 23 jul. 2008. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm. Acesso em 25 out. 2020.
- Brasil. Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 2, 30 dez. 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm. Acesso em 10 nov. 2020.
- Brasil. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, n. 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e n. 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em 20 de out 2020
- Brancalion, P.H.S., Garcia, L.C., Loyola, R., Rodrigues, R.R., Pillar, V.D., Lewinsohn, T.M. (2016a). A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): Updates and ongoing initiatives. *Nat. e Conserv.* 14, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.003>
- Brancalion, P.H.S., Schweizer, D., Gaudare, U., Mangueira, J.R., Lamonato, F., Farah, F.T., Nave, A.G., Rodrigues, R.R. (2016b). Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. *Biotropica* 48, 856–867. <https://doi.org/10.1111/btp.12383>
- Brandes Júnior, F.J.P., Carneiro, B.M., dos Santos, H.G. (2021). A bacia hidrográfica como estratégia de atuação do Ministério Público do Estado do Tocantins e análise de sua efetividade no combate ao desmatamento ilegal do Bioma Cerrado, in: Freire, L.N.M., Gomes, T.S.B., Barbosa, V.G. (Eds.), *O Ministério Público e a Defesa Do Cerrado*. Conselho Nacional do Ministério Público – CNMP, Brasília, Federal District, Brazil, pp. 79–94.
- Bricknell, S. (2010). Environmental crime in Australia. AIC Reports. Research and Public Policies Series 109. Australian Institute of Criminology 2010. ISBN 978 1 921532 64 1. Disponível em: <https://www.publicsafety.gc.ca/lbrr/archives/cnmc-plng/cn10237-eng.pdf>
- Brunetti, I., Sabatier, R., Mouysset, L. (2023). A spatial model for biodiversity offsetting. *Ecol.*

- Modell.* 481, 110364. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110364>
- Cabral, L., Sauer, S., & Shankland, A. (2023). Introdução: Lutando pelo Cerrado—um olhar territorial sobre uma fronteira disputada. *IDS Bulletin*, 54(1). Disponível em: <https://bulletin.ids.ac.uk/index.php/idsbo/article/download/3202/3268?inline=1>
- Calizaya, A., Meixner, O., Bengtsson, L., & Berndtsson, R. (2010). Multi-criteria Decision Analysis (MCDA) for Integrated Water Resources Management (IWRM) in the Lake Poopo Basin, Bolivia. *Water Resources Management*, 24, 2267–2289. <https://doi.org/10.1007/S11269-009-9551-X>.
- Calvet, C., Napoléone, C., Salles, J.-M. (2015). The Biodiversity Offsetting Dilemma: Between Economic Rationales and Ecological Dynamics. *Sustainability* 7, 7357–7378. <https://doi.org/10.3390/su7067357>
- Campos, S.A.C., Bacha, C.J.C. (2016). O custo privado da reserva legal para os produtores agropecuários de São Paulo e Mato Grosso nos anos de 1995 e 2006. *Rev. Econ. e Sociol. Rural* 54, 71–87. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005401004>
- Campos, S.A.C., Bacha, C.J.C. (2013). O custo privado da reserva legal. *Rev. Política Agrícola* XXII, 85–104.
- Cerceau, J., Mat, N., & Junqua, G. (2018). Territorial embeddedness of natural resource management: A perspective through the implementation of Industrial Ecology. *Geoforum*, 89, 29–42. <https://doi.org/10.1016/J.GEOFORUM.2018.01.001>.
- Coe, M.T., Latrubesse, E.M., Ferreira, M.E., Amsler, M.L. (2011). The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia River, Brazil. *Biogeochemistry* 105, 119–131. <https://doi.org/10.1007/s10533-011-9582-2>
- de Camargo Neto, L., Paulino, E.M., Ranieri, V.E.L. (2022). Command and control instruments for nature conservation on private property always fail? *Ambient. e Soc.* 25. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210024r1vu2022L1AO>
- de Witt, M., Pope, J., Retief, F., Bond, A., Morrison-Saunders, A., Steenkamp, C., 2019. Biodiversity offsets in EIA: Getting the timing right. *Environ. Impact Assess. Rev.* 75, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.11.001>
- Dallabrida, V. R.; Becker, D. F. Governança territorial: um primeiro passo na construção de uma proposta teórico-metodológica. *Desenvolvimento em Questão*, v. 1, n. 2, p. 73–97, 2011.
- Diniz, T., Ferreira Filho, J.B. (2015). Impactos Econômicos do Código Florestal Brasileiro: Uma discussão à luz de um modelo computável de equilíbrio geral. *Rev. Econ. e Sociol. Rural* 53, 229–250. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005302003>
- Evans, M.C. (2016). Deforestation in Australia: Drivers, trends and policy responses. *Pacific Conserv. Biol.* 22, 130–150. <https://doi.org/10.1071/PC15052>
- Fasiaben, M. do C.R., Romeiro, A.R., Peres, F.C., Maia, A.G. (2011). Impacto econômico da reserva legal sobre diferentes tipos de unidades de produção agropecuária. *Rev. Econ. e Sociol. Rural* 49, 1051–1096. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032011000400010>
- Fearnside, P.M. (2018). Brazil’s Amazonian Forest carbon: the key to Southern Amazonia’s significance for global climate. *Reg. Environ. Chang.* 18, 47–61. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1007-2>
- Feitosa, C.O. (2019). Panorama das atividades agropecuárias de exportação do Tocantins: soja e

- carne. *Geosul* 34, 154–174. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n71p154>
- Fendrich, A.N., Barretto, A., de Faria, V.G., de Bastiani, F., Tenneson, K., Guedes Pinto, L.F., Sparovek, G. (2020). Disclosing contrasting scenarios for future land cover in Brazil: Results from a high-resolution spatiotemporal model. *Sci. Total Environ.* 742, 140477. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140477>
- Ferreira, J., Aragão, L.E.O.C., Barlow, J., Barreto, P., Berenguer, E., Bustamante, M., Gardner, T.A., Lees, A.C., Lima, A., Louzada, J., Pardini, R., Parry, L., Peres, C.A., Pompeu, P.S., Tabarelli, M., Zuanon, J. (2014). Brazil's environmental leadership at risk: Mining and dams threaten protected areas. *Science* (80-.). 346, 706–707. <https://doi.org/10.1126/science.1260194>
- Franco, J.L.A., Ganem, R.S., Barreto, C. (2016) Devastação e Conservação do Bioma Cerrado: Duas Dinâmicas de Fronteira. *Revista Expedições: Teoria da História e Historiografia* (ISSN 2179-6386). https://www.revista.ueg.br/index.php/revista_geth/article/view/5708 .
- Freitas, F.L.M. de, Sparovek, G., Mörtberg, U., Silveira, S., Klug, I., Berndes, G. (2017). Offsetting legal deficits of native vegetation among Brazilian landholders: Effects on nature protection and socioeconomic development. *Land use policy* 68, 189–199. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.014>
- Gardner, T.A., Von Hase, A., Brownlie, S., Ekstrom, J.M.M., Pilgrim, J.D., Savy, C.E., Stephens, R.T.T., Treweek, J., Ussher, G.T., Ward, G., Ten Kate, K. (2013). Biodiversity Offsets and the Challenge of Achieving No Net Loss. *Conserv. Biol.* 27, 1254–1264. <https://doi.org/10.1111/cobi.12118>
- Gastineau, P., Mossay, P., Taugourdeau, E. (2021). Ecological compensation: How much and where? *Ecol. Econ.* 190, 107191. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107191>
- Gasparinetti, P.; Bruner, A.; Vilela, T. Definição de níveis de equivalência ecológica para a lei de compensação florestal do DF segundo o método de experimento de escolha. Rio de Janeiro: Conservation Strategy Fund, 2017. p. 84. (Série Técnica, 51).
- Gibbons, P., Lindenmayer, D.B. (2007). Offsets for land clearing: No net loss or the tail wagging the dog?: *Comment. Ecol. Manag. Restor.* 8, 26–31. <https://doi.org/10.1111/j.1442-8903.2007.00328.x>
- Giordano, M., & Shah, T. (2014). From IWRM back to integrated water resources management. *International Journal of Water Resources Development*, 30, 364 - 376. <https://doi.org/10.1080/07900627.2013.851521>
- Gonçalves, B., Marques, A., Soares, A.M.V.D.M., Pereira, H.M. (2015). Biodiversity offsets: From current challenges to harmonized metrics. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 14, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.008>
- Griffiths, V.F., Bull, J.W., Baker, J., Milner-Gulland, E.J. (2019). No net loss for people and biodiversity. *Conserv. Biol.* 33, 76–87. <https://doi.org/10.1111/cobi.13184>
- Guerra, A., Oliveira, P.T.S. de, Roque, F. de O., Rosa, I.M.D., Ochoa-Quintero, J.M., Guariento, R.D., Colman, C.B., Dib, V., Maioli, V., Strassburg, B., Garcia, L.C. (2020). The importance of Legal Reserves for protecting the Pantanal biome and preventing agricultural losses. *J. Environ. Manage.* 260. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110128>
- Habib, T.J., Farr, D.R., Schneider, R.R., Boutin, S. (2013). Economic and Ecological Outcomes of Flexible Biodiversity Offset Systems. *Conserv. Biol.* 27, 1313–1323. <https://doi.org/>

10.1111/cobi.12098

- Herod A, Wright M (eds) (2002) *Geographies of power: placing scale*. Oxford University Press, Oxford
- Igari, A.T., Tambosi, L.R., Pivello, V.R. (2009). Agribusiness opportunity costs and environmental legal protection: Investigating trade-off on hotspot preservation in the state of São Paulo, Brazil. *Environ. Manage.* 44, 346–355. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9322-8>
- Jones, I.L., Bull, J.W. (2020). Major dams and the challenge of achieving “No Net Loss” of biodiversity in the tropics. *Sustain. Dev.* 28, 435–443. <https://doi.org/10.1002/sd.1997>
- Kanakoudis, V., & Tsitsifli, S. (2020). Insights on the Water–Energy–Food Nexus. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w12102882>
- Kaza, N., BenDor, T.K. (2013). The land value impacts of wetland restoration. *J. Environ. Manage.* 127, 289–299. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.04.047>
- Keil R, Mahon R (eds) (2008) *Leviathan undone? The political economy of scale*. University of British Columbia Press, Vancouver
- Korting, Matheus Sehn. “O Cadastro Ambiental Rural entre mapeamento do território, domínio da natureza e sobreposição de terras.” *International Database Engineering and Applications Symposium* (2016).
- Latrubesse, E.M., Amsler, M.L., de Moraes, R.P., Aquino, S. (2009). The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River. *Geomorphology* 113, 239–252. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.03.014>
- Lindenmayer, David, and Mark A. Burgman. *Practical conservation biology*. CSIRO publishing, 2005.
- Magnusson, W.E., Grelle, C.E.V., Marques, M.C.M., Rocha, C.F.D., Dias, B., Fontana, C.S., Bergallo, H., Overbeck, G.E., Vale, M.M., Tomas, W.M., Cerqueira, R., Collevatti, R., Pillar, V.D., Malabarba, L.R., Lins-e-Silva, A.C., Neckel-Oliveira, S., Martinelli, B., Akama, A., Rodrigues, D., Silveira, L.F., Scariot, A., Fernandes, G.W. (2018). Effects of Brazil’s political crisis on the science needed for biodiversity conservation. *Front. Ecol. Evol.* 6, 1–5. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00163>
- MMA. 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://files.cercomp.ufg.br/weby/up/160/o/ppcerrado_consultapublica_182.pdf. Acesso em 20 de Ago. 2020.
- Mandle, L., Tallis, H., Sotomayor, L., Vogl, A.L., 2015. Who loses? Tracking ecosystem service redistribution from road development and mitigation in the Peruvian Amazon. *Front. Ecol. Environ.* 13, 309–315. <https://doi.org/10.1890/140337>
- Maran, L., Schneider, T., & Andreaus, M. (2023). A multi-period analysis of a water management arena in the Italian Alps, circa 1951–2007: The territorialisation of environmental concerns. *Accounting History*, 28, 604 - 647. <https://doi.org/10.1177/10323732231196939>
- Maron, M., Dunn, P.K., McAlpine, C.A., Apan, A. (2010). Can offsets really compensate for

- habitat removal? The case of the endangered red-tailed black-cockatoo. *J. Appl. Ecol.* 47, 348–355. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01787.x>
- Matheus Sehn Korting. “Cadastro Ambiental Rural Entre Mapeamento Do Território, Domínio Da Natureza e Sobreposição de Terras.” *Revista ideas interfaces em desenvolvimento, agricultura e sociedade* 10.1 (2018): 63–87. Print.
- Matricardi, E.A.T., Aguiar, A.S., Miguel, E.P., Angelo, H., Gaspar, R.D.O. (2018). MODELAGEM DO DESMATAMENTO NA REGIÃO DO MATOPIBA. *Nativa* 6, 198. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i2.5092>
- McKenney, B.A., Kiesecker, J.M. (2010). Policy development for biodiversity offsets: A review of offset frameworks. *Environ. Manage.* 45, 165–176. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9396-3>
- Mello, K. de, Fendrich, A.N., Borges-Matos, C., Brites, A.D., Tavares, P.A., da Rocha, G.C., Matsumoto, M., Rodrigues, R.R., Joly, C.A., Sparovek, G., Metzger, J.P. (2021). Integrating ecological equivalence for native vegetation compensation: A methodological approach. *Land use policy* 108. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105568>
- Metzger, J.P., Bustamante, M.M.C., Ferreira, J., Fernandes, G.W., Librán-Embid, F., Pillar, V.D., Prist, P.R., Rodrigues, R.R., Vieira, I.C.G., Overbeck, G.E. (2019). Why Brazil needs its Legal Reserves. *Perspect. Ecol. Conserv.* 17, 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.07.002>
- Morais, P.B. de, Júnior, S.N., Martins, I.C. de M. (2017). Análise de sustentabilidade do projeto hidroagrícola Javaés/Lagoa, no Estado do Tocantins. *Cad. Ciência Tecnol.* 34, 83–111. <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2017.v34.26297>
- Nogueira, E.M., Yanai, A.M., de Vasconcelos, S.S., de Alencastro Graça, P.M.L., Fearnside, P.M. (2018). Brazil’s Amazonian protected areas as a bulwark against regional climate change. *Reg. Environ. Chang.* 18, 573–579. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1209-2>
- Nogueira, E.M., Yanai, A.M., Fonseca, F.O.R., Fearnside, P.M. (2015). Carbon stock loss from deforestation through 2013 in Brazilian Amazonia. *Glob. Chang. Biol.* 21, 1271–1292. <https://doi.org/10.1111/gcb.12798>
- Moss T, Newig J. (2010) Multilevel water governance and problems of scale: setting the stage for a broader debate. *Environ Manage.* Jul;46(1):1-6. doi: 10.1007/s00267-010-9531-1. PMID: 20640851.
- Nunes, S., Gardner, T., Barlow, J., Martins, H., Salomão, R., Monteiro, D., Souza, C. (2016). Compensating for past deforestation: Assessing the legal forest surplus and deficit of the state of Pará, eastern Amazonia. *Land use policy* 57, 749–758. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.022>
- Oakleaf, J.R., Matsumoto, M., Kennedy, C.M., Baumgarten, L., Miteva, D., Sochi, K., Kiesecker, J. (2017). LegalGEO: Conservation tool to guide the siting of legal reserves under the Brazilian Forest Code. *Appl. Geogr.* 86, 53–65. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.025>
- OCDE (2015). *Governança dos Recursos Hídricos no Brasil*. OCDE Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/97829264238169-pt>
- Pacheco, R., Rajão, R., Soares-Filho, B., Hoff, R. Vander, Van Der Hoff, R., (2017). Regularization of legal reserve debts: Perceptions of rural producers in the state of Pará and Mato Grosso in Brazil. *Ambient. e Soc.* 20, 181–200. <https://doi.org/10.1590/1809->

- Peel, J., & Godden, L. (2005). Australian environmental management: a dams' story. *UNSWLJ*, 28, 668. Disponível em <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/swales28&div=34&id=&page=>
- Pelicice, F.M., Agostinho, A.A., Akama, A. et al. Large-scale Degradation of the Tocantins-Araguaia River Basin. *Environmental Management* 68, 445–452 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01513-7>
- Pereira, H.R., Gomes, L.F., Soares, P.T., Martins, P.R., Pelicice, F.M., Teresa, F.B., Vieira, L.C.G. (2021). Long-term responses of fish diversity to river regulation: a multi-metric approach. *Environ. Biol. Fishes* 104, 71–84. <https://doi.org/10.1007/s10641-021-01056-0>
- Pereira, H. M.; Ferrier, S.; Walters, M.; Geller, G. N.; Jongman, R. H. G.; Ssholes, R. J.; Bruford, M. W.; Brummitt, N.; Butchart, S. H. M.; Cardosos, A. C.; Coops, N. C.; Dulloo, E.; Faith, D. P.; Freyhof, J., Gregory, R. D.; Heip, C.; Höft, R.; Hurtt, G.; Jetz, W.; Karp, D. S.; Mcgeoch, M. A., Obura, D.; Onoda, Y.; Petrorrelli, N.; Reyers, B.; Sayre, R.; Scharlemann, J. P. W.; Stuart, S. N.; Turak, E.; Walpole, M.; Wegmann, M. Essential biodiversity variables. *Science*, v. 339, n. 6117, p. 277-278, 2013.
- Perônico, P.B., Agostinho, C.S., Fernandes, R., Pelicice, F.M. (2020). Community reassembly after river regulation: rapid loss of fish diversity and the emergence of a new state. *Hydrobiologia* 847, 519–533. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04117-9>
- Polizel, S.P., Vieira, R.M. da S.P., Pompeu, J., Ferreira, Y. da C., Sousa-Neto, E.R. de, Barbosa, A.A., Ometto, J.P.H.B. (2021). Analyzing the dynamics of land use in the context of current conservation policies and land tenure in the Cerrado – MATOPIBA region (Brazil). *Land use policy* 109, 105713. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105713>
- Quétier, F., Lavorel, S. (2011). Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes: Key issues and solutions. *Biol. Conserv.* 144, 2991–2999. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.09.002>
- Quétier, F., Regnery, B., Levrel, H. (2014). No net loss of biodiversity or paper offsets? A critical review of the French no net loss policy. *Environ. Sci. Policy* 38, 120–131. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.11.009>
- Rajão, R., Soares-Filho, B., Nunes, F., Börner, J., Machado, L., Assis, D., Oliveira, A., Pinto, L., Ribeiro, V., Rausch, L., Gibbs, H., Figueira, D. (2020). The rotten apples of Brazil's agribusiness. *Science* (80-.). 369, 246–248. <https://doi.org/10.1126/science.aba6646>
- Reydon, B.P., Plata, L.E.A., Sparovek, G., Guilherme Burstein Goldszmidt, R., Telles, T.S. (2014). Determination and forecast of agricultural land prices. *Nov. Econ.* 24, 389–408. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/1304>
- Richards, P.D., VanWey, L. (2016). Farm-scale distribution of deforestation and remaining forest cover in Mato Grosso. *Nat. Clim. Chang.* 6, 418–425. <https://doi.org/10.1038/nclimate2854>
- Russo Lopes, G., Bastos Lima, M.G., Reis, T.N.P. (2021). Maldevelopment revisited: Inclusiveness and social impacts of soy expansion over Brazil's Cerrado in Matopiba. *World Dev.* 139, 105316. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105316>
- Salès, K., Marty, P., Frascaria-Lacoste, N. (2023). Tackling limitations in biodiversity offsetting? A comparison of the Peruvian and French approaches. *Reg. Environ. Chang.*

23, 145. <https://doi.org/10.1007/s10113-023-02143-x>

- Santana, M.L. e C., Carvalho, F.R., Teresa, F.B. (2021). Broad and fine-scale threats on threatened Brazilian freshwater fish: variability across hydrographic regions and taxonomic groups. *Biota Neotrop.* 21. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2020-0980>
- Santiago, T. M. O., de Rezende, J. L. P., & Borges, L. A. C. (2017). The Legal Reserve: historical basis for the understanding and analysis of this instrument/ A evolucao da reserva legal: fundamentos para analise e compreensao do instrumento. *Ciencia Rural*, 47. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141349>
- Scaramuzza, C.A. de M., Sano, E.E., Adami, M., Bolfe, E.L., Coutinho, A.C., Esquerdo, J.C.D.M., Maurano, L.E.P., Narvaes, I.S., Oliveira Filho, F.J.B., Rosa, R., Silva, E.B., Valeriano, D.M., Victoria, D.C., Bayma, A.P., Oliveira, G.H., Gustavo, B.-S. (2017). Land-use and land-cover mapping of the Brazilian Cerrado based on Landsat-8 satellite images. *Rev. Bras. Cartogr.* 69. <https://doi.org/10.14393/rbcv69n6-44309>
- Schmidt, C.A., McDermott, C.L. (2015). Deforestation in the Brazilian Amazon. *Soc. Leg. Stud.* 24, 3–24. <https://doi.org/10.1177/0964663914552213>
- Sheppard E, McMaster RB (eds) (2004) Scale and geographic inquiry. *Nature, society, and method*. Oxford University Press, Oxford
- Silva, J.M.C. da, Castro Dias, T.C.A. de, Cunha, A.C. da, Cunha, H.F.A. (2019). Public spending in federal protected areas in Brazil. *Land use policy* 86, 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.04.035>
- Silva, J. S. Compensação da reserva legal no Estado de São Paulo: uma análise da equivalência ecológica. 2013. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP
- Silva, J.S. da, Ranieri, V.E.L. (2014). O mecanismo de compensação de reserva legal e suas implicações econômicas e ambientais. *Ambient. Soc.* 17, 115–132. <https://doi.org/10.1590/s1414-753x2014000100008>
- Silva, J.A.A., Nobre, A.D., Joly, C.A., Nobre, C.A., Manzatto, C.V., Filho, E.L.R., Skorupa, L.A., Cunha, M.M.L.C. da, May, P.H., Rodrigues, R.R., Ahrens, S., Sá, T.D. de A. (2012). *Código Florestal e a Ciência: Contribuições para o Diálogo*. 2. ed. rev. ed. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Academia Brasileira de Ciências, São Paulo.
- Soares-Filho, B., Rajão, R., Macedo, M., Carneiro, A., Costa, W., Coe, M., Rodrigues, H., Alencar, A., 2014. Cracking Brazil's Forest Code. *Science* (80-.). 344, 363–364. <https://doi.org/10.1126/science.1246663>
- Sonter, L.J., Simmonds, J.S., Watson, J.E.M., Jones, J.P.G., Kiesecker, J.M., Costa, H.M., Bennun, L., Edwards, S., Grantham, H.S., Griffiths, V.F., Jones, K., Sochi, K., Puydarrieux, P., Quétier, F., Rainer, H., Rainey, H., Roe, D., Satar, M., Soares-Filho, B.S., Starkey, M., ten Kate, K., Victurine, R., von Hase, A., Wells, J.A., Maron, M. (2020). Local conditions and policy design determine whether ecological compensation can achieve No Net Loss goals. *Nat. Commun.* 11, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15861-1>
- Sonter, L.J., Tomsett, N., Wu, D., Maron, M., 2017. Biodiversity offsetting in dynamic landscapes: Influence of regulatory context and counterfactual assumptions on achievement of no net loss. *Biol. Conserv.* 206, 314–319. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.025>

- Soterroni, A.C., Ramos, F.M., Mosnier, A., Fargione, J., Andrade, P.R., Baumgarten, L., Pirker, J., Obersteiner, M., Kraxner, F., Câmara, G., Carvalho, A.X.Y., Polasky, S. (2019). Expanding the Soy Moratorium to Brazil's Cerrado. *Sci. Adv.* 5. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav7336>
- Souza, L.B. e, Barros, J.R. (2019). Agronegócio e ambiente no Cerrado tocantinense: um panorama dos municípios com base em indicadores. *Ateliê Geográfico* 13, 124–149. <https://doi.org/10.5216/ag.v13i1.51961>
- Sparovek, G. (2012). Caminhos e escolhas na revisão do Código Florestal: quando a compensação compensa? *Visão Agric.* 10, 25–28.
- Spera, S.A., Galford, G.L., Coe, M.T., Macedo, M.N., Mustard, J.F. (2016). Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier. *Glob. Chang. Biol.* 22, 3405–3413. <https://doi.org/10.1111/gcb.13298>
- Steinberger, M. (2006). *Território, ambiente e políticas públicas espaciais*. Brasília: Paralelo 15 e LGE Editora. Brasília - DF, 2006.
- Stickler, C.M., Nepstad, D.C., Azevedo, A.A., McGrath, D.G. (2013). Defending public interests in private lands: Compliance, costs and potential environmental consequences of the Brazilian Forest Code in Mato Grosso. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 368, 7–9. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0160>
- Suizu, T.M., Latrubesse, E.M., Bayer, M. (2023). The Role of Geomorphology on Flood Propagation in a Large Tropical River: The Peculiar Case of the Araguaia River, Brazil. *Water* 15, 3725. <https://doi.org/10.3390/w15213725>
- Tavares, P.A., Brites, A.D., Sparovek, G., Guidotti, V., Cerignoni, F., Aguiar, D., Metzger, J.P., Rodrigues, R.R., Pinto, L.F.G., Mello, K. de, Molin, P.G. (2019). Unfolding additional massive cutback effects of the Native Vegetation Protection Law on Legal Reserves, Brazil. *Biota Neotrop.* 19. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0658>
- ten Kate, K., Crowe, M. (2010). *Biodiversity Offsets: Policy Options for Government*. IUCN., Gland, Switzerland.
- Theis, S., Ruppert, J.L.W., ROBERTS, K.N., Minns, C.K., Koops, M., Poesch, M.S. (2020). Compliance with and ecosystem function of biodiversity offsets in North American and European freshwaters. *Conserv. Biol.* 34, 41–53. <https://doi.org/10.1111/cobi.13343>
- Thomaz, S.M., Gomes Barbosa, L., de Souza Duarte, M.C., Panosso, R. (2020). Opinion: The future of nature conservation in Brazil. *Inl. Waters* 0, 295–303. <https://doi.org/10.1080/20442041.2020.1750255>
- Trigueiro, W.R., Nabout, J.C., Tessarolo, G. (2020). Uncovering the spatial variability of recent deforestation drivers in the Brazilian Cerrado. *J. Environ. Manage.* 275, 111243. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111243>
- Tocantins (Estado). Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução n. 07, de 23 de dezembro de 2005. Dispõe sobre os critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental no Estado do Tocantins. Diário Oficial do Estado de Tocantins, Palmas, TO, 23 dez. 2005. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/351061/>. Acesso em: 13 de jun. 2020
- Tocantins (Estado). Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Plano Estadual de Irrigação do Estado do Tocantins. [Data de publicação, se disponível]. Disponível em: <https://www.to.gov.br/semarh/plano-estadual-de-irrigacao/4zq5cgkdb6x8>. Acesso em: 20 jun. 2021.

- Tulloch, V.J., Tulloch, A.I., Visconti, P., Halpern, B.S., Watson, J.E., Evans, M.C., Auerbach, N.A., Barnes, M., Beger, M., Chadès, I., Giakoumi, S., McDonald-Madden, E., Murray, N.J., Ringma, J. and Possingham, H.P. (2015), Why do we map threats? Linking threat mapping with actions to make better conservation decisions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13: 91-99. <https://doi.org/10.1890/140022>
- Velchione, Marcela. Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a secundarização de reformas fundamentais para a garantia da posse da terra. *Terra de Direitos*. 16 de fev 2024. Disponível em: <https://terradedireitos.org.br/acervo/artigos/artigo-cadastro-ambiental-rural-car-e-a-secundarizacao-de-reformas-fundamentais-para-a-garantia-da-posse-da-terra/22476#>
- Vergara, R.M. de O., Luz, R.A. da, Figueroa, F.E.V. (2023). Dinâmica da ocupação e formação do território na região do médio Araguaia, no sudoeste tocantinense e a expansão da produção de grãos. *Rev. Campo-Território* 18, 120–139. <https://doi.org/10.14393/RCT184967164>
- Vieira, R.M.S.P., Tomasella, J., Barbosa, A.A., Polizel, S.P., Ometto, J.P.H.B., Santos, F.C., Ferreira, Y. C., Toledo, P.M. (2021). Land degradation mapping in the MATOPIBA region (Brazil) using remote sensing data and decision-tree analysis. *Sci. Total Environ.* 782, 146900. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146900>
- Weissgerber, M., Roturier, S., Julliard, R., Guillet, F. (2019). Biodiversity offsetting: Certainty of the net loss but uncertainty of the net gain. *Biol. Conserv.* 237, 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.036>
- Wissen M, Ro'ttger B, Heeg S (eds) (2008) Politics of scale. Ra'ume der Globalisierung und Perspektiven emanzipatorischer Politik. Westfa'lisches Dampfboot, Mu'nster
- Wissel, S., Wätzold, F. (2010). A Conceptual Analysis of the Application of Tradable Permits to Biodiversity Conservation. *Conserv. Biol.* 24, 404–411. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01444.x>
- Yirdaw, E., Kanninen, M., Monge, A. (2023). Synergies and Trade-Offs between Biodiversity and Carbon in Ecological Compensation. *Sustain.* 15. <https://doi.org/10.3390/su151511930>
- zu Ermgassen, S.O.S.E., Baker, J., Griffiths, R.A., Strange, N., Struebig, M.J., Bull, J.W. (2019). The ecological outcomes of biodiversity offsets under “no net loss” policies: A global review. *Conserv. Lett.* 12. <https://doi.org/10.1111/conl.12664>