



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**Instituto de Economia**

**João Paulo Santos Mastrangelo**

**Governança Fundiária e Desmatamento na Amazônia: Novas  
Evidências sobre os Impactos da Segurança da Posse**

Campinas

2024



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**Instituto de Economia**

**João Paulo Santos Mastrangelo**

**Governança Fundiária e Desmatamento na Amazônia: Novas Evidências sobre os Impactos da Segurança da Posse**

**Prof. Dr. Alexandre Gori Maia – orientador**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Econômico, na área de Economia Agrícola e do Meio Ambiente.

Campinas  
2024

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Economia  
Luana Araujo de Lima - CRB 8/9706

M395g Mastrangelo, João Paulo Santos, 1982-  
Governança fundiária e desmatamento na Amazônia: novas evidências sobre os impactos da segurança da posse / João Paulo Santos Mastrangelo. – Campinas, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Alexandre Gori Maia.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

1. Governança fundiária. 2. Direito de propriedade. 3. Posse da terra. 4. Desmatamento - Amazônia Legal. I. Maia, Alexandre Gori, 1972-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Título.

Informações Complementares

**Título em outro idioma:** Land governance and deforestation in the Amazon : new evidence on the impacts of security of tenure

**Palavras-chave em inglês:**

Land governance

Right of property

Land tenure

Deforestation - Legal Amazon

**Área de concentração:** Economia Agrícola e do Meio Ambiente

**Titulação:** Doutor em Desenvolvimento Econômico

**Banca examinadora:**

Alexandre Gori Maia [Orientador]

Antônio Márcio Buainain

Stella Zucchetti Schons Do Valle

Clarissa Costalonga e Gandour

Alexandre Nunes de Almeida

**Data de defesa:** 20-10-2023

**Programa de Pós-Graduação:** Desenvolvimento Econômico

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-1085-1832>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8367993453761315>



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**Instituto de Economia**

**João Paulo Santos Mastrangelo**

**Governança Fundiária e Desmatamento na Amazônia: Novas Evidências sobre os Impactos da Segurança da Posse**

**Prof. Dr. Alexandre Gori Maia – orientador**

**Defendida em 20/10/2023**

**Comissão Julgadora**

Prof. Dr. Alexandre Gori Maia - Presidente  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof. Dr. Antônio Márcio Buainain  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Profª. Dra. Stella Zucchetti Schons Do Valle  
Virginia Tech (VT)

Profª. Dra. Clarissa Costalonga e Gandour  
Fundação Getúlio Vargas – Escola de Economia de São Paulo (FGV / EESP)

Prof. Dr. Alexandre Nunes de Almeida  
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (USP / ESALQ)

A Ata de Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no processo de vida acadêmica do aluno.

*Dedico esta tese ao meu pai José  
Mastrangelo (in memoriam), a minha  
esposa Lidiane, as minhas filhas  
Mariana e Juliana, e a minha irmã  
Marcela Mastrangelo.*

## Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus por me oferecer as capacidades, condições e resiliência para escrever esta tese. Agradeço a minha família e especialmente a minha esposa Lidiane, que me apoiaram incondicionalmente para enfrentar esse desafio.

Faço um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Gori, professor e pesquisador incrível, mudou completamente minhas perspectivas de pesquisa acadêmica, abrindo grandes possibilidades para melhorar a nossa compreensão sobre a Amazônia e contribuir para o desenvolvimento da região. Não teria sido possível cursar o doutorado sem o apoio do Prof. Dr. Bastiaan Reydon, a quem também agradeço de forma especial pela motivação teórica desta tese.

Agradeço a banca extraordinária de professores formada pelo Prof. Dr. Alexandre Gori Maia e Prof. Dr. Antônio Márcio Buainain do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Prof<sup>a</sup>. Dra. Stella Zucchetti Schons Do Valle da Virginia Tech (VT), Prof<sup>a</sup>. Dra. Clarissa Costalonga e Gandour da Fundação Getúlio Vargas – Escola de Economia de São Paulo (FGV / EESP), e pelo Prof. Dr. Alexandre Nunes de Almeida da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (USP / ESALQ). As discussões e contribuições durante a sessão de defesa foram fundamentais para consolidação desse estudo.

Agradeço também a todo(a)s professore(a)s do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Econômico, do Instituto de Economia da UNICAMP, especialmente o(a)s professore(a)s e colegas do Centro de Estudos em Economia Aplicada, Agrícola e do Meio Ambiente (CEA) pelo apoio e valiosos ensinamentos que permitiram amadurecer meu problema de pesquisa e encontrar os caminhos metodológicos para sua execução. Ressalto a contribuição da Prof.<sup>a</sup> Dra. Angela Kageyama, que me ajudou muito nos passos iniciais da minha pesquisa. Agradeço a contribuição da Júlia e do Pedro que, como pesquisadores PIBIC, fizeram um grande trabalho de levantamento dos dados e foram fundamentais para o início da pesquisa.

Agradeço ao Prof. Dr. Marco Amaro, Diretor do Centro de Ciências Biológicas (CCBN) da Universidade Federal do Acre (UFAC), à época, pela amizade e por todo apoio institucional que viabilizou meu ingresso no doutorado. Agradeço também ao Prof. Dr. Elysson, da UFAC, pelo apoio e motivação para cursar o doutorado no Instituto de Economia da UNICAMP. Gratidão especial ao amigo Valmir Ortega, que além de ter me apoiado, criou grandes oportunidades para que eu viabilizasse meus estudos em São Paulo.

Agradeço ao meu grande amigo Prof. Edegard de Deus, que tanto me apoiou e motivou para vencer esse desafio. Quero também demonstrar toda minha gratidão ao meu amigo Rafael Garrafiel que, sem dúvidas, foi fundamental para a construção da base de dados deste estudo. Estendo meus agradecimentos também de forma especial ao meu amigo Cláudio Cavalcante e sua equipe no Escritório Técnico do CAR do estado do Acre, por terem me dado todo apoio para acessar e organizar os dados da pesquisa.

Finalmente, agradeço as grandes amizades que fiz nessa linda e desafiadora jornada. Ficarão nas minhas melhores memórias o companheirismo, a amizade e o apoio que recebi em vários momentos da Adâmara, Dallas, Pedro, Gabriel, Larice, Gabriela, Gustavo, Junior, Fágner, Alberes, Daniel Morales, Luiz Gustavo e Bruno. Agradeço também aos amigos que fiz no pensionato e que tanto me ajudaram no período que passei em Barão Geraldo, Campinas, especialmente o Tomás, Davi e Claude.

## Resumo

O fortalecimento da governança fundiária é amplamente reconhecido como capaz de reduzir o desmatamento e aumentar o cumprimento das leis florestais na Amazônia brasileira. Avaliamos os impactos da segurança da posse no desmatamento ocorrido em imóveis rurais privados na região no período de 2008 a 2018. Combinamos um conjunto de dados fundiários e ambientais inéditos da população total de propriedades rurais do estado do Acre, parte ocidental da região amazônica, com uma estratégia empírica baseada em desenhos de pesquisa quase-experimental para estimar os impactos de duas dimensões de segurança da posse sobre o desmatamento. Encontramos evidências de que o desmatamento foi menor e as chances de cumprir as leis florestais aumentaram nas propriedades com maior nível de segurança da posse, medida em termos de garantias dos direitos de propriedade. Demonstramos também que a titulação legal de terras é mais efetiva na redução do desmatamento quando sujeita a um ambiente de maior garantia dos direitos de propriedade.

**Palavras-chave:** Governança fundiária; Direito de propriedade; Posse da terra; Desmatamento - Amazônia legal.

## **Abstract**

Strengthening land governance is widely recognized as capable of reducing deforestation and increasing compliance with forestry laws in the Brazilian Amazon. We assessed the impacts of security of tenure on deforestation occurring in private rural properties in the region from 2008 to 2018. We combined a set of unprecedented land and environmental data from the total population of rural properties in the state of Acre, western part of the Amazon region, with an empirical strategy based on quasi-experimental research designs to estimate the impacts of two dimensions of tenure security on deforestation. We found evidence that deforestation was lower and the chances of complying with forestry laws increased on properties with a higher level security of tenure, measured in terms of property rights guarantees. We also demonstrate that legal land titling is more effective in reducing deforestation when subject to an environment with greater guarantees of land rights.

**Keywords:** Land governance; Right of property; Land tenure; Deforestation - Legal Amazon.

## Lista de Figuras

Figura 1. Área total desmatada por categoria de terra entre 2009 e 2018 .....	35
Figura 2. Segurança da posse de imóveis rurais no estado do Acre .....	38
Figura 3. Número de propriedades rurais em conformidade com o Código Florestal 2008. ...	39
Figura 4. Área desmatada por categoria fundiária no estado do Acre entre 2008 e 2018.....	57
Figura 5. Titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária no estado do Acre. .....	60

## Lista de Figuras nos Apêndices

Figura A1. Divisão regional politico-administrativa do estado do Acre.....	90
Figura A2. Zonas de gestão do território delimitadas pelo ZEE-Acre .....	91
Figura A3. Categorias fundiárias distribuídas pelo território do estado do Acre .....	93
Figura A4. Sobreposições de direitos fundiários em imóvel rural no município de Tarauacá, estado do Acre. ....	96
Figura A5. Fluxograma do processo para emissão de títulos de propriedade em projetos de assentamento da reforma agrária .....	98
Figura A6. Títulos emitidos em assentamentos da reforma agrária entre 2008 e 2018 no Estado do Acre. ....	100
Figura A7. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação).....	102
Figura A8. Estimativas do ATT para cada grupo em todos os períodos.....	103
Figura A9. Estimativa do ATT para cada período em todos os grupos.....	104
Figura A10. Estimativa do ATT para cada grupo e períodos.....	106
Figura A11. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação).....	107
Figura A12. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação).....	108
Figura A13. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação).....	109
Figura A14. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação).....	111
Figura A15. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação).....	113
Figura A16. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação).....	116

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Distribuição da área e total desmatado por categoria de terra de 2009 a 2018 .....	35
Tabela 2. Estatísticas descritivas .....	40
Tabela 3. Estimativas dos efeitos marginais dos modelos probit para a probabilidade de segurança fundiária.....	43
Tabela 4. Estimativas dos modelos para a variável dependente parcela de área desmatada entre 2009 e 2018 .....	46
Tabela 5. Estimativas de efeitos marginais dos modelos probit para a variável dependente conformidade com o Código Florestal entre 2009 e 2018.....	47
Tabela 6. Diferenças padronizadas na média e razão de variância antes e após a ponderação	48
Tabela 7. Estimativas ATT segmentadas por indicadores de segurança da posse (T1 e T2) e categorias fundiárias .....	49
Tabela 8. Distribuição da área e total desmatado por categoria de terra de 2009 a 2018 .....	58
Tabela 9. Estatísticas descritivas .....	62
Tabela 10. Estimativas médias de ATT para todos os grupos em todos os períodos.....	69
Tabela 11. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse.....	71
Tabela 12. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse.....	72
Tabela 13. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse.....	73

## Lista de Tabelas nos Apêndices

Tabela A1. Linha de base da área cadastrável no CAR do estado do Acre.....	92
Tabela A2. Demonstrativo dos comprovantes de propriedade ou posse que compõem as situações fundiárias definidas.....	95
Tabela A3. Diferenças padronizadas na média e razão de variância antes e após a ponderação para todas as propriedades da amostra .....	97
Tabela A4. Decomposição do TWFE.....	101
Tabela A5. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse.....	110
Tabela A6. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse.....	112
Tabela A7. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse.....	114

## Sumário

Introdução.....	16
1. Estrutura conceitual.....	22
1.1 Referencial teórico.....	22
1.2 Revisão da literatura.....	26
1.3 Hipóteses.....	29
2. Segurança da posse e desmatamento: uma abordagem pela dimensão das garantias dos direitos de propriedade.....	30
2.1 Introdução.....	30
2.2 Contexto.....	32
2.3 Dados.....	36
2.3.1 Segurança da posse.....	37
2.3.2 Variáveis de resultado.....	38
2.3.3 Variáveis de controle.....	40
2.4 Estratégia empírica.....	41
2.5 Resultados.....	43
2.5.1 Probabilidade de segurança da posse.....	43
2.5.2 Impactos da segurança da posse.....	45
2.5.3 Exercícios de robustez.....	48
2.5.4 Efeitos heterogêneos.....	49
2.6 Discussão.....	50
2.7 Conclusão.....	51
3. Segurança da posse e desmatamento: uma abordagem pela dimensão da formalização dos direitos de propriedade.....	53
3.1 Introdução.....	53
3.2 Contexto.....	56

3.3 Dados .....	58
3.3.1 Grupos de tratamento e controle.....	59
3.3.2 Variáveis de resultado .....	60
3.3.3 Variáveis de controle.....	61
3.4 Estratégia empírica .....	63
3.5 Resultados.....	67
3.5.1 Resultados principais.....	68
3.5.2 Efeitos heterogêneos do tratamento por situação de segurança fundiária .....	70
3.5.3 Efeitos heterogêneos do tratamento por tipo de assentamento da reforma agrária .....	71
3.5.4 Efeitos heterogêneos do tratamento por situação de conformidade com o Código Florestal .....	73
3.5.5 Exercícios de robustez.....	74
3.6 Discussão.....	76
3.7 Conclusão .....	78
Considerações Finais .....	79
Referências .....	81
Apêndice.....	90
Apêndice 1. Uso e ocupação do solo no estado do Acre.....	90
Apêndice 2. Procedimentos metodológicos para construção das variáveis de resultado .....	94
Apêndice 3. Perfil fundiário dos imóveis rurais do estado do Acre.....	95
Apêndice 4. Ilustração de situações típicas de sobreposição de direitos fundiários nos dados do CAR.....	96
Apêndice 5. Resultados da diferenças padronizadas .....	97
Apêndice 6. Processo de titulação em assentamentos da reforma agrária.....	98
Apêndice 7. Distribuição dos grupos de tratamento por ano.....	99
Apêndice 8. Decomposição dos efeitos fixos bidirecionais .....	101
Apêndice 9. Resultados principais – gráficos adicionais .....	102
Apêndice 10. Efeitos heterogêneos - gráficos .....	107

A10.1 Efeitos do tratamento por situação da segurança fundiária .....	107
A10.2 Efeitos do tratamento por tipo de assentamento da reforma agrária .....	108
A10.3 Efeitos do tratamento por situação de conformidade com o Código Florestal em 2008 .....	109
Apêndice 11. Exercícios de robustez – tabelas e gráficos.....	110
A11.1 Resultados principais com efeitos de antecipação.....	110
A11.2 Resultados principais com grupo de comparação composto por unidades ainda não tratadas.....	112
A11.3 Resultados principais com outros estimadores de Diferenças em Diferenças.....	114

## Introdução

Direitos de propriedade bem definidos e seguros têm sido historicamente associados ao desenvolvimento econômico e à redução da pobreza (ACEMOGLU; JOHNSON, 2005; BESLEY; GHATAK, 2010). A segurança da posse deriva de uma combinação entre direitos de propriedade, forma da posse, instituições e segurança fundiária, tornando-a um conceito de natureza multidimensional e dinâmica (HOLLAND et al., 2022). O fortalecimento da segurança da posse é essencial para a conservação de florestas tropicais, especialmente nos países em desenvolvimento, onde a governança fundiária é precária e o desmatamento cresceu de forma significativa nas últimas décadas (HIGGINS et al., 2018). Contudo, evidências empíricas sobre os impactos da segurança da posse na redução do desmatamento ainda são escassas e controversas (BUSCH; FERRETTI-GALLON, 2017; ROBINSON et al., 2014).

Problemas conceituais e empíricos desafiam a literatura de segurança da posse a apoiar vínculos causais consistentes sobre seus impactos no desmatamento (ARNOT et al., 2011). Um dos principais problemas é definir e medir empiricamente a segurança da posse, de modo que seja possível distinguir os efeitos das dimensões relativas à garantia e substância<sup>1</sup> (SJAASTAD & BROMLEY, 2000), ou segurança da posse – *de facto* ou *de jure* (MUELLER, 2018). Com base num conjunto de dados fundiários inéditos, combinado com uma estratégia empírica baseada em desenhos de pesquisa quase-experimental, apresentamos novas evidências sobre os impactos destas duas dimensões da segurança da posse sobre o desmatamento no interior de propriedades rurais privadas no estado do Acre, localizado na parte mais ocidental da Amazônia brasileira.

---

<sup>1</sup> Os autores sugerem que uma posse segura pode ser medida basicamente através de duas dimensões: (i) substância, por exemplo o título legal; duração; renovabilidade; capacidade de transacionar; e, (ii) garantia, por exemplo as incertezas de direitos; percepção de perder todos ou parte dos direitos detidos; risco de desapropriação; mudanças nas políticas governamentais; extensão ou renovação de direitos; liberdade de imposição de fora; impacto esperado das mudanças em vários atributos individuais de uma posse (SJAASTAD; BROMLEY, 2000).

O Brasil tem grandes desafios para melhorar a sua governança fundiária e a segurança da posse, principalmente na zona rural (COSTA, 2016; DAMASCENO; CHIAVARI; LOPES, 2017; GUEDES; REYDON et al., 2015). Na Amazônia brasileira, o cenário é ainda mais desafiador, a atribuição dos direitos de propriedade na região é caótica e cheia de incertezas (SPAROVEK et al., 2019). Situações fundiárias indefinidas abrangem quase 30% (144 milhões de hectares) da região, e aproximadamente 57 milhões de hectares são de florestas públicas não destinadas<sup>2</sup> (AZEVEDO-RAMOS et al., 2020a; BRITO, 2022). O governo brasileiro tenta promover reformas fundiárias com foco na titulação de posses individuais de terras, sob o argumento de que a regularização fundiária contribui, inclusive, para reduzir o desmatamento (CHIAVARI & LOPES 2021). Neste contexto, é fundamental obter mais evidências empíricas sobre os supostos vínculos causais entre este tipo de política fundiária e a redução do desmatamento na região amazônica.

A taxa de desmatamento da floresta amazônica no Brasil seguiu uma tendência em forma de U na década de 2010, chegou a cair para menos de 5 mil km<sup>2</sup>/ano e, no último dado observado, em 2022, ultrapassou os 11 mil km<sup>2</sup>/ano (PRODES, 2022). O setor de mudança de uso do solo e florestas é o principal responsável pela emissão de gases de efeito estufa no Brasil, e o desmatamento na Amazônia responde por grande parte destas emissões, sendo uma das principais ameaças à mitigação dos impactos das mudanças climáticas no mundo (COHN et al., 2019; MARENGO et al., 2018). São cada vez mais fortes as evidências de que a perda de florestas na Amazônia pode alcançar um ponto de não retorno (NOBRE et al., 2016). A continuidade desse processo pode fazer a região se tornar uma emissora líquida de carbono (GATTI et al., 2021), alterar o regime de chuvas e reduzir a produtividade agrícola (LEITE-

---

<sup>2</sup> Florestas públicas não destinadas são áreas de florestas sob domínio do governo federal, estadual ou municipal que ainda não receberam uma destinação específica. Ou seja, ainda não foram oficializadas como terras indígenas, unidades de conservação, assentamentos, áreas quilombolas, reservas extrativistas ou outros tipos de áreas protegidas (BRITO; ALMEIDA; GOMES, 2021).

FILHO et al., 2021). Este cenário oferece riscos importantes sobretudo para a agricultura nas regiões de transição entre Amazônia e Cerrado (MARENGO et al., 2022).

A literatura destaca alguns *drivers* críticos do desmatamento de florestas tropicais, que incluem fatores biofísicos e condições de infraestrutura para acesso à terra (ALEXANDER PFAFF et al., 2009; ANDERSEN et al., 2002; CHOMITZ; THOMAS, 2003), mercado, preço e crédito agropecuário (HARGRAVE E KIS-KATOS 2013; ASSUNÇÃO et al., 2012; FARIA E ALMEIDA 2016), tecnologia e produtividade agrícola (COHN et al. 2014; KOCH et al. 2019), falhas de governança ambiental e fundiária (ARIMA et al., 2014; BÖRNER et al., 2014, 2015a; MIRANDA et al., 2019; MOUTINHO et al., 2016; REYDON et al., 2019a; SOARES-FILHO et al., 2006). No passado, o avanço do desmatamento na Amazônia brasileira foi fortemente influenciado pelas políticas de expansão da fronteira agrícola promovida pelos governos da ditadura militar (1964-1985) (FEARNSIDE, 2005). As políticas de colonização, incentivos fiscais, investimentos em infraestrutura e na pesquisa, desenvolvimento e assistência técnica para a agropecuária, inter-relacionados aos *drivers* mencionados, são fatores importantes para explicar a dinâmica do desmatamento na região (ALENCAR et al., 2004; FEARNESIDE, 2006; SOARES-FILHO et al., 2005; LAURANCE, et al., 2001).

Em relação à governança fundiária e direitos de propriedade, o regime militar estimulou ocupações sob a promessa de emissão de títulos para posses individuais de terra na região amazônica (PACHECO; BENATTI, 2015). Esse processo exigia a derrubada da floresta, para demonstrar o uso e ocupação da terra pública, como condição para obter sua propriedade (ALSTON et al., 2000). Falhas institucionais na emissão dos títulos individuais de terras e sua descontinuidade a partir de 1985, em favor da priorização de assentamentos rurais para reforma agrária, geraram um passivo de imóveis rurais com pendências de regularização fundiária, ao mesmo tempo que novas ocupações irregulares continuam avançando em áreas de floresta com a expectativa de titulação no futuro (BRITO, 2022).

Diante do contexto fundiário na Amazônia brasileira, avaliar empiricamente como a segurança da posse afeta o desmatamento, envolve desafios conceituais e metodológicos. Encontramos na literatura uma variedade de definições e medidas para segurança da posse, muitas vezes misturando diferentes dimensões (ARNOT et al., 2011). Por exemplo, ao se utilizar o título de terra como proxy para segurança da posse, as dimensões relativas à garantia e substância dos direitos fundiários (SJAASTAD & BROMLEY, 2000) estão sendo usadas de forma intercambiável, que apesar de poderem estar correlacionadas, podem gerar falhas de especificação dos modelos empíricos e enviesar as estimativas quando esta não for a realidade (ARNOT et al., 2011). A segurança da posse da terra pode também gerar incentivos contraditórios em relação ao desmatamento. Por um lado, melhora o acesso ao crédito e o mercado de commodities, podendo levar a mais desmatamento, por outro, uma posse mais segura pode fortalecer a proteção dos direitos de propriedade, impedindo a invasão de terras para desmatamento e reivindicação futura da posse (HIGGINS et al., 2018; ROBINSON et al., 2018).

Os impactos da segurança da posse sobre o desmatamento podem ser moderados por vários fatores de confusão. Por exemplo, as medidas de fortalecimento da posse podem ocorrer simultaneamente a outros *drivers* críticos do desmatamento, ou até mesmo como parte de outras políticas, tornando complexa ou mesmo impossível a decomposição econométrica dos efeitos, que inclusive podem ocorrer muitos anos após a intervenção. Estes impactos também são fortemente influenciados por condições políticas, econômicas e ambientais, tornando-os dependentes de fatores contextuais locais (HOLLAND et al., 2022). Temos ainda problemas de endogeneidade ou causalidade reversa. Em muitas situações, o desmatamento é meio para reivindicação da posse da terra, trazendo problemas adicionais para especificação dos modelos empíricos (ALDRICH, 2015; BROWN et al., 2016; FEARNSIDE, 2001).

Vários estudos assumem a formalização dos direitos de propriedade como uma proxy adequada para a segurança da posse da terra, porém a literatura reforça que uma posse segura seria, sobretudo, reflexo da percepção ou da garantia de que de fato os direitos fundiários estão assegurados (ARNOT et al., 2011; HIGGINS et al., 2018; SJAASTAD E BROMLEY, 2000). Em muitas situações, essa condição não está consistentemente correlacionada com a forma legal da posse (ROBINSON et al., 2014). Seria a confusão entre estas medidas que acaba prejudicando os estudos empíricos que tentam vincular a segurança da posse ao desmatamento (ARNOT et al., 2011). Apenas as garantias dos direitos de propriedade determinariam realmente a segurança da posse, assim dois direitos de propriedade idênticos poderiam diferir em termos de garantia e, portanto, teriam níveis de segurança da posse diferentes (SJAASTAD E BROMLEY 2000).

Isto é especialmente relevante para o contexto amazônico, que possui falhas generalizadas de governança fundiária que afetam diretamente as garantias de que os direitos de propriedade, uma vez adquiridos, serão reconhecidos e protegidos (REYDON et al., 2015). É comum na região, a existência de posses irregulares em florestas públicas não destinadas (BRITO, 2022), em florestas privadas (ALDRICH, 2015; BROWN et al., 2016), e a informalidade no mercado de terras, que cria um ambiente favorável para especulação fundiária e crimes de grilagem de terras (BRITO et al., 2019).

Avaliamos os impactos sobre o desmatamento de duas dimensões de segurança da posse. A primeira está relacionada às garantias dos direitos de propriedade, definida como a ausência de sobreposição de direitos fundiários entre fazendas. A segunda trata da formalização dos direitos de propriedade através da emissão de títulos legais em assentamentos da reforma agrária. Nosso objetivo foi responder à seguinte questão de pesquisa: Como a segurança da posse da terra afeta o desmatamento no interior dos imóveis rurais privados no estado do Acre, localizado na porção mais ocidental da Amazônia brasileira?

Combinamos um conjunto de dados inéditos da população total de imóveis rurais do estado do Acre, incluídos no Cadastro Ambiental Rural (CAR)<sup>3</sup> (SICAR-ACRE, 2018) com dados do Sistema de Informações de Projetos da Reforma Agrária (INCRA, 2019). Como estratégia empírica, aplicamos dois desenhos de pesquisa quase-experimental, capazes de mitigar possíveis vieses de seleção na exposição ao tratamento, para explorar os impactos da segurança da posse no desmatamento de imóveis rurais privados do estado do Acre entre 2008 e 2018.

Os resultados sugerem que a segurança da posse de fato importa para a redução do desmatamento no estado do Acre. Encontramos evidências de que o desmatamento durante o período analisado foi menor em propriedades rurais sem sobreposições fundiárias, ou seja, com posse mais segura em termos de garantia dos direitos de propriedade. Demonstramos também que a titulação legal de terras é mais efetiva na redução do desmatamento quando sujeita a um ambiente de maior garantia dos direitos fundiários. Nossas evidências, portanto, contribuem com a literatura de estudos aplicados que avalia os impactos da segurança da posse sobre o desmatamento. Propomos um novo indicador para medir a segurança fundiária, baseado na ausência de sobreposições de direitos fundiários, que significa que não existem dois imóveis rurais ocupando total ou parcialmente o mesmo espaço. E finalmente, o trabalho contribui para as políticas fundiárias na região, apontando os canais onde o aprimoramento da governança fundiária na Amazônia brasileira poderia ser mais efetivo para reduzir o desmatamento.

Esta tese está estruturada em cinco capítulos, incluindo esta breve introdução e as considerações finais. No segundo capítulo, apresentamos a estrutura conceitual do trabalho, baseada no referencial teórico e revisão de literatura sobre a relação entre segurança da posse e

---

<sup>3</sup> Criado pelo Código Florestal do Brasil (Lei Federal 12.651/2012), como um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, para integrar as informações ambientais georreferenciadas das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.

desmatamento, e concluímos o capítulo apresentando as hipóteses que testamos. Nos capítulos seguintes, apresentamos dois estudos aplicados onde analisamos dados da população total de imóveis rurais privados do estado do Acre. O primeiro estima os impactos da ausência de sobreposições fundiárias sobre o desmatamento e na probabilidade de cumprimento da legislação florestal. No segundo estudo, estimamos os impactos da titulação legal de terras sobre o desmatamento.

## **1. Estrutura conceitual**

Neste capítulo apresentamos nossa estrutura conceitual. Partimos do referencial teórico sobre os conceitos relacionados à segurança da posse. Em seguida, relatamos as evidências empíricas documentadas na literatura sobre os impactos da segurança da posse no desmatamento e, finalmente, apresentamos as hipóteses que testamos nesta tese.

### **1.1 Referencial teórico**

A questão central que investigamos nesta tese é como a segurança da posse da terra afeta a alocação dos recursos florestais no interior dos imóveis rurais privados na Amazônia brasileira. Para organizar a discussão, oferecemos as definições de *direitos de propriedade*, *forma da posse*, *instituições* e *segurança fundiária*, que são conceitos importantes para entender a segurança da posse (HOLLAND et al., 2022).

Sobre *direitos de propriedade*, Demsetz (1967) explica que são decorrentes do uso de recursos no contexto de regras sociais. Um direito de propriedade seria, portanto, a autoridade para realizar ações particulares relacionadas a um domínio específico, incluindo o acesso, retirada, gestão, exclusão, alienação, devido processo legal e compensação (SCHLAGER; OSTROM, 1992). O direito de propriedade também pode implicar no dever de não exercer um direito, como uma restrição à própria ação, como nas servidões de conservação

em terrenos privados (MUELLER, 2018). A *forma da posse* trata de quem, quais, por quanto tempo e em que condições é possível fazer o uso de determinado recurso (FAO, 2002). As *instituições* podem ser entendidas como constrangimentos humanamente concebidos, informais ou formais, que estruturam a política, a economia e o social (NORTH, 1991). Em princípio, as instituições seriam como as regras do jogo que ancoram os direitos de propriedade e a forma da posse associados à terra (NORTH, 1990). Finalmente, a *segurança fundiária* é definida como percepção do proprietário de que os direitos serão defendidos pela sociedade (SJAASTAD; BROMLEY, 2000).

A segurança da posse surge, portanto, da interação de todos esses conceitos, tornando-a de natureza multidimensional e dinâmica (HOLLAND et al., 2022). Seguindo FAO (2002), argumentamos que uma posse da terra segura seria aquela onde a garantia de que os direitos ao uso, controle ou transferência são reconhecidos e protegidos. Consideramos dois princípios fundamentais para derivar o conceito de segurança da posse da terra. O primeiro trata de que a segurança da posse seria a utilidade recebida ao longo do tempo pelo detentor do direito de propriedade sobre a terra (BROMLEY, 1991). O segundo, nos diz que as incertezas em relação a posse acabam influenciando o comportamento econômico dos proprietários, diminuindo os incentivos para investir e reduzindo sua utilidade (BOHN; DEACON, 2000).

Para entender o mecanismo por trás da segurança da posse e as implicações empíricas das diferentes definições encontradas na literatura, partimos da função de utilidade esperada com desconto desenvolvida por Neumann & Morgenstern (1944), e aplicada por Arnot et al. (2011) para modelar a segurança da posse da terra. A utilidade derivada do direito de propriedade e da forma da posse da terra será influenciada pelo tipo de recurso em questão e pelas regras sociais envolvidas, dada por:

$$U^R = \sum_{t=0}^T \delta^t u_{t(R_t, C_t)}^R \quad (1)$$

Onde  $U^R$  é o valor presente da utilidade derivada do recurso  $R$ , ou o valor total de um determinado direito de propriedade de recursos ao titular ao longo de algum horizonte de tempo  $T$ .  $\delta^t$  é um fator de desconto;  $R_t$  é o recurso  $R$  no momento  $t$ , que é uma representação do estado físico do recurso incluindo sua massa, estrutura etária, localização e outras características físicas; o  $C_t$  é um vetor de regras sociais no momento em que pode restringir ou acomodar a garantia do fluxo de benefícios que o direito de propriedade proporciona;  $u_{t(R_t, C_t)}^R$  é a utilidade derivada do recurso  $R$  no tempo  $t$ , que é uma função de  $R_t$  e  $C_t$ . A condição de  $R_t$  e  $C_t$  em  $t+1$  pode ser influenciada por escolhas feitas em  $t$ . A introdução de um valor esperado de utilidade  $E(U^R)$  muda a equação (1) da seguinte forma:

$$E(U^R) = f(R_0, r(R_t), C_0, c(C_t)) \quad (2)$$

A utilidade esperada do direito de propriedade sobre o imóvel mostra-se agora influenciada pelas condições iniciais do recurso  $R_0$  e regras sociais  $C_0$ , bem como por uma série estocástica de seus valores ao longo do tempo,  $r(R_t)$  e  $c(C_t)$ , onde  $r(\bullet) = x_t \beta + \varepsilon_{rt}$  e  $c(\bullet) = z_t \delta + \varepsilon_{ct}$ . Essas expressões mostram que os argumentos dessas funções contêm elementos previsíveis, contidos nos vetores  $x_t \beta$  e  $z_t \delta$ , e componentes aleatórios ( $\varepsilon_{rt}$ ,  $\varepsilon_{ct}$ ). Os elementos previsíveis representam características do recurso ou das regras sociais que são conhecidas e/ou influenciadas pelo titular da posse. Os componentes aleatórios, embora não previsíveis, podem ser repassados ao titular da propriedade ao longo do tempo.

A partir da equação (2), podemos investigar uma série de conceitos associados à segurança da posse da terra. Inicialmente, Arnot et al. (2011) considera a relação entre a estabilidade dos direitos de propriedade e segurança da posse. Na equação (2), um direito de propriedade estável (ou seja, um fluxo de benefícios), *ceteris paribus*, poderia ser associado com  $R_0 = R_t$  e  $C_0 = C_t$ . Um fluxo estável de recursos representaria conceitos de rendimento

sustentado de colheitas periódicas iguais, enquanto um vetor estável de regras representaria estabilidade institucional, sendo pouco provável encontrar essa situação empiricamente.

A segurança da posse, portanto, pode ser definida como mantendo as condições iniciais do recurso e das regras sociais constantes, enquanto fatores  $c(\bullet)$  variam. Uma posse segura em comparação a uma posse insegura poderia ser definida como tendo as seguintes condições:

$$E(U^R S_+) \text{ iff } \partial E(U^R) / \partial c(\bullet) \geq 0 \quad (3)$$

$$E(U^R S_-) \text{ iff } \partial E(U^R) / \partial c(\bullet) < 0 \quad (4)$$

Segundo as equações (3) e (4), a segurança da posse surgiria, portanto, das expectativas de que as mudanças nas regras ao longo do tempo aumentarão (ou não diminuirão) a utilidade, enquanto a insegurança de posse surge das expectativas de que as regras ao longo do tempo podem diminuir a utilidade da terra (ARNOT et al., 2011).

Deste modo, os conceitos empíricos de segurança da posse assumem papel central para modelar seus impactos sobre decisões microeconômicas, especialmente em relação ao uso da terra. Neste aspecto, é necessário distinguir as dimensões relativas à garantia e à substância dos direitos de propriedade (SJAASTAD & BROMLEY, 2000), ou direitos – *de facto* ou *de jure* (MUELLER, 2018). Apenas a garantia de direitos, e não a substância, que realmente determinaria a segurança da posse, assim dois direitos com substância idêntica poderiam diferir em garantia e, portanto, apresentarem diferenças empíricas relevantes sobre percepção de que os direitos de propriedade são reconhecidos e protegidos (SJAASTAD & BROMLEY, 2000).

Os direitos de propriedade *de facto* podem divergir significativamente da dimensão *de jure*. Não significa, porém, que os direitos *de jure* sejam irrelevantes, eles representam a expectativa de como a sociedade concebeu o funcionamento dos direitos de propriedade (MUELLER, 2018). Contudo, como os proprietários percebem os direitos de propriedade *de*

*facto*, ou seja, as garantias de que terão seus direitos sobre a terra reconhecidos e protegidos, geralmente têm um impacto maior em suas decisões de uso da terra do que se essa posse é formal ou legalizada (ROBINSON et al., 2014). Vários estudos apontam que o título nem sempre refletiria uma posse de fato segura, seja pela instabilidade governamental (DEACON 1994; DEACON 1999) ou por instituições ruins, que levam a falta de *enforcement* dos direitos de propriedade (ACEMOGLU E JOHNSON 2005). Desta forma, medidas mais explícitas e relacionadas com as garantias de proteção dos direitos fundiários seriam *proxies* melhores para refletir a segurança da posse (ARNOT et al., 2011).

É muito provável que quando há incertezas para além da dimensão formal - *de jure* - do direito de propriedade, surjam incentivos para comportamentos improdutivos, oportunistas e defensivos (MUELLER, 2018). Neste contexto, as florestas ficam vulneráveis devido à atuação de proprietários e posseiros irregulares que são encorajados a desmatar devido à baixa percepção de que os direitos ou deveres sobre a propriedade da terra serão aplicados (ALSTON; et al., 2000). Este cenário é amplificado na Amazônia brasileira, que possui falhas generalizadas de governança fundiária que afetam diretamente as garantias de que os direitos de propriedade, uma vez adquiridos, serão reconhecidos e protegidos (REYDON et al., 2015). É comum na região, a existência de posses irregulares em florestas públicas não destinadas (BRITO, 2022), em florestas privadas (ALDRICH, 2015; BROWN et al., 2016), e a informalidade no mercado de terras, que cria um ambiente favorável para especulação fundiária e crimes de grilagem de terras (BRITO et al., 2019).

## **1.2 Revisão da literatura**

Em teoria, portanto, a segurança da posse da terra seria àquela onde a garantia de que os direitos ao uso, controle ou transferência são reconhecidos e protegidos (FAO, 2002). Em relação ao desmatamento, uma posse segura pode gerar incentivos contraditórios. Por um

lado, maior segurança da posse melhora o acesso ao crédito e aos mercados de commodities, estimulando novos desmatamentos através da intensificação agrícola (BUNTAINE; HAMILTON; MILLONES, 2015). Por outro lado, pode ajudar a reduzir o desmatamento devido à maior proteção contra ocupações irregulares (HOLLAND et al., 2017).

Evidências empíricas mais rigorosas que atribuem causalidade sobre os efeitos da segurança da posse sobre a conservação de florestas são escassas e controversas (BUSCH; FERRETTI-GALLON, 2017; ROBINSON et al., 2014). Esta realidade pode ser atribuída aos seguintes fatores principais: (i) dificuldade de acesso aos dados fundiários ao nível da fazenda; (ii) problemas metodológicos para isolar os efeitos de políticas de fortalecimento da posse, pois geralmente estão incluídas em pacotes maiores de intervenções para o desenvolvimento, (iii) o tempo necessário para que a segurança da posse produza os efeitos; (iv) aplicação de definições e medidas adequadas de segurança da posse; (v) fatores contextuais de natureza política, econômica e social que moderam fortemente a relação entre segurança da posse e desmatamento; e, (vi) a endogeneidade ou causalidade reversa entre problemas fundiários e desmatamento (ARNOT et al., 2011; HOLLAND et al., 2022).

Em geral, identificamos na literatura estudos que encontraram correlações negativas entre segurança da posse e desmatamento ao aplicarem medidas de garantia dos direitos de propriedade da terra. Foram observadas taxas maiores de desmatamento em países com instabilidade política, presença de guerras, conflitos ou agitações (BOHN; DEACON, 2000; DEACON, 1994, 1999). Na Amazônia brasileira, o tempo esperado de residência (CATTANEO, 2001), a presença de conflitos agrários e violência (FEARNSIDE 2001; SANT'ANNA e YOUNG 2010; ARAUJO et al. 2009), processos sociais contenciosos relativos à ocupação das terras (ALDRICH, 2015 & BROWN et al. 2016) e incentivos à especulação fundiária e grilagem de terras (BRITO et al., 2019), apoiam conclusões de que situações onde o nível de segurança da posse é maior se diminui as chances de desmatamento.

Em sentido oposto, a literatura aponta que a segurança da posse medida pela formalização de direitos de propriedade apresenta resultados ambíguos ou, em algumas situações, aumentou o desmatamento. No Brasil, um programa oficial de titulação de terras na Amazônia (Programa Terra Legal<sup>4</sup>) não apresentou impacto significativo sobre a redução do desmatamento (LIPSCOMB E PRABAKARAN 2020). Contrário às expectativas, pequenos e médios proprietários de terra chegaram a aumentar a sua área desmatada em resposta à emissão de títulos de terra pelo mesmo Programa (PROBST et al. 2020). Estas evidências sugerem que a segurança da posse, medida pela dimensão das garantias, e não pela simples formalização do direito de propriedade, apresenta maior associação com a redução do desmatamento.

A endogeneidade ou causalidade reversa potencial entre problemas fundiários e desmatamento de florestas também é uma fonte de preocupação na especificação de modelos que relacionam a segurança da posse com o desmatamento. Na Amazônia brasileira, este problema é ainda mais evidente devido às incertezas fundiárias generalizadas (SPAROVEK et al., 2019). Na região, ainda existem áreas significativas de florestas públicas não destinadas (AZEVEDO-RAMOS et al., 2020). Neste sentido, a conversão de florestas pode ser uma forma de ocupação ilegal de terras, tornando a ocupação o próprio efeito do desmatamento (BROWN, 2016). A proporção de cobertura florestal seria um fator importante para explicar o risco de ocupações irregulares (ALDRICH, 2015). Dentre os principais motivos estariam: o risco de violência ao ocupar uma área de floresta é menor; o valor da área com floresta é inferior aos das pastagens e lavouras; é mais fácil convencer as autoridades de que a terra é improdutiva; acesso à madeira, que é uma fonte de renda para os posseiros; e as áreas florestais após o

---

<sup>4</sup> O Programa Terra Legal foi implantado em 2009 como uma estratégia de planejamento fundiário e territorial do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDam), que foi uma grande iniciativa de política pública do governo brasileiro nas décadas de 2000/2010 para reduzir o desmatamento na região. O Programa tinha como meta titular pelo menos 47,5% dos 120 milhões de hectares das chamadas "terras públicas não destinadas", que não se enquadram como área protegida ou terra indígena (Probst et al., 2020).

desmatamento são mais fáceis de cultivar lavouras temporárias (ALDRICH, 2015; BROWN et al., 2016; FEARNSIDE, 2001).

### 1.3 Hipóteses

O Brasil, especialmente a região amazônica, possui uma frágil governança fundiária (REYDON et al., 2015). Os direitos de propriedade sobre a terra estão sujeitos a incertezas generalizadas e com altos níveis de insegurança da posse (CHIAVARI et al., 2021; COSTA, 2016; SPAROVEK et al., 2019). Isto afeta diretamente as garantias de que os direitos de propriedade, uma vez adquiridos, serão reconhecidos e protegidos (REYDON et al., 2015). É comum na região a existência de posses irregulares em florestas públicas não destinadas (BRITO, 2022), em florestas privadas (ALDRICH, 2015; BROWN et al., 2016), e a informalidade no mercado de terras, que cria um ambiente favorável para especulação fundiária e crimes de grilagem de terras (BRITO et al., 2019). Na Amazônia brasileira, este contexto acaba encorajando comportamentos improdutivos, oportunistas ou defensivos que podem contribuir para o desmatamento e desrespeito às leis florestais, até mesmo nas fazendas com direitos de propriedade sobre a terra formalizados. Diante deste quadro, testamos duas hipóteses:

**Hipótese 1.** Imóveis rurais com maior nível de segurança da posse, medido pela dimensão das garantias dos direitos de propriedade sobre a terra, desmatam menos e têm mais chances de cumprir as leis florestais.

**Hipótese 2.** A formalização dos direitos de propriedade através da emissão de títulos legais de terras pode não contribuir para a redução do desmatamento, especialmente em contextos com maior insegurança da posse, medida pela dimensão das garantias dos direitos de propriedade.

## **2. Segurança da posse e desmatamento: uma abordagem pela dimensão das garantias dos direitos de propriedade**

### **2.1 Introdução**

Neste capítulo, avaliamos até que ponto fazendas com maior segurança da posse, medida em termos de garantia dos direitos de propriedade, desmatam menos e têm mais chances de cumprir a legislação florestal na Amazônia brasileira. Trazemos duas contribuições principais para a literatura. Primeiro, trabalhamos com uma nova proxy para a segurança da posse, definida como a ausência de sobreposição de direitos de propriedade, que significa que não existem dois imóveis rurais ocupando total ou parcialmente o mesmo espaço. Em segundo lugar, usamos um conjunto de dados inéditos com informações ao nível da fazenda para toda a população de imóveis rurais do estado do Acre, parte mais ocidental da Amazônia brasileira. Analisamos os impactos da segurança da posse em dois desfechos: a área total desmatada e a probabilidade de cumprimento do Código Florestal Brasileiro, que define um limite de 20% da área desmatada em cada fazenda. Controlamos a não aleatoriedade entre os grupos tratamento (segurança da posse) e controle (insegurança da posse) usando estratégias baseadas no ajuste de regressão de ponderação de probabilidade inversa (IPWRA).

A Amazônia brasileira é caracterizada por direitos de propriedade fracos e sujeitos a incertezas generalizadas (REYDON et al., 2019; SPAROVEK et al., 2019). A região ainda apresenta uma parcela relevante de florestas públicas sem destinação e a grilagem e posses irregulares de terras são comuns (AZEVEDO-RAMOS et al., 2020a; BRITO, 2022; BRITO et al., 2019). Para melhorar a governança fundiária e reduzir o desmatamento, o governo brasileiro tem buscado facilitar a titulação de posses individuais de terras (CHIAVARI; LOPES, 2020). Estudos têm apontado que a titulação individual de terras sozinha, sem coordenação com outras políticas, pode não produzir os benefícios ambientais esperados (PROBST et al., 2020).

O título legal, por si só, não seria capaz de alterar o direito subjacente dos proprietários de terra de tomarem decisões sobre o seu uso como melhor lhe convém (ROBINSON et al., 2014). Proprietários de terras tituladas ainda podem ter incentivos para desmatar ao empreender atividades agropecuárias (ASSUNÇÃO et al., 2015) ou especular no mercado de terras (REYDON et al., 2019). Uma posse segura seria reflexo da garantia ou percepção de que de fato os direitos fundiários estão assegurados e protegidos e, em muitas situações, essa condição não está consistentemente correlacionada com a forma legal da posse (ARNOT et al., 2011; HIGGINS et al., 2018; SJAASTAD E BROMLEY, 2000). Vários estudos que aplicaram medidas de garantia da posse da terra, documentaram correlações negativas entre segurança da posse e desmatamento (ARNOT et al., 2011; BOHN & DEACON, 2000; DEACON, 1994, 1999), incluindo na Amazônia brasileira (CATTANEO, 2001; FEARNESIDE 2001; SANT'ANNA e YOUNG 2010; ARAUJO et al. 2009; ALDRICH et al. 2015; BROWN et al. 2016; BRITO et al., 2019), reforçando conclusões de que situações onde a garantia dos direitos de propriedade é maior se diminui as chances de desmatamento.

Neste capítulo, portanto, testamos a hipótese de que os imóveis rurais com maior nível de segurança da posse, medido pela dimensão das garantias dos direitos de propriedade sobre a terra, desmatam menos e têm mais chances de cumprir as leis florestais.

Este capítulo está estruturado em 7 seções, incluindo esta introdução e as conclusões. Na segunda seção, relatamos um breve contexto da região estudada. Na terceira e quarta seção apresentamos nossa base de dados e explicamos a estratégia empírica aplicada. Em seguida, apresentamos os resultados das nossas estimativas e finalmente discutimos as evidências encontradas à luz da literatura.

## 2.2 Contexto

Testamos nossas hipóteses a partir dos dados fundiários e ambientais da população total de imóveis rurais do estado do Acre, entre os anos de 2008 e 2018. O Acre se localiza na parte mais ocidental da Amazônia brasileira, possui um território de 164,1 mil km<sup>2</sup>, cerca de 3,3 % da Amazônia Legal. Possui uma população de aproximadamente 900 mil habitantes (4,42 hab/km<sup>2</sup>) que se encontra majoritariamente nas cidades (mais de 70%) (IBGE, 2023). A renda mensal domiciliar per capita é de R\$ 1.038 e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do estado é de 0,66<sup>5</sup> (IBGE, 2023). O território acreano é formado por 2 mesorregiões, Vale do Acre (porção leste) e Vale do Juruá (porção oeste), divididas em 5 regionais, Alto Acre, Baixo Acre, Purus, Tarauacá-Envira e Juruá, onde estão os 22 municípios (Apêndice 1 - Figura A1) (IBGE, 2020).

Destacamos três períodos históricos que marcaram a dinâmica de ocupação do território acreano. O primeiro iniciou na segunda metade do século XIX, ligado às transformações produtivas no contexto da revolução industrial, onde o então território do Acre se transformou em importante fonte de suprimento de borracha natural<sup>6</sup>, extraída por seringueiros distribuídos em grandes áreas de floresta. O segundo período iniciou na década de 1960, e foi caracterizado pela expansão das fronteiras agropecuárias em direção à Amazônia resultante de políticas da ditadura militar que subsidiaram a compra de terras, construíram infraestruturas, desenvolveram grandes programas de colonização e reforma agrária e garantiram os recursos financeiros para expansão principalmente da pecuária no Acre.

---

<sup>5</sup> Dados de 2010, último ano do levantamento.

<sup>6</sup> O ponto de partida da economia da borracha no Acre era o seringueiro em sua “colocação”, que compreendia sua casa; as instalações onde eram realizadas a defumação do látex, um pequeno roçado e duas ou três estradas de seringa, cada qual com 150 a 300 árvores. O segundo elo da cadeia é o barracão, armazém que comprava a borracha produzida pelos seringueiros e vendia os gêneros indispensáveis à sua sobrevivência, que ele não podia prover. O barracão era propriedade do seringalista, que vendia a borracha produzida pelos seringueiros para as grandes casas aviadoras, em Belém e Manaus, que financiavam o sistema, sendo elas mesmas financiadas pelas grandes empresas de exportação e importação de borracha (Paula, 1982).

Finalmente, o terceiro período nasce com a redemocratização do Brasil e a promulgação da Constituição em 1988, e se caracteriza pela implementação de estratégias de uso e ocupação do solo baseadas em conceitos de sustentabilidade e conservação da floresta (CAMPOLINA et al., 2023).

Para ter uma visão mais ampla do uso e ocupação do solo no território acreano atualmente, partimos da delimitação das zonas de gestão do território definida pelo Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre (ZEE-Acre)<sup>7</sup>. Foram definidas quatro zonas: (i) Zona 1: consolidação de sistemas de produção sustentáveis, composta por áreas de influência direta das principais rodovias e regiões de fronteira, ocupadas por pequenos, médios e grandes imóveis rurais e projetos de assentamento da reforma agrária tradicionais; (ii) Zona 2: uso sustentável dos recursos naturais e proteção ambiental, composta por áreas já destinadas como unidades de conservação federal e estadual, terras indígenas e projetos de assentamento ambientalmente diferenciados; (iii) Zona 3: áreas prioritárias para o ordenamento territorial, constituída por áreas em processo de definição de uso e regularização fundiária; e, (iv) Zona 4: cidades do Acre, composta pela zona urbana dos municípios acreanos (Apêndice 1 - Figura A2) (ACRE, 2021).

A área cadastrável no CAR, nossa principal base de dados, corresponde a 73,8 % (121,1 mil km<sup>2</sup>) do território do Acre. Abrange a área total das zonas 1 e 3 (34,9 % e 35,0 %, respectivamente, da área cadastrável), parte da zona 2 (30,1 % da área cadastrável) e exclui totalmente a zona 4, referente às áreas urbanas (Apêndice 1 - Tabela A1). Na prática, analisamos os dados da população total de imóveis rurais nas zonas definidas como prioritárias para produção agrícola e regularização fundiária, somados aos imóveis localizados em assentamentos da reforma agrária ambientalmente diferenciados.

---

<sup>7</sup> Instituído pela Lei Estadual nº 1.904, de 05 de junho de 2007.

Até o fim de 2019, o CAR havia alcançado 53.612 declarações de imóveis rurais de diversas categorias fundiárias<sup>8</sup>. O governo estadual promoveu um grande esforço de povoamento da base de dados do CAR no período de 2015 a 2018. Estabeleceu estratégias efetivas para garantir o cadastro de imóveis rurais acima e abaixo de 4 módulos fiscais<sup>9</sup> em todas as regionais e municípios, em assentamentos da reforma agrária e também nas unidades de conservação (ACRE, 2021). Uma inovação importante no sistema de inscrição do CAR do estado do Acre em relação ao restante do país foi o desenvolvimento de funcionalidades para permitir que os produtores rurais efetuassem o *upload* do comprovante fundiário nas suas declarações (SICAR-ACRE, 2018). Este fato foi determinante para a viabilidade das análises realizadas neste estudo.

Em relação ao desmatamento, o gráfico da figura 1 mostra que mais de 70% da área total desmatada entre 2009 e 2018 no estado do Acre ocorreu em propriedades rurais privadas inscritas no CAR (PRODES, 2022).

---

<sup>8</sup> O mapa da figura A3, do Apêndice 1, mostra a distribuição espacial das diferentes categorias fundiárias pelo território acreano.

<sup>9</sup> Módulo fiscal é uma unidade de medida agrária usada no Brasil, instituída pela Lei Federal nº 6.746, de 10 de dezembro de 1979. É expressa em hectares e é variável, sendo fixada para cada município, levando-se em conta: tipo de exploração predominante no município; a renda obtida com a exploração predominante; outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam expressivas em função da renda ou da área utilizada; e, conceito de propriedade familiar. No âmbito do novo Código Florestal (Lei Federal 12.651/2012), imóveis rurais abaixo de 4 módulos fiscais, mediante o atendimento de outros critérios, são classificados como pequena propriedade ou posse rural familiar. No estado do Acre, o módulo fiscal varia de 70 a 100 hectares a depender do município.

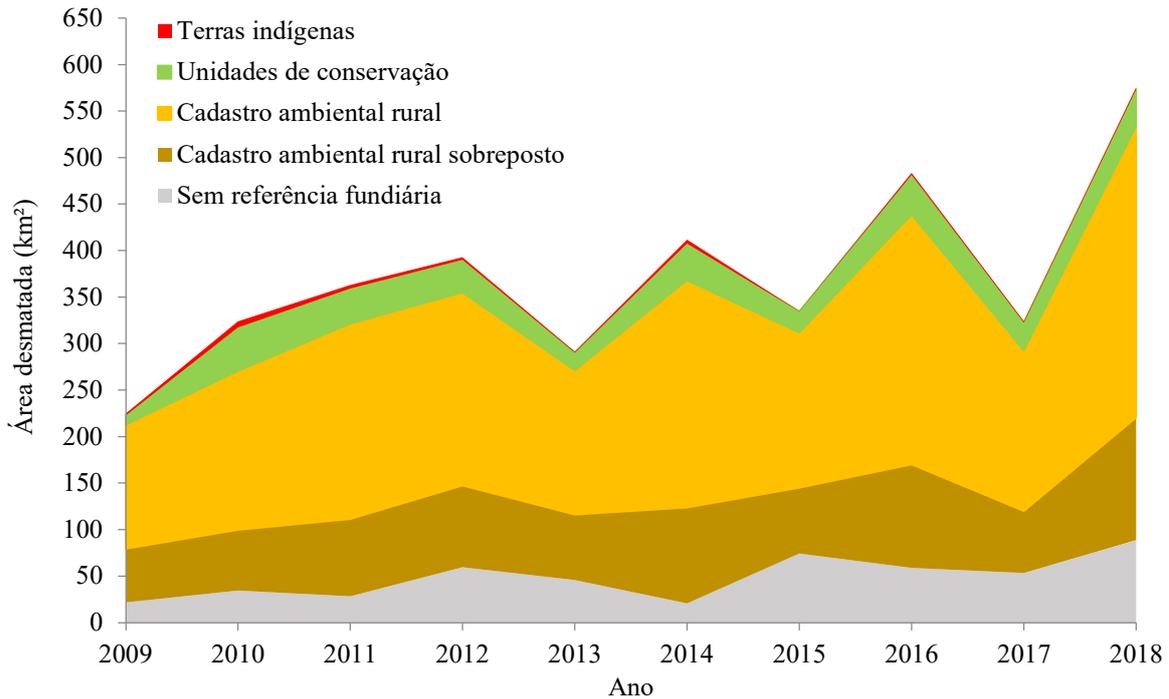


Figura 1. Área total desmatada por categoria de terra entre 2009 e 2018

Fonte: (ACRE, 2021; PRODES, 2022; SICAR-ACRE, 2018).

A participação de áreas desmatadas aumentou 1,8 pontos percentuais (2.878 km<sup>2</sup>) entre 2009 e 2018 (Tabela 1). Nas ocupações irregulares (terras ocupadas), a participação das áreas desmatadas foi quase duas vezes maior do que nas terras tituladas e de propriedade legal (36,1%, 14,5% e 18,7%, respectivamente).

Tabela 1. Distribuição da área e total desmatado por categoria de terra de 2009 a 2018

Item	Categoria fundiária	Área total (km <sup>2</sup> )	% da área total	Área desmatada (km <sup>2</sup> )	% da área desmatada
1	Terras Indígenas	27.080,6	16,5%	26,3	0,9%
2	Unidades de conservação	47.848,2	29,1%	321,9	11,2%
3	Terras privadas registradas no CAR	59.014,6	35,9%	2.044,6	71,0%
3.1	Propriedade legal	35.839,3	21,8%	538,1	18,7%
3.2	Terras tituladas	6.991,4	4,3%	418,5	14,5%
3.3	Terras ocupadas	13.727,3	8,4%	1.038,5	36,1%
3.4	Não identificadas	2.456,5	1,5%	49,5	1,7%
4	Sem referência fundiária	30.230,1	18,4%	485,1	16,9%
<b>Total</b>		<b>164.173,4</b>	<b>100,0%</b>	<b>2.878,0</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: (ACRE, 2021; PRODES, 2022; SICAR-ACRE, 2018).

### 2.3 Dados

Acessamos o banco de dados completo do CAR do estado do Acre, com informações sobre a população total de imóveis rurais cadastrados entre 2014 e 2018 (SICAR-ACRE, 2018). Foram incluídas apenas propriedades privadas que não se sobrepõem a nenhuma área legalmente protegida, como terras indígenas e unidades de conservação. Os *drivers* do desmatamento em áreas protegidas podem ser impulsionados por outros fatores, além de estarem sujeitos a um regime diferenciado de governança fundiária. Nossa amostra contém um total de 35.067 propriedades rurais privadas, que cobrem cerca de 36% do território acreano. Os dados de desmatamento são provenientes do projeto oficial de monitoramento do desmatamento da Amazônia Legal por satélite (PRODES, 2022). Mesclamos os mapas com as áreas desmatadas em cada ano do PRODES com os polígonos de propriedades rurais do CAR (SICAR-ACRE, 2018) para calcular a área total desmatada por fazenda<sup>10</sup>. Repetimos essa operação para todos os anos entre 2007 e 2018.

Os dados do SICAR-Acre também permitiram segmentar as análises em três categorias fundiárias<sup>11</sup>: (i) Propriedade legal, o que significa que a terra está oficialmente registrada no órgão judicial competente; (ii) Terras tituladas, o que significa que a terra foi formalmente transferida do estado para o agente privado, no entanto, ainda não foi levada a registro no órgão judicial competente; e, (iii) Terras ocupadas, o que significa que a ocupação do solo se encontra irregular.

---

<sup>10</sup> No Apêndice 2 descrevemos os procedimentos adotados para a construção das nossas variáveis de resultado.

<sup>11</sup> No Apêndice 3 apresentamos um demonstrativo do perfil fundiário dos imóveis rurais declarados no Cadastro Ambiental Rural (CAR) do estado do Acre. Mostramos a existência de mais de 27 tipologias de comprovação fundiária, incluindo a existência de uma proporção significativa de imóveis rurais caracterizados como ocupações precárias (SICAR-Acre, 2018).

### 2.3.1 Segurança da posse

Utilizamos dados do CAR para criar indicadores de segurança da posse com base na ausência de sobreposição de direitos fundiários, que significa que o imóvel rural não ocupa total ou parcialmente o mesmo espaço de outro, e há apenas um comprovante fundiário atestando a quem pertence o imóvel. A sobreposição de direitos de fundiários pode indicar falhas técnicas da própria declaração no CAR, mas indica, sobretudo, os problemas de governança fundiária, seja pela presença de conflitos agrários ou posseiros ocupando a terra de forma irregular<sup>12</sup>. Testamos a sensibilidade de nossas estimativas usando dois indicadores de segurança da posse. A primeira variável de tratamento  $T_1$  utiliza uma definição estrita de segurança da posse: a variável binária assume 1 para aqueles imóveis rurais sem sobreposição de limites com outros imóveis. O segundo indicador  $T_2$  utiliza uma definição formal de sobreposição recomendada pelo (SICAR-ACRE, 2018): A variável binária assume 1 para aqueles imóveis rurais com até 10% (para tamanho de propriedade até 400 hectares), 5% (para tamanho de propriedade entre 400 hectares e 1500 hectares), de 3% (para tamanho de propriedade superior a 1500 hectares) de sobreposição com outros imóveis. Quando a área sobreposta ultrapassa esses limites definidos pelo SICAR-Acre, o imóvel rural não poderá receber comprovação de regularidade ambiental. Nossa amostra contém 11% de propriedades rurais classificadas como tendo segurança da posse com base no primeiro critério e 40,3% com base no segundo critério (Figura 2).

---

<sup>12</sup> O Apêndice 4 mostra um exemplo de situação típica de sobreposição de direitos fundiários encontrado nos imóveis rurais cadastrados no SICAR-Acre (2018).

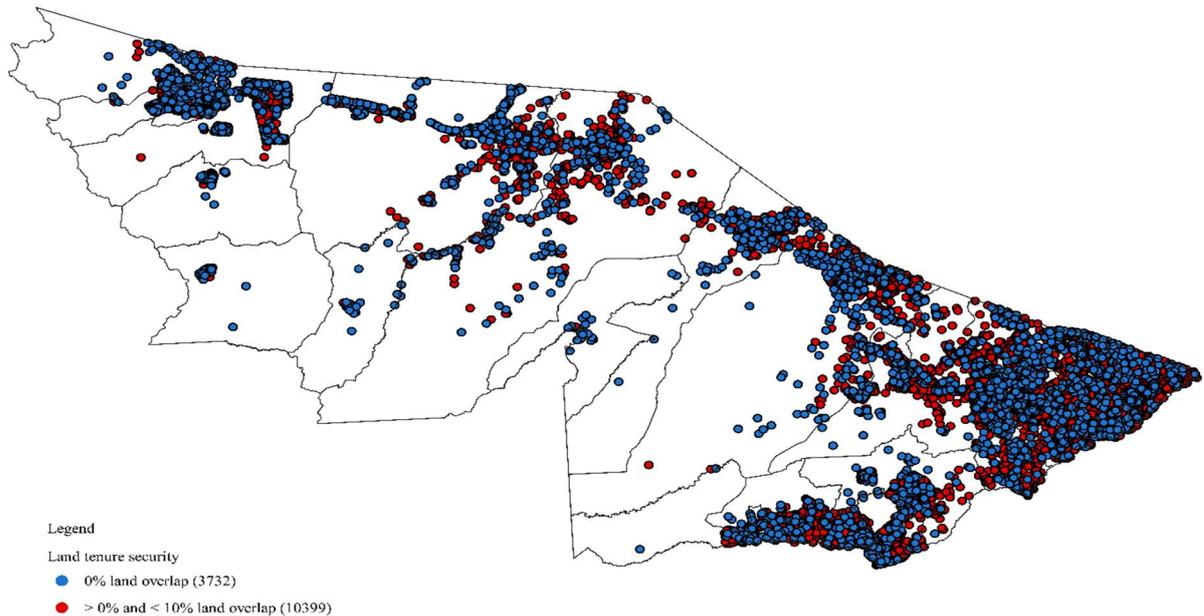


Figura 2. Segurança da posse de imóveis rurais no estado do Acre

Fonte: (IBGE, 2020; SICAR-ACRE, 2018)

### 2.3.2 Variáveis de resultado

Temos duas variáveis de resultado: (i) a parcela de área desmatada; e, (ii) o cumprimento do Código Florestal. O primeiro resultado é representado pela razão entre a área desmatada entre 2009-2018 e a área total da propriedade. Em média, 7,5% da área total das propriedades foi desmatada entre 2009-2018 (Tabela 2). A participação da área desmatada nas propriedades com segurança da posse foi quase 1 ponto percentual menor do que nas propriedades com insegurança da posse (7,5% versus 6,6% para  $T_1$  e 7,8% versus 6,5% para  $T_2$ ).

O segundo resultado é uma variável binária assumindo 1 para as propriedades que estão em conformidade com o Código Florestal em 2008. O Código Florestal em 2008 definia um limite de 20% para a área total da propriedade com desmatamento na Amazônia. No entanto, em 2012, o governo brasileiro aprovou uma nova reforma do Código Florestal, concedendo anistia àqueles que desmataram ilegalmente mais de 20% da área total antes de julho de 2008.

Para contabilizar o desmatamento com anistia, segmentamos as análises para esse desfecho em dois grupos: propriedades não anistiadas, aquelas com até 20% de desmatamento antes de 2008 (7.698 propriedades, ou 21,9% da amostra); propriedades anistiadas, aquelas com mais de 20% de desmatamento antes de 2008 (27.369 propriedades, ou 78,1% da amostra). Para o grupo de propriedades não anistiadas, a variável de desfecho binário assume 1 se a participação da área desmatada em 2018 foi inferior a 20% (4.810 de 7.698 propriedades, ou 62,5%). Para o grupo de propriedades anistiadas, a variável de desfecho binária para assume 1 quando o desmatamento entre 2009 e 2018 foi zero (16.246 de 27.369 propriedades, ou 59,4%).

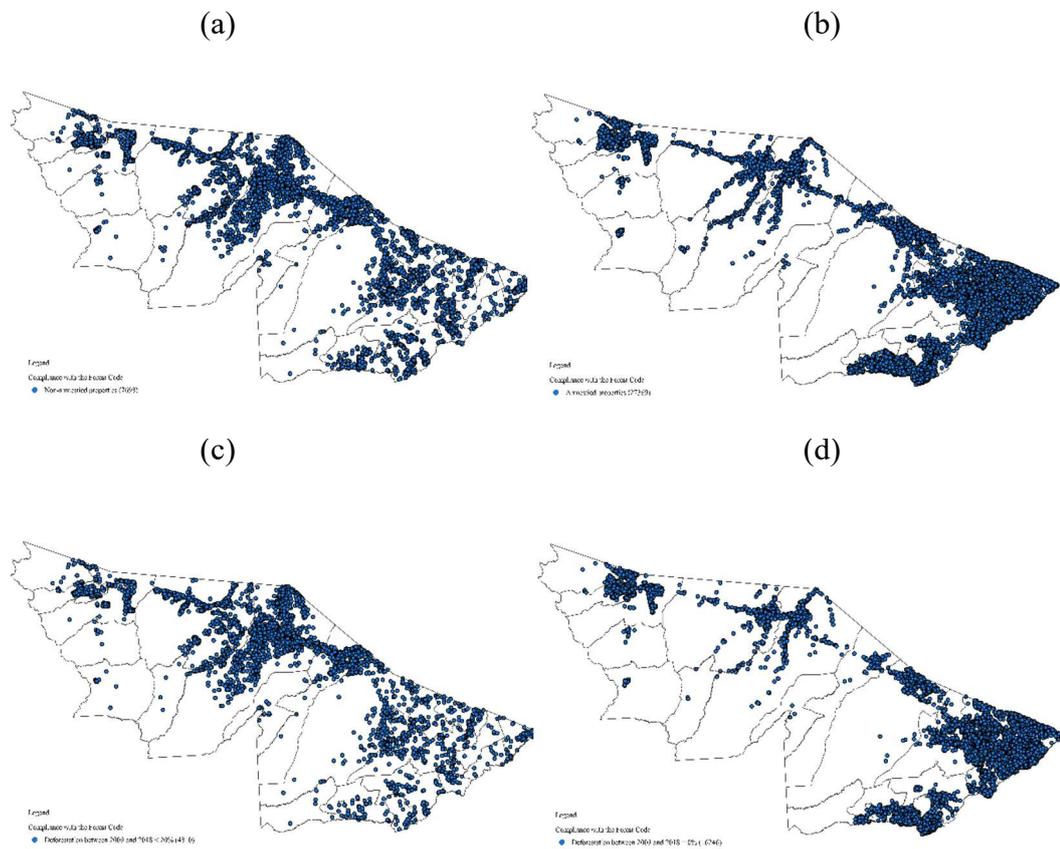


Figura 3. Número de propriedades rurais em conformidade com o Código Florestal 2008.

Fonte: (IBGE, 2020; PRODES, 2022; SICAR-ACRE, 2018). Legenda: (a) Propriedades não anistiadas; b) Propriedades anistiadas; c) Imóveis não anistiados em conformidade; d) Propriedades anistiadas em conformidade.

### 2.3.3 Variáveis de controle

As variáveis de controle incluem (Tabela 2): a proporção de área desmatada antes de 2008 (SICAR-ACRE, 2018), que controla o desmatamento defasado; tamanho da propriedade (em hectares) (SICAR-ACRE, 2018), que controla a disponibilidade de terras para desmatamento e outras atividades econômicas; altitude (em 100 metros) (SCHIELEIN, 2018), que controla as condições do solo e do clima; acessibilidade (em 100 min) (SCHIELEIN, 2018), que representa o tempo de deslocamento até a cidade mais próxima e controla o acesso ao mercado e fiscalização ambiental; uma variável binária para aptidão agrícola que se baseia em classes de uso e declividade da terra definidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2020) e controla o custo de oportunidade da terra para a agricultura; o log da taxa média de lotação municipal (rebanho/área de pastagem) (IBGE, 2018), que controla o custo de oportunidade da terra para o gado; o log do preço médio da terra municipal (R\$/ha) (INCRA, 2017), que controla o valor de mercado da terra; a parcela da área total do município com embargo pelo órgão ambiental brasileiro por desmatamento ilegal (IBAMA, 2022), que controla a aplicação da lei e as práticas ilegais na localidade.

Tabela 2. Estatísticas descritivas

Variável	Descrição	$T_1$		$T_2$	
		Não	Sim	Não	Sim
Tamanho da amostra		31.335	3.732	24.214	10.399
Variáveis dependentes					
Deforestation	Proporção da área desmatada da fazenda entre 2009 e 2018	0,075 (0,135)	0,066 (0,140)	0,078 (0,137)	0,065 (0,131)
Complier   non-amnisted	<i>(apenas para quem cumpria o código florestal anteriores a 2008)</i> 1 se a parcela de área desmatada entre 2009 e 2018 não for superior a 20%, caso contrário 0	0,613 (0,487)	0,696 (0,460)	0,619 (0,486)	0,639 (0,480)
Complier   amnisted	<i>(apenas para quem não cumpria o código florestal anteriores a 2008)</i> 1 se o desmatamento for nulo entre 2009 e 2018, 0 caso contrário	0,582 (0,493)	0,704 (0,457)	0,576 (0,494)	0,631 (0,482)
Variáveis independentes					

Variável	Descrição	$T_1$		$T_2$	
		Não	Sim	Não	Sim
Consolidated	Proporção da área total desmatada até 2008	0,560 (0,340)	0,537 (0,389)	0,546 (0,342)	0,582 (0,351)
Size	(log) Tamanho da fazenda em hectares	3,868 (1,154)	3,466 (1,333)	3,822 (1,139)	3,833 (1,271)
Accessibility	Tempo de viagem em minutos até a cidade mais próxima dividido por 100 minutos	1,316 (1,634)	1,453 (1,903)	1,382 (1,735)	1,215 (1,493)
Altitude	Altitude em metros da propriedade rural dividida por 100 metros	1,990 (0,354)	1,993 (0,355)	1,986 (0,346)	2,001 (0,371)
Aptitude	Variável binária que assume 1 caso a fazenda estiver localizada em terras com aptidão agrícola, 0 caso contrário	0,393 (0,488)	0,385 (0,487)	0,387 (0,487)	0,404 (0,491)
Cattle	(log) Rebanho bovino municipal por hectare	0,258 (0,145)	0,223 (0,138)	0,255 (0,146)	0,251 (0,142)
Price	(log) Preço médio dos terrenos municipais em R\$ 1 mil	3,072 (1,016)	2,876 (1,018)	3,034 (1,044)	3,091 (0,956)
Embargo	Proporção da área do município em embargo	0,009 (0,010)	0,010 (0,011)	0,009 (0,011)	0,009 (0,009)

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.4 Estratégia empírica

Queremos estimar  $\delta$ , o efeito médio do tratamento sobre o tratado (ATT) sobre o resultado  $Y$ , controlando as características da propriedade ( $\mathbf{x}$ ):

$$E(Y_i|T_i, \mathbf{x}_i) = \Lambda(\delta T_{j_i}, \mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}) \quad (1)$$

Onde  $T_j$  ( $j = 1$  para a definição estrita de segurança da posse e 2 para a definição formal) é a variável de tratamento. O vetor  $\boldsymbol{\beta}$  contém os coeficientes para as variáveis de controle no vetor  $\mathbf{x}$ . A função de link  $\Lambda$  define a forma de relacionamento entre  $\delta T_i$  e  $E(Y_i)$ . Nos modelos de proporção da área desmatada,  $\Lambda$  representa uma função linear tradicional. Nos modelos de cumprimento do Código Florestal,  $\Lambda$  representa uma função probit.

Testamos a sensibilidade das estimativas do ATT ( $\delta$ ) comparando diferentes estratégias empíricas. Utilizamos modelos lineares e tobit para a variável dependente referente a parcela de áreas desmatadas. O modelo Tobit assume que a variável dependente é zero para

uma parcela populacional não trivial (WOOLDRIDGE, 2003). No nosso caso, mais da metade das propriedades rurais não desmatou entre 2009 e 2018 (18.422 de 35.067 propriedades rurais). No caso da variável dependente binária de conformidade com o Código Florestal, usamos modelos probit e estimadores de ML.

Uma das principais limitações das estratégias descritas é assumir que a segurança da posse não está correlacionada com as variáveis não observáveis (erros). Esses estimadores podem ser enviesados se a seleção do grupo de tratamento não for aleatória. Por exemplo, a segurança da posse da terra pode ser maior em áreas mais tradicionais de desenvolvimento agrícola, onde o desmatamento também é alto.

Controlamos o viés de seleção da amostra por meio do *Ajuste de Regressão de Ponderação de Probabilidade Inversa* (IPWRA), uma estratégia de estimação em dois estágios (IMBENS; WOOLDRIDGE, 2009). O IPWRA minimiza o viés de seleção equilibrando grupos de tratamento e controle com base em covariáveis observáveis. No primeiro estágio, ajustamos um modelo probit (function  $\Phi$ ) para a probabilidade  $p$  de uma propriedade ter segurança fundiária:

$$p = Pr(T_i = 1 | \mathbf{x}_i) = \Phi(\mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}) \quad (2)$$

Na segunda etapa, estimamos equação (1) ponderando as observações pela probabilidade inversa de tratamento ou não tratamento: o peso é  $w = 1/p$  para o grupo de tratamento; e  $w = 1/(1 - p)$  para o grupo de controle. Os escores de propensão minimizam esse viés, equilibrando os fatores de confusão conhecidos entre os grupos de tratamento. O IPWRA obtém estimativas consistentes mesmo quando apenas uma das duas equações (modelo de seleção ou de resultado) é corretamente especificada, i.e., o IPWRA é considerado uma estratégia duplamente robusta (IMBENS; WOOLDRIDGE, 2009).

## 2.5 Resultados

Iniciamos essa seção apresentando as estimativas da probabilidade dos imóveis rurais terem segurança da posse da terra, que foram utilizadas para ponderar as observações pela probabilidade inversa de tratamento ou não tratamento dos nossos resultados principais apresentados na subseção posterior. Apresentamos também uma verificação de robustez baseada na análise do balanço das covariáveis onde comparamos as médias padronizadas e as razões de variância para todas as observações da amostra. Finalmente, concluímos esta seção mostrando os efeitos heterogêneos da segurança da posse em diferentes categorias fundiárias.

### 2.5.1 Probabilidade de segurança da posse

As duas primeiras colunas da tabela 3 apresentam as estimativas de primeira etapa dos modelos probit para a probabilidade de ter segurança da posse da terra (usando as definições de  $T_1$  e  $T_2$ ) para todos os imóveis da amostra (equação 2). Usamos esses modelos quando o resultado na segunda etapa é a parcela da área desmatada. As quatro últimas colunas apresentam as estimativas para as subamostras de propriedades não anistiadas e anistiadas. Utilizamos esses modelos quando o resultado na segunda etapa é o cumprimento do Código Florestal para propriedades não anistiadas e anistiadas.

Tabela 3. Estimativas dos efeitos marginais dos modelos probit para a probabilidade de segurança da posse

Variável	Amostra total		Não anistiado		Anistiado	
	T1 (0%)	T2 (5%)	T1 (0%)	T2 (5%)	T1 (0%)	T2 (5%)
Consolidated	-0.019*** (0,006)	0.105*** (0,010)	-0.457*** (0,064)	-0.311*** (0,087)	0.033*** (0,008)	0.147*** (0,014)
In Size	-0.034*** (0,002)	0.019*** (0,003)	-0.037*** (0,004)	-0.023*** (0,005)	-0.029*** (0,002)	0.036*** (0,003)
Accessibility	0.010*** (0,001)	-0.020*** (0,002)	0.008*** (0,002)	-0.011*** (0,003)	0.007*** (0,002)	-0.027*** (0,004)
Altitude	-0.039*** (0,005)	0.047*** (0,009)	0.024+ (0,014)	0.172*** (0,020)	-0.051*** (0,006)	0,013 (0,010)
Aptitude	0.013*** (0,004)	0.015* (0,006)	0,006 (0,011)	0,024 (0,015)	0.011** (0,004)	0.011+ (0,006)

Variável	Amostra total		Não anistiado		Anistiado	
	T1 (0%)	T2 (5%)	T1 (0%)	T2 (5%)	T1 (0%)	T2 (5%)
In Cattle	-0.102*** (0,006)	-0.118*** (0,009)	-0.185*** (0,018)	-0.218*** (0,024)	-0.085*** (0,006)	-0.107*** (0,010)
In Price	0.038*** (0,006)	0.138*** (0,010)	0.102*** (0,013)	0.232*** (0,018)	0.026*** (0,007)	0.104*** (0,012)
Embargo	0.859*** (0,153)	1.016*** (0,275)	1.054*** (0,273)	1.951*** (0,386)	0.967*** (0,208)	0.927* (0,402)
Observações	35.067	35.067	7.698	7.698	27.369	27.369
Pseudo R2	0,045	0,016	0,051	0,044	0,049	0,012
AIC	22.716	46.549	6.083	9.489	16.408	36.794
BIC	22.792	46.626	6.146	9.552	16.482	36.868

Nota: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ ; Erros padrão entre parênteses.

A maioria das estimativas da tabela 3 é significativa a 5%. As estimativas para os efeitos marginais destacam que a probabilidade de segurança da posse está negativamente relacionada à taxa de lotação e positivamente relacionada ao preço médio da terra no município e à participação da área do município embargada. Por exemplo, quanto maior o valor da terra para a agricultura, maior a probabilidade de segurança da posse da terra. Por outro lado, a densidade pecuária sugere estimular a insegurança fundiária por meio da sobreposição de áreas. Os sinais e a importância de outras estimativas não são tão simples.

Usamos as estimativas de probit na tabela 3 para prever a probabilidade de ter segurança fundiária ( $p$ ) e os pesos ( $w$ ) para cada propriedade rural. Já o ATT é baseado na diferença média entre os grupos tratamento e controle, os estimadores IPWRA podem ser vulneráveis a valores atípicos, e.g., observações com pesos elevados. Para minimizar a influência de outliers, atribuímos valores faltantes a pesos que estavam 1,5 intervalo interquartil (a diferença entre o terceiro e o primeiro quartis) acima do terceiro quartil. Como resultado, ignoramos 1.101 propriedades (3,1% da amostra) ao usar o estimador IPWRA para a definição estrita de segurança da posse ( $T_1$ ) e 126 propriedades (0,4% da amostra) ao usar a definição formal ( $T_2$ ).

### 2.5.2 Impactos da segurança da posse

A tabela 4 mostra as estimativas OLS e Tobit dos modelos para a participação da área desmatada usando as definições de  $T_1$  e  $T_2$ , antes e depois da ponderação (IPWRA). As estimativas para a ATT são negativas e significativas em 0,1% em todos os modelos. As estimativas são mais pronunciadas nos modelos tobit, que contabilizam o excesso de propriedades com desmatamento zero entre 2009 e 2018. As estimativas tobit usando a definição estrita de posse da terra ( $T_1$ ) indicam que a parcela da área desmatada ficou entre 1,8 (com peso) e 2,3 (sem peso) pontos percentuais (p.p.) menor em propriedades sem direitos fundiários sobrepostos do que em propriedades de mesmo nível com direitos sobrepostos. As estimativas de tobit usando a definição formal de segurança fundiária ( $T_2$ ) intervalo entre 0,009 (com peso) e 0,01 (sem pesos), i.e., a parcela da área desmatada foi quase 1 ponto percentual menor nas propriedades com segurança da posse.

A segurança da posse também aumentou a probabilidade de cumprimento do Código Florestal (Tabela 5). As estimativas de probit usando a definição estrita de segurança da posse da terra ( $T_1$ ) indicam que entre os cumpridores do Código Florestal anteriores a 2008 (propriedades não anistiadas), a segurança da posse aumentou o cumprimento (pós-2008) com o Código Florestal entre 5,9 (com pesos) e 7,7 (sem pesos) pontos percentuais (p.p.). Entre os não cumpridores do Código Florestal anteriores a 2008, a segurança da posse aumentou a conformidade (pós-2008) entre 6,6 (com pesos) e 7,9 (sem pesos) p.p. Embora em menor proporção, resultados semelhantes são observados usando a definição formal de segurança da posse da terra ( $T_2$ ). Entre os cumpridores anteriores a 2008, a segurança fundiária aumentou a conformidade (pós-2008) entre 3,7 (com pesos) e 3,8 (sem pesos) p.p. Entre os não cumpridores antes de 2008, a segurança da posse da terra aumentou a conformidade (pós-2008) entre 4 p.p. (com pesos) e 4,1 p.p. (sem pesos).

Tabela 4. Estimativas dos modelos para a variável dependente parcela de área desmatada entre 2009 e 2018

Variáveis	T1 (0%)				T2 (5%)			
	OLS	OLS+IPWRA	Tobit	Tobit+IPWRA	OLS	OLS+IPWRA	Tobit	Tobit+IPWRA
Land security	-0.017*** (0,002)	-0.012*** (0,002)	-0.023*** (0,002)	-0.018*** (0,002)	-0.007*** (0,001)	-0.007*** (0,001)	-0.010*** (0,001)	-0.009*** (0,001)
Consolidated	-0.220*** (0,003)	-0.208*** (0,005)	-0.199*** (0,003)	-0.186*** (0,004)	-0.219*** (0,003)	-0.217*** (0,004)	-0.198*** (0,003)	-0.196*** (0,003)
ln Size	-0.020*** (0,001)	-0.021*** (0,001)	-0.006*** (0,001)	-0.006*** (0,001)	-0.019*** (0,001)	-0.019*** (0,001)	-0.005*** (0,001)	-0.005*** (0,001)
Accessibility	-0.004*** (0,000)	-0.005*** (0,001)	-0.003*** (0,000)	-0.005*** (0,001)	-0.005*** (0,000)	-0.004*** (0,001)	-0.004*** (0,000)	-0.003*** (0,000)
Altitude	0.033*** (0,002)	0.029*** (0,004)	0.031*** (0,002)	0.027*** (0,003)	0.034*** (0,002)	0.033*** (0,002)	0.032*** (0,002)	0.031*** (0,002)
Aptitude	0.008*** (0,001)	0.007** (0,002)	0,001 (0,001)	0,001 (0,002)	0.007*** (0,001)	0.007*** (0,002)	0,001 (0,001)	0,001 (0,001)
ln Cattle	0.012*** (0,002)	0.016*** (0,003)	0.016*** (0,002)	0.016*** (0,004)	0.013*** (0,002)	0.016*** (0,002)	0.017*** (0,002)	0.018*** (0,002)
ln Price	0.056*** (0,002)	0.053*** (0,004)	0.042*** (0,002)	0.040*** (0,003)	0.056*** (0,002)	0.053*** (0,003)	0.042*** (0,002)	0.040*** (0,002)
Embargo	0.569*** (0,073)	0.794*** (0,113)	0.481*** (0,050)	0.533*** (0,090)	0.562*** (0,073)	0.576*** (0,077)	0.471*** (0,050)	0.460*** (0,054)
Observações	35.067	34.086	35.067	34.086	35.067	34.980	35.067	34.980
Pseudo R2	0,237	0,231	0,515	0,457	0,236	0,230	0,511	0,490
AIC	-50.217	-50.243	10.963	25.089	-50.185	-49.661	11.044	23.304
BIC	-50.133	-50.159	11.057	25.181	-50.100	-49.576	11.137	23.397

Nota: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1; Erros padrão entre parênteses.

Tabela 5. Estimativas de efeitos marginais dos modelos probit para a variável dependente conformidade com o Código Florestal entre 2009 e 2018

Variáveis	T1 (0%)				T2 (5%)			
	Não anistiadas		Anistiadas		Não anistiadas		Anistiadas	
	Probit	Probit+IPWRA	Probit	Probit+IPWRA	Probit	Probit+IPWRA	Probit	Probit+IPWRA
Land security	0.077*** (0,017)	0.059** (0,019)	0.079*** (0,012)	0.066*** (0,013)	0.038** (0,013)	0.037** (0,013)	0.041*** (0,007)	0.040*** (0,007)
Consolidated	-2.865*** (0,097)	-2.821*** (0,186)	0.959*** (0,015)	0.934*** (0,031)	-2.885*** (0,097)	-2.963*** (0,107)	0.956*** (0,015)	0.959*** (0,016)
ln Size	0.110*** (0,007)	0.117*** (0,010)	-0.060*** (0,003)	-0.064*** (0,011)	0.108*** (0,007)	0.114*** (0,007)	-0.064*** (0,003)	-0.064*** (0,004)
Accessibility	0,004 (0,003)	0,000 (0,004)	-0.050*** (0,006)	-0.048*** (0,009)	0.005+ (0,003)	0,004 (0,003)	-0.048*** (0,006)	-0.042*** (0,007)
Altitude	-0.216*** (0,021)	-0.216*** (0,037)	-0.100*** (0,011)	-0.127*** (0,023)	-0.223*** (0,021)	-0.235*** (0,023)	-0.105*** (0,011)	-0.103*** (0,011)
Aptitude	-0.049** (0,016)	-0,019 (0,035)	0.023*** (0,007)	0,012 (0,015)	-0.049** (0,016)	-0.054** (0,018)	0.023*** (0,007)	0.024*** (0,007)
ln Cattle	-0.102*** (0,026)	-0,102 (0,066)	-0,017 (0,011)	0,017 (0,024)	-0.107*** (0,026)	-0.113*** (0,028)	-0.019+ (0,011)	-0.022+ (0,011)
ln Price	-0.133*** (0,020)	-0.128*** (0,038)	-0.112*** (0,013)	-0.150*** (0,026)	-0.134*** (0,020)	-0.127*** (0,021)	-0.114*** (0,013)	-0.109*** (0,014)
Embargo	-3.585*** (0,417)	-4.514*** (0,650)	-3.223*** (0,444)	-3.526*** (0,781)	-3.582*** (0,417)	-3.717*** (0,449)	-3.186*** (0,444)	-2.920*** (0,461)
Observações	7.698	7.425	27.369	25.832	7.698	7.673	27.369	27.122
Pseudo R2	0,197	0,202	0,226	0,208	0,196	0,201	0,226	0,225
AIC	8.196	15.862	28.634	56.082	8.207	16.315	28.639	56.787
BIC	8.266	15.931	28.717	56.164	8.276	16.385	28.721	56.870

Nota: \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1; Erros padrão entre parênteses.

### 2.5.3 Exercícios de robustez

Testamos a robustez do modelo partindo de uma suposição primária que para obter grupos de tratamento e controle comparáveis, a distribuição ponderada de cada covariável é a mesma entre os grupos. A tabela 6 analisa o balanço das covariáveis comparando as médias padronizadas e as razões de variância para todos os imóveis da amostra. O Apêndice 5 apresenta resultados semelhantes para as subamostras das propriedades não anistiadas e anistiadas. As duas primeiras colunas para cada variável dependente ( $T_1$  e  $T_2$ ) comparam as diferenças padronizadas para as médias brutas (sem peso) e ponderadas. As diferenças padronizadas para as médias ponderadas são desprezíveis, com valores iguais ou inferiores a 0,05 desvio-padrão. A literatura recomenda diferenças de até 0,1 desvio padrão (ALI et al., 2014; BELITSER et al., 2011; STUART; LEE; LEACY, 2013). Nossas razões de variância são próximas de 1 e sugerem um bom balanceamento de covariáveis. A literatura recomenda valores entre 0,5 e 2 (AUSTIN, 2009).

Tabela 6. Diferenças padronizadas na média e razão de variância antes e após a ponderação

Variáveis	T1 (0%)				T2 (5%)			
	Diferenças padrão		Razão de variância		Diferenças padrão		Razão de variância	
	Bruto	Ponderado	Bruto	Ponderado	Bruto	Ponderado	Bruto	Ponderado
Consolidated	-0,053	0,011	1,313	1,153	0,168	0,000	0,979	1,043
ln Size	-0,336	0,086	1,334	1,369	-0,022	-0,003	0,970	0,968
Accessibility	0,081	0,048	1,364	1,107	-0,183	0,001	0,558	1,089
Altitude	-0,017	0,017	0,976	1,087	0,041	0,005	1,175	1,084
Aptitude	-0,007	-0,015	0,997	0,993	0,062	-0,001	1,027	0,999
ln Cattle	-0,292	0,062	0,981	1,124	0,016	0,002	0,960	1,062
ln Price	-0,132	-0,006	0,957	0,931	0,165	0,000	0,719	0,920
Embargo	0,081	-0,033	1,144	1,075	0,095	-0,004	0,856	0,981
Observações	34.930	34.930			34.930	34.930		
Tratadas	3.653	17.789			14.024	17.472		
Controle	31.277	17.141			20.906	17.458		

### 2.5.4 Efeitos heterogêneos

Investigamos agora os efeitos heterogêneos da segurança da posse em diferentes categorias fundiárias: propriedades legais, terras tituladas e terras ocupadas. A tabela 7 mostra as estimativas da ATT para nossos três desfechos (participação de áreas desmatadas e cumprimento do Código Florestal para propriedades não anistiadas e anistiadas). As estratégias empíricas são semelhantes às utilizadas nas tabelas 5 e 6. Testamos os dois indicadores de segurança da posse ( $T_1$  e  $T_2$ ), combinando modelos OLS, Tobit e Probit, com e sem ponderação (IPWRA).

Tabela 7. Estimativas ATT segmentadas por indicadores de segurança da posse (T1 e T2) e categorias fundiárias

Modelos	Propriedade Legal		Terra Titulada		Terra Ocupada	
	T1 (0%)	T2 (5%)	T1 (0%)	T2 (5%)	T1 (0%)	T2 (5%)
Resultado: participação da área desmatada (todas as propriedades)						
OLS	-0.010** (0,003)	-0.006** (0,002)	-0.036*** (0,003)	-0.013*** (0,002)	0,004 (0,004)	0,000 (0,002)
OLS + IPWRA	-0.009** (0,003)	-0.007** (0,002)	-0.020*** (0,003)	-0.013*** (0,002)	0,004 (0,004)	0,001 (0,002)
Tobit	-0.014*** (0,003)	-0.007*** (0,002)	-0.039*** (0,003)	-0.014*** (0,002)	-0,005 (0,003)	-0.003+ (0,002)
Tobit + IPWRA	-0.011*** (0,003)	-0.008*** (0,002)	-0.022*** (0,002)	-0.014*** (0,002)	-0,005 (0,004)	-0,002 (0,002)
Resultado: cumprimento do Código Florestal (propriedades não anistiadas)						
Probit	0.131** (0,045)	0.120*** (0,031)	0.165*** (0,032)	0.060* (0,026)	0,001 (0,023)	0,006 (0,016)
Probit + IPWRA	0.111*** (0,022)	0.110*** (0,026)	0.141*** (0,040)	0.051+ (0,027)	-0,008 (0,025)	-0,001 (0,017)
Resultado: cumprimento do Código Florestal (propriedades anistiadas)						
Probit	0.076** (0,024)	0.051*** (0,013)	0.103*** (0,019)	0.044*** (0,011)	0.036+ (0,020)	0.018+ (0,011)
Probit + IPWRA	0.052+ (0,028)	0.051*** (0,013)	0.083*** (0,020)	0.044*** (0,011)	0,034 (0,023)	0,018 (0,011)

Notas: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . Erros padrão entre parênteses. As variáveis de controle incluem área consolidada, tamanho, acessibilidade, altitude, aptidão, gado, preço da terra e embargo de terras.

A segurança da posse tem impactos significativos e robustos no desmatamento de propriedades legais e tituladas, reduzindo a parcela das áreas desmatadas e aumentando o cumprimento do Código Florestal. Por exemplo, as estimativas tobit com ponderação (IPWRA) para a definição estrita de segurança fundiária ( $T_1$ ) indicam que a segurança da posse reduz a

participação de áreas desmatadas em 1,1 p.p. em propriedades legais e 2,2 p.p. em terras tituladas. As estimativas do probit (com IPWRA) para propriedades não anistiadas indicam que a segurança da posse aumenta a probabilidade de cumprimento do Código Florestal em 11,1 p.p. em propriedades legais e 14,1 p.p. em terras tituladas. Entre as propriedades não anistiadas, a segurança da posse aumenta a probabilidade de cumprimento em 5,2 p.p. ( $p < 10\%$ ) nas propriedades legais e 8,3 p.p. nas terras tituladas. Por sua vez, não temos evidências significativas e robustas de que a posse da terra impacte a parcela das áreas desmatadas ou o cumprimento do Código Florestal em terras ocupadas.

## 2.6 Discussão

Definimos a ausência de sobreposição de direitos fundiários ao nível do imóvel rural como proxy para segurança da posse da terra, refletindo uma medida de garantia dos direitos de propriedade, seguindo Sjaastad and Bromley (2000). Nossos resultados demonstram que propriedades sem sobreposições fundiárias, ou com parcelas sobrepostas dentro dos limites legais aceitáveis, desmatam menos e têm mais chances de cumprirem a legislação florestal. Estas evidências reforçam os resultados de estudos similares que também mediram a segurança da posse pela dimensão das garantias (ARNO et al., 2011; BOHN; DEACON, 2000; DEACON, 1994, 1999). Na Amazônia brasileira, as sobreposições fundiárias podem estar correlacionadas a conflitos agrários, ocupações irregulares de terras, especulação imobiliária e grilagem em terras públicas ou privadas, sendo todas medidas de garantia com vínculos empíricos já identificados com o desmatamento (ALDRICH et al., 2015; ARAUJO et al., 2009; BRITO et al., 2019; BROWN et al., 2016; CATTANEO, 2001; FEARNSSIDE, 2001; SANT'ANNA E YOUNG, 2010).

Mostramos ainda que entre as propriedades com direitos fundiários devidamente formalizados (propriedades legais e terras tituladas), a redução do desmatamento ocorreu em

Mostramos ainda que, entre as propriedades com direitos fundiários devidamente formalizados (propriedades legais e terras tituladas), a redução do desmatamento ocorreu em função do nosso indicador de segurança da posse, depois de controlados por todos os outros fatores de confusão. Estes resultados revelam fortes indícios de que esta medida de segurança da posse, de fato, explica as controvérsias sobre seus impactos no desmatamento. Neste aspecto, reforçamos os achados de Arnot et al. (2011), e consideramos que seria a percepção ou garantia de que os direitos de propriedade estão de fato reconhecidos e protegidos, a definição mais adequada de segurança da posse para estimar os impactos sobre o desmatamento.

Identificamos ainda que, entre as ocupações de terras, o nosso indicador de segurança da posse não produziu efeitos significativos sobre o desmatamento. Esta evidencia sustenta a hipótese de endogeneidade ou causalidade reversa potencial entre problemas fundiários e desmatamento, demonstrando que a conversão de florestas pode ser uma forma de ocupação ilegal de terras, tornando a ocupação o próprio efeito do desmatamento (ALDRICH, 2015 E BROWN, 2016). Nossa estratégia empírica contorna parcialmente este problema através da aplicação de um método quase-experimental que minimiza o viés de seleção ao equilibrar os grupos de tratamento e controle com base em covariáveis observáveis. No entanto, ainda assim, isto representa uma limitação do presente estudo que demandaria outros tipos de dados e métodos econométricos para uma identificação mais adequada.

## **2.7 Conclusão**

Nosso objetivo foi avaliar os impactos da segurança da posse sobre o desmatamento partindo de uma abordagem da garantia dos direitos de propriedade. Definimos a ausência de sobreposição de direitos fundiários ao nível do imóvel rural como medida de segurança da posse. Nossos resultados demonstram que propriedades sem sobreposições fundiárias, ou com parcelas sobrepostas dentro dos limites legais aceitáveis, desmatam menos e têm mais chances

de cumprirem a legislação florestal. Mostramos também que nosso indicador de segurança da posse ajuda a explicar a redução do desmatamento, inclusive em imóveis rurais com os direitos de propriedade devidamente formalizados.

Nossas evidências, portanto, contribuem com a literatura de estudos aplicados ao propormos um novo indicador para medir a segurança da posse, baseado numa abordagem de garantias dos direitos de propriedade, definida pela ausência de sobreposições de direitos fundiários. Nesse sentido, o trabalho contribui também para as políticas fundiárias praticadas na região, apontando os canais onde o aprimoramento da governança fundiária na Amazônia brasileira seria mais efetivo para reduzir o desmatamento.

### **3. Segurança da posse e desmatamento: uma abordagem pela dimensão da formalização dos direitos de propriedade**

#### **3.1 Introdução**

Recentemente, vários estudos têm se concentrado em como a segurança da posse da terra pode melhorar o uso dos recursos naturais e contribuir para o desenvolvimento sustentável (HOLLAND et al., 2022). Contudo, ainda não temos evidências mais rigorosas sobre os impactos da segurança da posse sobre a conservação florestal (BUSCH; FERRETTI-GALLON, 2017b; HOLLAND et al., 2022; ROBINSON et al., 2014). A formalização dos direitos de propriedade sobre a terra, através da emissão de títulos legais, é geralmente utilizada como proxy para segurança da posse em várias pesquisas que analisaram seus impactos no desmatamento (ARNOT et al., 2011). Ocorre que a segurança da posse não é um conceito unidimensional (SJAASTAD & BROMLEY, 2000). É muito provável que, quando há incertezas para além da dimensão formal do direito sobre a terra, possam surgir incentivos para comportamentos improdutivos, oportunistas e defensivos (MUELLER, 2018). Neste sentido, avançamos na avaliação causal dos impactos de curto e longo prazo da titulação de terras sobre o desmatamento, onde relacionamos inclusive com a influência da segurança da posse medida em termos de garantias dos direitos de propriedade.

Usamos um conjunto de dados longitudinais inéditos com informações da população de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária no estado do Acre que tiveram suas terras tituladas entre 2008 e 2018. Os assentamentos são responsáveis por parte significativa do desmatamento na região amazônica (MAPBIOMAS et al., 2022). Existem evidências de que os assentados pelo programa de reforma agrária foram sistematicamente incentivados a desmatar para fazer jus aos títulos legais de terra (ALSTON; LIBECAP; MUELLER, 2000). Avaliamos a partir de um desenho de pesquisa quase-experimental se, após a titulação legal das terras, o desmatamento reduziu. Especificamos um modelo de diferenças

em diferenças (DiD) dinâmico capaz de superar potencial viés de seleção na exposição do imóvel rural ao processo de titulação. Nossos dados permitiram segmentar a amostra para combinar mais de uma dimensão de segurança da posse. Conseguimos estimar os efeitos do título legal sobre o desmatamento em municípios com maior segurança da posse, em diferentes tipos de assentamento e por situação de conformidade com o código florestal.

Um dos principais *drivers* do desmatamento na Amazônia brasileira é a ausência de uma governança fundiária eficaz (ARIMA et al., 2014; REYDON; FERNANDES, 2015). Os direitos de propriedade sobre a terra na região são inseguros e cheio de incertezas, criando um ambiente favorável para posses irregulares e conflitos agrários (ARAUJO et al., 2009; SANT'ANNA; YOUNG, 2010; SPAROVEK et al., 2019). E ainda encontramos parcelas relevantes de terras públicas sem destinação, sendo comum a grilagem de terras e desmatamentos ilegais nestas áreas (AZEVEDO-RAMOS et al., 2020; BRITO et al., 2020). A literatura reconhece o fortalecimento da governança fundiária e ambiental como um dos únicos canais capazes de reduzir o desmatamento na Amazônia brasileira (ARIMA et al., 2014; BÖRNER et al., 2015; GUEDES; REYDON, 2012; MIRANDA et al., 2019; MOUTINHO et al., 2016; REYDON et al., 2019; SOARES-FILHO et al., 2006; WEHKAMP et al., 2018). No entanto, quando se trata de fortalecer a governança fundiária, o governo brasileiro atua para reforçar políticas que buscam facilitar a titulação individual de terras sob o argumento de que aumenta a segurança da posse e é capaz de reduzir o desmatamento (CHIAVARI; LOPES, 2020; COSTA, 2016).

As iniciativas de regularização fundiária do governo brasileiro, portanto, partem da premissa que o registro legal da propriedade é uma proxy adequada para a segurança da posse. Contudo, em relação ao desmatamento, formalizar os direitos de propriedade podem gerar incentivos contraditórios (ARNOT et al., 2011; BUNTAINE et al., 2015; HOLLAND et al., 2017). Em muitas situações, a segurança da posse não está consistentemente correlacionada

com o status legal da posse (ROBINSON et al., 2014). Uma posse segura seria sobretudo reflexo da percepção ou da garantia<sup>13</sup> que de fato os direitos de propriedade sobre a terra serão reconhecidos e protegidos (ARNOT et al., 2011; HIGGINS et al., 2018; SJAASTAD & BROMLEY, 2000). A confusão entre estas medidas acaba prejudicando os estudos empíricos que tentam vincular a segurança da posse ao desmatamento e prejudicam a formulação de políticas fundiárias e ambientais mais eficazes para a região amazônica (MUELLER, 2018).

Por exemplo, a emissão de títulos na Amazônia brasileira pelo Programa Terra Legal<sup>14</sup> não apresentou impacto significativo sobre a redução do desmatamento (LIPSCOMB E PRABAKARAN 2020). Contrário às expectativas, pequenos e médios proprietários de terra chegaram a aumentar a sua área desmatada em resposta a emissão de títulos fundiários pelo mesmo programa (PROBST et al. 2020). É possível ainda que a titulação incentive a especulação imobiliária e grilagem de terras provocando mais desmatamento (BRITO et al., 2019; DAMASCENO et al., 2017; REYDON et al., 2019). Estas evidências sugerem, portanto, que a titulação sozinha, sem coordenação com outras políticas de fortalecimento da governança fundiária, pode não produzir os resultados ambientais esperados.

Neste contexto, definimos duas questões de pesquisa: (i) A titulação de terras em assentamentos da reforma agrária na Amazônia reduziu o desmatamento? (ii) Os efeitos da titulação sobre o desmatamento são moderados por outros fatores relacionados à segurança da posse?

---

<sup>13</sup> A garantia dos direitos de propriedade se refere as incertezas de direitos; percepção de perder todos ou parte dos direitos detidos; risco de desapropriação; mudanças nas políticas governamentais; extensão ou renovação de direitos; liberdade de imposição de fora; impacto esperado das mudanças em vários atributos individuais de uma posse (SJAASTAD E BROMLEY, 2000).

<sup>14</sup> O Programa Terra Legal foi implantado em 2009 como uma estratégia de planejamento fundiário e territorial do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDam), que foi uma grande iniciativa de política pública do governo brasileiro nas décadas de 2000/2010 para reduzir o desmatamento na região. O Programa tinha como meta titular pelo menos 47,5% dos 120 milhões de hectares das chamadas "terras públicas não destinadas", que não se enquadram como área protegida ou terra indígena (PROBST et al., 2020).

Partimos da hipótese de que a formalização dos direitos de propriedade através da emissão de títulos legais de terras pode não contribuir para a redução do desmatamento, especialmente em contextos com maior insegurança da posse, medida pela dimensão das garantias dos direitos de propriedade. Este capítulo está estruturado em 7 seções, incluindo esta introdução e as conclusões. Na segunda seção, relatamos um breve contexto dos projetos de assentamento da reforma agrária. Na terceira e quarta seção apresentamos nossa base de dados e explicamos a estratégia empírica aplicada. Em seguida, apresentamos os resultados das nossas estimativas e finalmente discutimos as evidências encontradas à luz da literatura.

### 3.2 Contexto

A reforma agrária surgiu como tema central de políticas agrícolas e fundiárias a partir da década de 1960 e ganhou força na constituição federal de 1988, como forma de democratizar o acesso à terra e às políticas públicas de desenvolvimento social e econômico (CHIAVARI et al., 2021). Os projetos de assentamento são definidos como espaços geográficos limitados que congregam famílias beneficiárias das ações do Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA) (SAUER, 2005). Atualmente, o PNRA inclui duas modalidades de assentamento: 1. Projeto de Assentamento (PA), criado na forma tradicional por meio de obtenção de terras pelo INCRA; e, 2. Projeto de Assentamento Ambientalmente Diferenciado (PAAD)<sup>15</sup>, que surgiram mais recentemente influenciados pelos princípios ambientais do texto

---

<sup>15</sup> De acordo com Chiavari et al. (2021), os PAADs incluem:

- (i) Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE) com objetivo de regularizar as terras já ocupadas por populações tradicionais, extrativistas e ribeirinhas;
- (ii) Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) com objetivo de assentar populações não tradicionais em áreas de interesse social e ecológico; para isso é dada prioridade às populações que já desenvolvam ou que se disponham a desenvolver atividades de baixo impacto ambiental, como extrativismo e agricultura de subsistência, de acordo com a aptidão da área;
- (iii) Projeto de Assentamento Florestal (PAF) especialmente aplicável à Amazônia com objetivo de assentar populações extrativistas ou agricultores familiares para a prática de manejo florestal comunitário de forma sustentável.

constitucional de 1988. Estes modelos de assentamento estão sendo aplicados principalmente na região amazônica com o objetivo de conciliar o uso da terra com a preservação ambiental e a proteção dos territórios das populações tradicionais (ROCHA; BENATTI, 2017).

Em 2020, o Brasil possuía 7.730 assentamentos federais (7.172 PAs e 558 PAADs), com aproximadamente 800 mil famílias assentadas que ocupavam 5,4% do território brasileiro (CHIAVARI et al., 2021). Deste total, o estado do Acre possuía 121 assentamentos (78 PAs e 43 PAADs), com aproximadamente 27 mil famílias assentadas que ocupavam quase 10% do território acreano. Atualmente, os assentamentos da reforma agrária correspondem a segunda categoria fundiária que mais contribui para o desmatamento na região amazônica, atrás somente das áreas privadas (MAPBIOMAS et al., 2022). No estado do Acre, as áreas desmatadas nos assentamentos e áreas privadas foram praticamente iguais no período entre 2009 e 2018 (Figura 4).

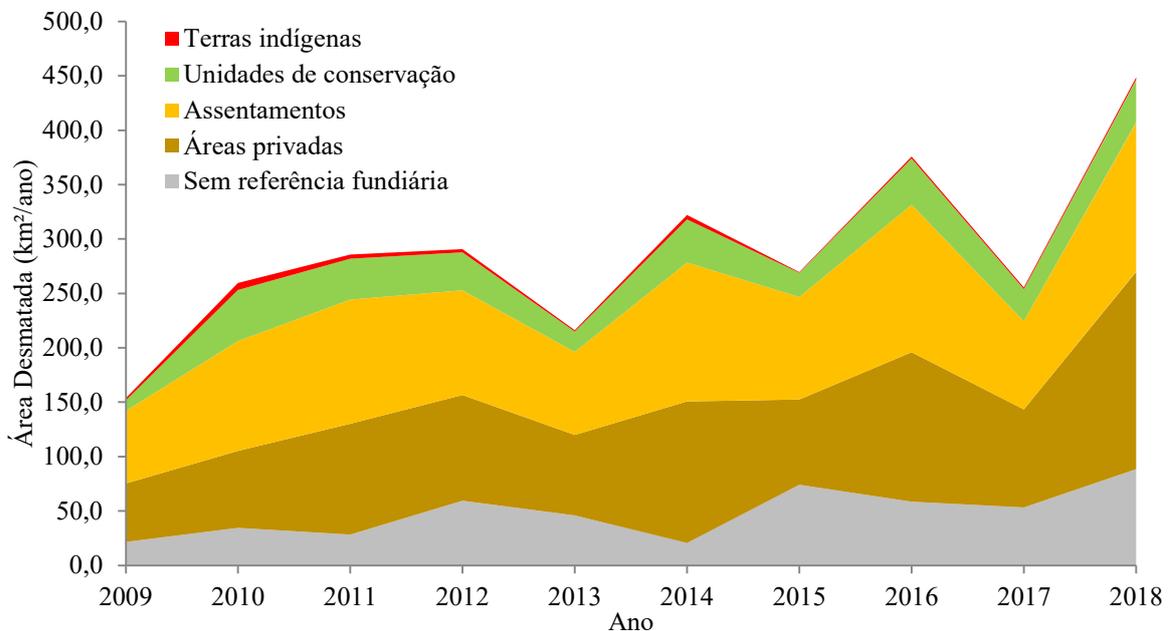


Figura 4. Área desmatada por categoria fundiária no estado do Acre entre 2009 e 2018.

Fonte: (ACRE, 2021; PRODES, 2022; SICAR-ACRE, 2018).

A participação das áreas desmatadas nos assentamentos e áreas privadas foi de aproximadamente 35% para ambas. No entanto, os assentamentos ocupam menos da metade do território das áreas privadas (10,0% e 26,0%, respectivamente) (Tabela 8).

Tabela 8. Distribuição da área e total desmatado por categoria de terra de 2009 a 2018

Item	Categorias fundiárias	Área total (km <sup>2</sup> )	% da área total	Área desmatada (km <sup>2</sup> )	% da área desmatada
1	Terras indígenas	27.080,6	16,5%	26,3	0,9%
2	Unidades de conservação	47.848,2	29,1%	321,9	11,2%
3	Assentamentos	16.359,5	10,0%	1.029,7	35,8%
4	Áreas privadas <sup>(1)</sup>	42.704,8	26,0%	1.014,9	35,3%
5	Sem referência fundiária	30.180,4	18,4%	485,1	16,9%
<b>Total</b>		<b>164.173,4</b>	<b>100,0%</b>	<b>2.878,0</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: (ACRE, 2021; PRODES, 2022; SICAR-ACRE, 2018).

(1) As áreas privadas incluem todos os registros no CAR classificados como propriedades legais, terras tituladas ou ocupadas que não se sobrepõe aos assentamentos da reforma agrária.

### 3.3 Dados

Nossa análise se baseia principalmente em duas fontes de dados. A primeira trata das informações georreferenciadas dos imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária do estado do Acre cadastrados no Sistema de Informações do Cadastro Ambiental Rural<sup>16</sup> (SICAR-ACRE, 2018). A segunda fonte de dados indica as datas<sup>17</sup> que os imóveis dos assentamentos receberam seu título de propriedade (INCRA 2019). Cruzamos as duas fontes de dados para identificar os imóveis cadastrados no CAR que receberam títulos<sup>18</sup> de propriedade ou que

<sup>16</sup> Criado pelo Código Florestal do Brasil (Lei Federal 12.651/2012), como um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais georreferenciadas das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.

<sup>17</sup> O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) publicou em 2019, a pedido do Tribunal de Contas da União (TCU), um relatório do Sistema de Informações de Projetos de Reforma Agrária (SIPRA) contendo a lista e a data de expedição de todos os títulos de domínio emitidos em favor de lotes rurais em projetos de assentamento da reforma agrária no estado do Acre.

<sup>18</sup> O processo de titulação em assentamentos da reforma agrária é composto de várias etapas administrativas, jurídicas e operacionais conforme mostramos no Apêndice 6.

tenham declarado como comprovante fundiário o “Contrato de Concessão de Uso (CCU)”<sup>19</sup>. Identificamos um grupo de 2.090 imóveis titulados em qualquer ano entre 2008 e 2018 que definimos como grupo de tratamento. Identificamos ainda outro grupo de 2.666 imóveis localizados em assentamentos que ainda não haviam sido titulados, e definimos como grupo de comparação. Nossa amostra final contém um painel balanceado com 52.316 observações (4.756 unidades e 11 períodos).

### **3.3.1 Grupos de tratamento e controle**

Nossos grupos de tratamento e controle são formados por pequenos imóveis rurais localizados em projetos de assentamentos da reforma agrária no estado do Acre sob a responsabilidade do INCRA. O grupo tratado foi definido como propriedades que receberam seu “título de domínio” entre 2008 e 2018. O título de domínio é um instrumento com força de escritura pública que transfere de forma onerosa ou gratuita e em caráter definitivo a propriedade da parcela ou lote rural da reforma agrária (CHIAVARI et al., 2021).

Definimos como grupo de controle os imóveis rurais dos assentamentos que declararam o “CCU” como comprovante fundiário no CAR. O CCU é um instrumento gratuito, inegociável e autoriza de forma provisória o uso e a exploração do lote ou parcela rural no assentamento (CHIAVARI et al., 2021). Realizamos uma análise detalhada do grupo de controle para certificar que nenhuma propriedade constava na relação de imóveis titulados do (INCRA 2019). O grupo de controle possui características bastante similares ao grupo de tratamento por estarem submetidos ao mesmo contexto geográfico e institucional. A distribuição espacial dos grupos de tratamento e comparação constam na figura 5, abaixo, e no Apêndice 7 localizamos os imóveis titulados em cada ano do nosso período amostral.

---

<sup>19</sup> O CCU é fornecido após a etapa de seleção e homologação dos beneficiários da reforma agrária. Este documento é fornecido antes das etapas de planejamento, instalação da infraestrutura e verificações adicionais do assentado, e que ocorre antes do processo de titulação.

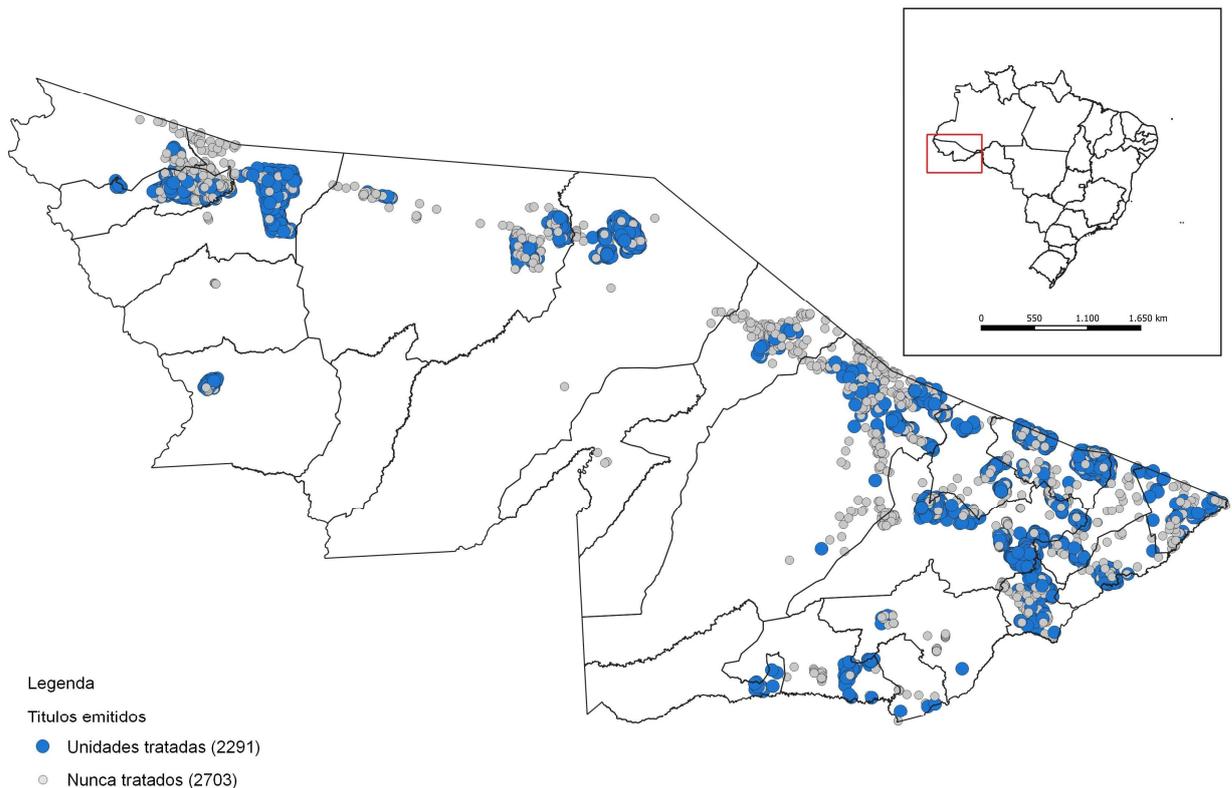


Figura 5. Titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária no estado do Acre. Fonte: (IBGE, 2020; SICAR-ACRE, 2018; PRODES, 2022; INCRA, 2019).

### 3.3.2 Variáveis de resultado

Nossos resultados se referem ao desmatamento nos imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária entre 2008 e 2018. Calculamos a área total desmatada por fazenda mesclando<sup>20</sup> os limites georreferenciados do CAR com os dados históricos de desmatamento fornecidos pelo PRODES (2022). Definimos três variáveis de desfecho  $Y$  para a propriedade  $i$  no ano  $t$  ( $Y_{it}$ ): (i) Área anual desmatada ( $Y_{ihs}$ ): extensão da floresta perdida na fazenda transformada pela função Seno Hiperbólico Inverso (IHS)<sup>21</sup> devido a existência de muitas observações iguais a zero; (ii) Ocorrência de desmatamento ( $Y_{dummy}$ ): variável binária que assume 1 caso tenha ocorrido desmatamento na propriedade; e, (iii) Proporção de

<sup>20</sup> No Apêndice 2 apresentamos os procedimentos metodológicos para construção das variáveis de desmatamento.

<sup>21</sup> Fórmula:  $f(y, \theta) = \log(\theta * y + (\theta^2 * y^2 + 1)^{1/2}) / \theta$  (JOHNSON, 1949).

desmatamento ( $Y_{pd}$ ): proporção de área desmatada na propriedade, que nos permite comparar as mudanças na intensidade do desmatamento ao longo do tempo.

### 3.3.3 Variáveis de controle

A tabela 9 apresenta as variáveis de controle que utilizamos no nosso modelo para reduzir o potencial viés de seleção. Nossas covariáveis controlam as características em nível da fazenda e do município onde se localizam. Em nível da fazenda utilizamos: (i) a proporção de área desmatada antes de 2008 (SICAR-ACRE, 2018), que controla o desmatamento defasado; (ii) tamanho da propriedade (em hectares) (SICAR-ACRE, 2018), que controla a disponibilidade de terras para desmatamento e outras atividades econômicas; (iii) altitude (em 100 metros) (SCHIELEIN, 2018), que controla as condições do solo e do clima; (iv) acessibilidade (em 100 min) (SCHIELEIN, 2018), que representa o tempo de deslocamento até a cidade mais próxima e controla o acesso ao mercado e fiscalização ambiental; (v) uma variável binária para aptidão agrícola que se baseia em classes de uso e declividade da terra definidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2020) e controla o custo de oportunidade da terra para a agricultura.

Nossas covariáveis em nível municipal incluem: (i) taxa de variação da lotação bovina no período amostral (IBGE, 2018), que controla o custo de oportunidade da terra para o gado; (ii) taxa de variação do preço médio da terra municipal no período amostral (INCRA, 2017), que controla o valor de mercado da terra; (iii) a parcela da área total do município com embargo pelo órgão ambiental brasileiro por desmatamento ilegal (IBAMA, 2022), sendo uma proxy para “*ruf of law*” que controla o estado de direito referente a aplicação da lei ambiental; (iv) taxa de variação do cumprimento das estradas no município durante o período amostral (NASCIMENTO et al., 2021), que controla o acesso as áreas remotas de florestas; (v) proporção de fazendas com sobreposição de direitos fundiários (SICAR-ACRE, 2018), que controla o contexto de segurança da posse pela dimensão das garantias dos direitos de propriedade.

Tabela 9. Estatísticas descritivas

Variável	Descrição	Amostra total	Grupo de tratamento	Grupo de comparação
Sample size		4.756	2.090	2.666
Variáveis de resultado				
Área anual desmatada ( $Y_{iht}$ )	Extensão da área de floresta desmatada na propriedade entre 2008 e 2018 transformada pela função Seno Hiperbólico Inverso (IHS)	0,177 (0,608)	0,177 (0,602)	0,177 (0,612)
Ocorrência de desmatamento ( $Y_{dummy}$ )	Variável binária que assume 1 caso tenha ocorrido desmatamento na propriedade entre 2008 e 2018	0,109 (0,312)	0,110 (0,313)	0,109 (0,311)
Proporção de desmatamento ( $Y_{pd}$ )	Proporção de área desmatada na propriedade entre 2008 e 2018	0,010 (0,042)	0,010 (0,043)	0,009 (0,042)
Variáveis de controle em nível da fazenda				
L1deforestation	Proporção da área total desmatada até o ano t-1	0,492 (0,339)	0,513 (0,327)	0,476 (0,348)
Size	Tamanho da fazenda em hectares	43,818 (35,980)	41,416 (33,004)	45,702 (38,046)
Accessibility	Tempo de viagem em minutos até a cidade mais próxima dividido por 100 minutos	1,188 (0,941)	1,096 (0,668)	1,261 (1,104)
Altitude	Altitude em metros da propriedade rural dividida por 100 metros	2,008 (0,299)	2,001 (0,295)	2,014 (0,301)
Aptitude	Variável binária que assume 1 caso a fazenda estiver localizada em terras com aptidão agrícola, 0 caso contrário	0,378 (0,485)	0,384 (0,486)	0,374 (0,484)
Variáveis de controle municipal				
L2deforestation	Proporção da área total desmatada no município até o ano de 2007	0,261 (0,204)	0,273 (0,205)	0,253 (0,203)
Cattle	Taxa de variação do rebanho bovino municipal no período amostral	0,261 (0,180)	0,275 (0,205)	0,250 (0,156)

Variável	Descrição	Amostra total	Grupo de tratamento	Grupo de comparação
Price	Taxa de variação do preço médio da terra no município no período amostral	5,829 (2,561)	5,608 (2,437)	6,002 (2,641)
Embargo	Proporção da área do município com embargo	0,006 (0,005)	0,006 (0,005)	0,006 (0,005)
Road	Taxa de variação do cumprimento das estradas no período amostral	0,751 (0,539)	0,722 (0,503)	0,774 (0,565)
Poverlap	Proporção de fazendas com sobreposição de direitos fundiários	0,573 (0,126)	0,589 (0,135)	0,562 (0,118)

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.4 Estratégia empírica

O principal desafio empírico ao estimar o efeito da titulação de terras no desmatamento é a seletividade do grupo de tratamento. Em outras palavras, a emissão dos títulos para os imóveis rurais em assentamentos não foi aleatória. É possível que tenha sido determinado por fatores não observados que afetaram tanto o processo de titulação como o nível de desmatamento observado. Uma implicação adicional é que os títulos de terras da nossa amostra foram emitidos em momentos diferentes entre os anos de 2008 e 2018 e há vários períodos de tempos. Desta forma, especificamos um modelo de diferenças em diferenças (DiD) dinâmico. Partimos da especificação canônica de DiD:

$$Y_{it} = \alpha_i + \delta_t + (1[t = 2] \cdot D_i) \beta + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Normalmente se usa a regressão de efeitos fixos bidirecionais (TWFE) para estimar o efeito do tratamento em aplicações de DiD (JONES; LEWIS, 2015). É regredido o resultado  $Y_{it}$  em um efeito fixo individual, um efeito fixo no tempo e uma interação de um indicador pós-tratamento com o status do tratamento. Nesta configuração, mostra-se diretamente que o coeficiente de mínimos quadrados ordinários (OLS) de  $\beta$  é equivalente a “diferença-em-

diferenças” das expectativas populacionais<sup>22</sup>. Estas estimativas são consistentes com intervalos de confiança assintoticamente válidos quando as hipóteses de suposição de tendências paralelas e não existência de efeitos antecipatórios são combinadas com hipótese de amostragem independente (WOOLDRIDGE, 2021).

Na prática, as aplicações de DiD não atendem a todos os requisitos da configuração canônica. Vários autores observaram recentemente que os coeficientes da regressão TWFE podem gerar viés preocupante, principalmente quando os efeitos do tratamento são heterogêneos. Resumidamente, o modelo TWFE faz comparações “limpas” entre unidades tratadas e ainda não tratadas, e comparações “proibidas” entre unidades que já foram tratadas. Quando os efeitos do tratamento são heterogêneos, essas comparações “proibidas” podem causar graves problemas nas estimativas, incluindo a possibilidade do coeficiente apresentar sinal oposto de todos os efeitos do tratamento em nível individual (ROTH et al., 2023).

Aplicamos a decomposição desenvolvida por Goodman-Bacon (2021) para avaliar o quanto isso é relevante em nossos dados. A tabela A1 no Apêndice 8 apresenta os resultados da decomposição do TWFE. Para o cenário usando como grupo de controle os imóveis rurais não titulados durante o período amostral (Coluna 1 da Tabela A1), 18,2% das estimativas TWFE estariam vinculadas a “comparações proibidas”. Para o cenário usando como grupo de comparação as unidades não tratadas ainda (Coluna 2 da Tabela A1), 59,5% das estimativas seriam baseadas em “comparações proibidas”. Concluimos então que o uso do TWFE para os nossos dados provavelmente levaria a estimativas tendenciosas, especialmente se usarmos as unidades ainda não tratadas como grupo de comparação.

---

<sup>22</sup> Dada pela equação:  $\tau_2 = (\hat{Y}_{t=2,D=1} - \hat{Y}_{t=1,D=1}) - (\hat{Y}_{t=2,D=0} - \hat{Y}_{t=1,D=0})$ , onde  $\hat{Y}_{t=t',D=d}$  é a média amostral de  $Y$  para o grupo de tratamento  $d$  em período  $t'$ .

Para contornar os problemas potenciais derivados do uso das regressões TWFE, usamos um estimador de DiD dinâmico para estimar o efeito médio do tratamento para as unidades tratadas (ATT) (CALLAWAY E SANT'ANNA, 2021). O método compara as mudanças na variável de desfecho entre dois grupos ao longo de múltiplos períodos de tempo, antes e após a intervenção. Comparamos a mudança média nos desfechos experimentados pelo grupo tratado (propriedades após a titulação) com a mudança média nos resultados experimentados pelo grupo de comparação.

A ideia por trás do método de DiD dinâmico é comparar o resultado observado versus o resultado potencial para cada propriedade  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) no tempo  $t$  ( $t = 1, \dots, T$ ). Deixe a variável  $Y_{it}(0)$  denotar o resultado potencial do grupo não tratado no tempo  $t$  se a propriedade  $i$  permanecer sem título em todos os períodos, enquanto  $Y_{it}(g)$  denota o resultado potencial no tempo  $t$  se a propriedade  $i$  recebeu o título no tempo  $g$  ( $g = 2, \dots, T$ ). A variável binária  $G_{ig}$  é igual a um se a propriedade  $i$  recebeu o título no período  $g$  ( $g = 2, \dots, T$ ), definindo a qual grupo  $g$  as propriedades pertencem. O resultado observado  $Y_{it}$  pode ser expresso por (CALLAWAY E SANT'ANNA, 2021):

$$Y_{it} = Y_{it}(0) + \sum_{g=2}^T (Y_{it}(g) - Y_{it}(0)) \cdot G_{ig} \quad (2)$$

Uma vez que diferentes resultados potenciais não são observados para a mesma propriedade ao mesmo tempo, concentramo-nos em estimar o efeito causal médio. O efeito médio do tratamento sobre o tratado (ATT) para as propriedades do grupo num determinado período é dado por:  $gt$

$$ATT(g, t) = E[Y_t(g) - Y_t(0) | G_g = 1] \quad (3)$$

A equação 3 define o parâmetro causal denominado efeito médio do tratamento grupo-tempo. Esse parâmetro permite avaliar a heterogeneidade do efeito do tratamento entre os diferentes grupos  $g$ , em diferentes momentos  $t$ , e em diferentes durações de exposição ao

tratamento,  $e = t - g$ . Derivamos duas medidas agregadas da equação (3). A primeira é uma média ponderada simples (média ponderada por tamanho de grupo) de todos os efeitos de tratamento médios disponíveis no tempo de grupo. O segundo é o efeito médio do tratamento  $e$  dos períodos de tempo após o recebimento do título em todos os grupos. Esta última medida é particularmente útil para analisar como o efeito médio de receber um título varia com o tempo  $e$  de exposição ao tratamento.

Utilizamos o estimador DiD duplamente robusto (SANT'ANNA; ZHAO, 2020) baseado em ponderação de probabilidade inversa (IPW) (ABADIE, 2005) estabilizada e mínimos quadrados ordinários para verificar a robustez dos resultados quanto à ausência de aleatoriedade na designação do tratamento. A seleção das fazendas que receberam o título de propriedade na nossa amostra não foi designada de forma aleatória. É possível que suas características biofísicas ou socioeconômicas pré-existent e outros fatores contextuais estejam correlacionadas com o desmatamento (HOLLAND et al., 2022).

Condicionamos um conjunto de variáveis de controle<sup>23</sup> no modelo de seleção (probabilidade de titulação) para controlar os possíveis fatores de confusão entre a titulação do imóvel e o desmatamento. Definimos quatro painéis de resultados: (i) especificação da linha da base, onde estimamos apenas os efeitos da titulação; (ii) adicionamos variáveis referente as características observáveis da fazenda; (iii) adicionamos variáveis referente as características municipais; e, (iv) adicionamos variáveis relacionadas a sobreposição de direitos fundiários no município para controlar o contexto de insegurança fundiária.

Segmentamos nossa amostra em três grupos distintos para analisar os efeitos heterogêneos da titulação de terras: (i) em municípios com menos de 50 % das fazendas apresentando sobreposição de direitos fundiários, portanto com um contexto de maior

---

<sup>23</sup> Ver seção sobre as variáveis de controle.

segurança da posse; (ii) por tipo de assentamento da reforma agrária; e, (iii) por situação de conformidade ao Código Florestal no ano de 2008, que determinava que os imóveis rurais na Amazônia deveriam possuir 80% de florestas conservadas.

Avaliamos a robustez dos nossos resultados em relação a validade da suposição de tendências paralelas, a não existência de efeitos antecipatórios e a consistência do grupo de controle. A suposição de tendências paralelas diz que a evolução nos resultados potenciais após o tratamento é a mesma para unidades tratadas  $g$  e nunca tratadas (ROTH et al., 2023). Avaliamos a plausibilidade dessa condição construindo um gráfico de estudo de eventos. Realizamos também estimativas para os resultados principais utilizando unidades “ainda não tratadas” como grupo de comparação. Sobre a suposição de não existência de efeitos antecipatórios, conduzimos um teste placebo onde antecipamos em  $t - 1$ , a emissão dos títulos de propriedade para avaliar se o nível de desmatamento foi afetado antes da titulação.

Finalmente, comparamos nossas estimativas obtidas com o estimador DiD desenvolvido por Callaway e Sant’Anna (2021), referente a especificação da linha da base sem covariáveis, com outras resultantes da aplicação de estimadores alternativos (Apêndice 11), incluindo: (1) TWFE; (2) Borusyak et al. (2021); (3) De Chaisemartin e D’haultfœuille (2020); e, (4) Sun; Abraham, (2021).

### **3.5 Resultados**

Nesta seção apresentamos nossos resultados estimados. Iniciamos resumindo nossos resultados principais sobre o impacto da titulação de terras em assentamentos da reforma agrária no estado do Acre e, em seguida, discutimos os efeitos heterogêneos das nossas estimativas em diferentes contextos fundiários. Finalmente avaliamos as principais suposições de identificação da nossa estratégia empírica e relatamos os exercícios de robustez que aplicamos.

### 3.5.1 Resultados principais

A Tabela 10 mostra as estimativas das médias simples ponderadas (média ponderada por tamanho de grupo) de todos os efeitos médios do tratamento por tempo de grupo disponíveis. A tabela apresenta quatro painéis com o objetivo de explorar a robustez das estimativas de impacto da titulação de terras sobre o desmatamento. Comparamos as estimativas da especificação da linha de base sem controles (Painel A) com as estimativas condicionadas em covariáveis em nível da fazenda e do município onde está localizada (Painéis B, C e D). Aplicamos o estimador DiD duplamente robusto seguindo Sant’Anna and Zhao (2020) para modelar o resultado e o escore de propensão IPW (ABADIE, 2005), que nos indica a probabilidade condicional de pertencer ao grupo tratado dadas as covariáveis. Estes procedimentos nos ajudam a controlar os possíveis fatores de confusão entre a titulação da terra e o desmatamento, e são válidos se o modelo de resultado ou o modelo de escore de propensão IPW for especificado corretamente.

Encontramos evidências de que a titulação de terras reduziu o ritmo de desmatamento anual por fazenda nas estimativas da especificação da linha de base e quando condicionamos as covariáveis ao nível da fazenda e do município (Painel A; B e C). Contudo, seus efeitos se tornam estatisticamente insignificantes quando condicionamos a covariável de segurança da posse no município onde se localiza a fazenda (Painel D). Não temos, portanto, indícios de que os imóveis rurais titulados em assentamentos da reforma apresentam mais chances de reduzir o desmatamento.

Tabela 10. Estimativas médias de ATT para todos os grupos em todos os períodos

Variável dependente	Desmatamento		
	(1)	(2)	(3)
<b>Painel A: Especificação da linha de base</b>			
Após o título	-0.051** (0.018)	-0.031** (0.009)	-0.003* (0.001)
<b>Painel B: Adiciona covariáveis do imóvel rural</b>			
Após o título	-0.050** (0.018)	-0.030** (0.009)	-0.003* (0.001)
<b>Painel C: Adiciona covariáveis do município</b>			
Após o título	-0.042* (0.019)	-0.027** (0.010)	-0.002 (0.001)
<b>Painel D: Adiciona covariável de insegurança fundiária do município</b>			
Após o título	-0.035 (0.019)	-0.013 (0.014)	-0.002 (0.001)
Observações	4.756	4.756	4.756
Tratados	2.090	2.090	2.090
Não tratados	2.666	2.666	2.666

Notas: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . A tabela apresenta as estimativas do ATT para os desfechos: (1) Área anual desmatada na fazenda transformada pela função Seno Hiperbólico Inverso (IHS); (2) Ocorrência de desmatamento, variável binária que assume 1 caso tenha ocorrido desmatamento; (3) Proporção de área desmatada. As estimativas são para todos os grupos em todos os períodos de acordo com Callaway e Sant’Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária no estado do Acre entre 2008 e 2018. O grupo de comparação inclui os imóveis rurais também localizados em assentamentos da reforma agrária, mas que não foram titulados no período. O período após à titulação é a média ponderada de todos os efeitos médios do tratamento no tempo do grupo com pesos proporcionais ao tamanho do grupo. Nos painéis B, C e D aplicamos um modelo condicional as covariáveis utilizando o método de ponderação de probabilidade inversa seguindo Abadie (2005). No painel B usamos covariáveis em nível da fazenda, incluindo a proporção da área total desmatada até o ano de 2007, tamanho, tempo de viagem até a cidade mais próxima, altitude e aptidão agrícola. No painel C, adicionamos características do município e microrregião onde o imóvel rural está localizado, incluindo a proporção de área desmatada no município até o ano de 2007, taxa de variação do rebanho bovino, preço médio da terra, crescimento das estradas no período amostral e proporção da área do município com embargo ambiental. No Painel D, adicionamos a proporção de fazendas com sobreposição de direitos fundiários no município onde está localizada a fazenda para controlar o contexto de insegurança fundiária.

Adicionalmente, apresentamos os gráficos das estimativas do ATT para cada grupo em todos os períodos, e para cada período em todos os grupos (Apêndice 9 - Figuras A8 e A9).

Em termos gerais, não há diferenças significativas no comportamento dos diferentes grupos de

fazendas tituladas em relação ao nível desmatamento, com exceção para as fazendas que receberam o título no ano de 2009, que parece haver uma ligeira tendência de diminuição do desmatamento após a titulação neste ano específico (Gráficos 1, 2 e 3 da Figura A8). Em relação as estimativas para cada período em todos os grupos, observamos uma ligeira tendencia de queda no desmatamento nos anos iniciais após a titulação (Gráficos 1, 2 e 3 da Figura A9), que pode estar associado a um comportamento defensivo em relação aos compromissos recém firmados com o órgão fundiário.

### **3.5.2 Efeitos heterogêneos do tratamento por situação de segurança fundiária**

Analizamos os efeitos heterogêneos da titulação de terras por nível de segurança fundiária do município onde se localiza a fazenda. Definimos como proxy para maior nível de segurança fundiária, os municípios com proporção de fazendas que apresentam sobreposição de direitos fundiários abaixo do percentil 50 %. As estimativas agregadas de ATT na Tabela 11 sugerem que os efeitos da titulação de terras em assentamentos da reforma agrária sobre a redução do desmatamento e probabilidade de desmatar são mais fortes em municípios com maior nível de segurança da posse.

Em média, o título de propriedade reduziu em 7,1 p.p. a área desmatada e 4,3 p.p. a probabilidade de desmatar (Painel A, colunas 1 e 2) nas fazendas localizadas nestes municípios. Estas estimativas são robustas em termos de magnitude e significância estatística para as especificações alternativas (Painel B) que condiciona em covariáveis com as características da fazenda. As estimativas do efeito agregado do tratamento são estatisticamente iguais a zero para a proporção do desmatamento anual (Painéis A e B, coluna 3), assim como para todas as estimativas relacionadas aos municípios com menor nível de segurança fundiária.

Tabela 11. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse

Varável dependente	(1)		(2)		(3)	
	Com segurança fundiária	Sem segurança fundiária	Com segurança fundiária	Sem segurança fundiária	Com segurança fundiária	Sem segurança fundiária
<b>Painel A</b>						
Após o título	-0.071** (0.026)	-0.025 (0.025)	-0.043** (0.014)	-0.015 (0.013)	-0.003 (0.002)	-0.002 (0.002)
<b>Painel B</b>						
Após o título	-0.075** (0.028)	-0.023 (0.025)	-0.042** (0.014)	-0.015 (0.013)	-0.003 (0.002)	-0.002 (0.002)
Observações	2799	1957	2799	1957	2799	1957
Tratados	1142	948	1142	948	1142	948
Não tratados	1657	1009	1657	1009	1657	1009

Notas: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . A tabela apresenta as estimativas do ATT para os desfechos: (1) Área anual desmatada na fazenda transformada pela função Seno Hiperbólico Inverso (IHS); (2) Ocorrência de desmatamento, variável binária que assume 1 caso tenha ocorrido desmatamento; (3) Proporção de área desmatada. As estimativas foram divididas entre os municípios com mais e menos segurança fundiária medida pela proporção de fazendas com sobreposição de direitos fundiários, e são para todos os grupos em todos os períodos de acordo com Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária no estado do Acre entre 2008 e 2018. O grupo de comparação inclui os imóveis rurais também localizados em assentamentos da reforma agrária, mas que não foram titulados no período. O período após à titulação é a média ponderada de todos os efeitos médios do tratamento no tempo do grupo com pesos proporcionais ao tamanho do grupo. O Painel A apresenta a especificação da linha de base. No painel B aplicamos um modelo condicional as covariáveis utilizando o método de ponderação de probabilidade inversa seguindo Abadie (2005). Neste painel usamos covariáveis em nível da fazenda, incluindo a proporção da área total desmatada até o ano de 2007, tamanho, tempo de viagem até a cidade mais próxima, altitude e aptidão agrícola.

### 3.5.3 Efeitos heterogêneos do tratamento por tipo de assentamento da reforma agrária

Segmentamos nossas estimativas por tipo de assentamento da reforma agrária.

Nosso objetivo é analisar se os efeitos da titulação de terras sobre o desmatamento são heterogêneos dependendo da modalidade do assentamento. As estimativas agregadas de ATT na Tabela 12 demonstram que a titulação apresentou impactos significativos na redução do desmatamento em assentamentos ambientalmente diferenciados.

Os dados da tabela mostram que, em média, o título de propriedade reduziu em 8,3 p.p. a probabilidade de desmatar em assentamentos diferenciados (Painel A, coluna 2), sendo robusto em termos de magnitude e significância estatística para a especificação alternativa (Painel B) que condiciona as covariáveis de características do imóvel. Observamos também

efeitos agregados do tratamento estatisticamente diferentes de zero para o desmatamento anual e proporção desmatada em assentamentos diferenciados (Painel A, colunas 1 e 3). Finalmente, os efeitos agregados do tratamento são estatisticamente iguais a zero para todas as estimativas relacionadas as fazendas localizadas em assentamentos tradicionais.

Tabela 12. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse

Varável dependente	(1)		(2)		(3)	
	Assentamentos tradicionais	Assentamentos diferenciados	Assentamentos tradicionais	Assentamentos diferenciados	Assentamentos tradicionais	Assentamentos diferenciados
<b>Painel A</b>						
Após o título	-0.025 (0.020)	-0.118* (0.047)	-0.011 (0.010)	-0.083*** (0.024)	-0.001 (0.001)	-0.011* (0.005)
<b>Painel B</b>						
Após o título	-0.023 (0.020)	-0.093 (0.047)	-0.011 (0.010)	-0.071** (0.024)	-0.001 (0.001)	-0.008 (0.005)
Observações	3467	1289	3467	1289	3467	1289
Tratados	1702	388	1702	388	1702	388
Não tratados	1765	901	1765	901	1765	901

Notas: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . A tabela apresenta as estimativas do ATT para os desfechos: (1) Área anual desmatada na fazenda transformada pela função Seno Hiperbólico Inverso (IHS); (2) Ocorrência de desmatamento, variável binária que assume 1 caso tenha ocorrido desmatamento; (3) Proporção de área desmatada. Estimamos o ATT para os imóveis rurais localizados em Projetos de Assentamento Tradicionais (PA) e Projetos de Assentamento Diferenciado, e são para todos os grupos em todos os períodos de acordo com Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária no estado do Acre entre 2008 e 2018. O grupo de comparação inclui os imóveis rurais também localizados em assentamentos da reforma agrária, mas que não foram titulados no período. O período após à titulação é a média ponderada de todos os efeitos médios do tratamento no tempo do grupo com pesos proporcionais ao tamanho do grupo. O Painel A apresenta a especificação da linha de base. No painel B aplicamos um modelo condicional as covariáveis utilizando o método de ponderação de probabilidade inversa seguindo Abadie (2005). Neste painel usamos covariáveis em nível da fazenda, incluindo a proporção da área total desmatada até o ano de 2007, tamanho, tempo de viagem até a cidade mais próxima, altitude e aptidão agrícola.

### 3.5.4 Efeitos heterogêneos do tratamento por situação de conformidade com o Código Florestal

Também foram analisados os efeitos heterogêneos da titulação de terras no desmatamento por grupos de fazendas de acordo com a sua situação de conformidade em relação ao Código Florestal. Definimos como propriedades em conformidade aquelas que tinham mais de 80% da sua área com floresta no ano de 2008. As estimativas agregadas de ATT na Tabela 13 apontam que os efeitos da titulação de terras sobre a redução do desmatamento são mais fortes nas fazendas que atendiam o Código Florestal em 2008.

O título de propriedade reduziu, em média, 12,9 p.p. a área desmatada e 7,9 p.p. a probabilidade de desmatar (Painel A, colunas 1 e 2) nas fazendas em situação de conformidade legal. Estas estimativas são robustas em termos de magnitude e significância estatística para as especificações alternativas (Painel B) que condiciona em covariáveis com as características da fazenda. As estimativas do efeito agregado do tratamento são estatisticamente iguais a zero para a proporção do desmatamento anual (Painéis A e B, coluna 3), igualmente para todas as estimativas relacionadas as propriedades que desmataram além dos limites do Código Florestal em 2008.

Tabela 13. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse

Varável dependente	(1)		(2)		(3)	
	Conformidade	Não conformidade	Conformidade	Não conformidade	Conformidade	Não conformidade
<b>Painel A</b>						
Após o título	-0.129** (0.046)	-0.026 (0.020)	-0.079** (0.025)	-0.018 (0.010)	-0.003 (0.002)	-0.002 (0.002)
<b>Painel B</b>						
Após o título	-0.123** (0.046)	-0.021 (0.020)	-0.071** (0.026)	-0.016 (0.010)	-0.003 (0.003)	-0.002 (0.002)
Observações	2486	2270	2486	2270	2486	2270
Tratados	1049	1041	1049	1041	1049	1041
Não tratados	1437	1229	1437	1229	1437	1229

Notas: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . A tabela apresenta as estimativas do ATT para os desfechos: (1) Área anual desmatada na fazenda transformada pela função Seno Hiperbólico Inverso (IHS); (2) Ocorrência de desmatamento, variável binária que assume 1 caso tenha ocorrido desmatamento; (3) Proporção de área desmatada. Estimamos o ATT para os imóveis rurais com menos de 20% de sua área desmatada (Conformidade) e para os que ultrapassaram 20% de desmatamento (Não conformidade), e são para todos os grupos em todos os períodos de acordo com Callaway e Sant’Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária no estado do Acre entre 2008 e 2018. O grupo de comparação inclui os imóveis rurais também localizados em assentamentos da reforma agrária, mas que não foram titulados no período. O período após a titulação é a média ponderada de todos os efeitos médios do tratamento no tempo do grupo com pesos proporcionais ao tamanho do grupo. O Painel A apresenta a especificação da linha de base. No painel B aplicamos um modelo condicional as covariáveis utilizando o método de ponderação de probabilidade inversa seguindo Abadie (2005). Neste painel usamos covariáveis em nível da fazenda, incluindo a proporção da área total desmatada até o ano de 2007, tamanho, tempo de viagem até a cidade mais próxima, altitude e aptidão agrícola.

### 3.5.5 Exercícios de robustez

A credibilidade das nossas estimativas depende em grande parte da validade da suposição de identificação em modelos DiD. Os pressupostos básicos se referem a suposição de tendências paralelas, que intuitivamente nos diz que o nível de desmatamento para as fazendas tituladas e não tituladas teria evoluído em paralelo se a titulação não tivesse ocorrido. Outra suposição é a não existência de efeitos antecipatórios, que implica que nos anos anteriores a titulação da terra os níveis de desmatamento não foram afetados. Em conjunto, essas suposições permitem identificar o ATT (ROTH et al., 2023). Conduzimos exercícios de robustez para testar estas suposições e incluímos alguns testes adicionais onde usamos como grupo de comparação unidades “ainda não tratadas” e, finalmente, comparamos nossas estimativas com aquelas obtidas por outros estimadores.

Para avaliar a validade da suposição de tendências paralelas, apresentamos o estudo de eventos dos ATTs estimados e agregados de acordo com o tempo relativo ao tratamento seguindo Callaway e Sant’Anna (2021). Os gráficos se referem ao Painel D das tabelas de resultados, que condiciona as estimativas a covariável de segurança da posse no município onde se localiza a fazenda. A Figura A7 do Apêndice 9 nos mostra que parece não haver tendências diferenciais nos resultados principais, com exceção para as estimativas referente a ocorrência de desmatamento (Gráfico 2). Observamos uma tendência diferencial ligeiramente

decrecente para este desfecho no ano (relativo) -3 antes do evento de titulação, o que nos leva a interpretar este resultado com cautela.

No Apêndice 10 apresentamos os estudos de eventos dos ATTs estimados para os efeitos heterogêneos. As estimativas dos efeitos do tratamento por situação de segurança da posse do município onde se localiza a fazenda devem ser interpretados com cautela pois praticamente todos os gráficos ilustram pré-tendências diferenciais antes da emissão do título (Figura A11). Em relação aos efeitos do tratamento por tipo de assentamento da reforma agrária, observamos que as estimativas referentes aos assentamentos tradicionais apresentam algum desvio diferencial no pré-tratamento (Figura A12). Os resultados por situação de conformidade com o Código Florestal em 2008 mostram que também parece haver quedas nos níveis diferenciais de desmatamento antes da titulação nos levando igualmente a interpretar estes achados com cautela (Figura A13).

Nossas estimativas se mostram consistentes em relação aos testes de não existência de efeitos de antecipação e quando adotamos como grupo de controle as unidades “ainda não tratadas”. Nenhum dos nossos desfechos apresentam significância estatística quando antecipamos em  $t - 1$  a emissão dos títulos de propriedade (Apêndice 11 – Tabela A5 e Figura A14). Os efeitos da titulação de terras sobre o desmatamento quando adotamos como grupo de controle as unidades “ainda não tratadas”, são bastante semelhantes aos nossos resultados principais (Apêndice 11 – Tabela A6 e Figura A15). Isto é uma evidência importante da consistência do nosso grupo de controle baseado nas fazendas não tituladas, mas autorizadas de forma provisória ao uso e exploração do lote ou parcela rural no assentamento da reforma agrária.

Finalmente, nossas estimativas são robustas ao uso de estimadores DiD alternativos: (1) TWFE; (2) Borusyak, Jaravel e Spiess (2021); (3) de Chaisemartin e D’Haultfœuille (2020); e, (4) Sun and Abraham (2021). Comparamos nossos resultados

principais referente a especificação da linha de base (Painel A) com os obtidos por estes estimadores, e verificamos resultados similares incluindo o comportamento dos gráficos de estudo de eventos dos ATTs de cada estimador (Apêndice 11 – Tabela A7 e Figura A16).

### **3.6 Discussão**

Nossos resultados mostram que a titulação de terras por si só não é responsável pela redução do desmatamento nas propriedades analisadas, estando condicionados ao nível de segurança da posse observada no município onde está localizada. Analisando os efeitos heterogêneos, identificamos que os efeitos dos títulos de propriedade são relevantes e estatisticamente significativos em municípios com maior segurança da posse e quando emitidos nos assentamentos ambientalmente diferenciados. Nas fazendas que já estavam em conformidade com o Código Florestal brasileiro, a probabilidade de desmatar também foi menor após a titulação. Estas evidências sugerem que titular terras pode reduzir o desmatamento quando realizada em ambientes de melhor governança fundiária e ambiental, ou onde já havia predisposição para conservar as florestas, mas não é possível atribuir ao título por si só, a responsabilidade pelo controle do desmatamento.

Comparamos nossos resultados com os obtidos por Lipscomb e Prabakaran (2020) e Probst et al. (2020), que fazem parte do número restrito de estudos que aplicaram desenhos de pesquisa quase-experimentais para avaliar os impactos da titulação de terras no desmatamento na e Amazônia brasileira. Lipscomb e Prabakaran (2020) e Probst et al. (2020) especificaram modelos DiD usando regressão de efeitos fixos bidirecionais para estimar os impactos sobre o desmatamento do Programa Terra Legal, importante reforma fundiária para titulação individual de terras implantada no ano de 2009 na Amazônia brasileira. Lipscomb e Prabakaran (2020) usaram dados em nível municipal para avaliar os impactos do programa no período de 2007 a 2012. Os autores identificaram que o programa teve pouco impacto no

desmatamento, contudo com muitos efeitos heterogêneos. Ao desagregarem os resultados por tamanho da fazenda, os autores mostraram que aumento da área registrada de propriedades menores no município resulta, em média, na diminuição do desmatamento. Nossas estimativas reforçam esses resultados, pois nossa amostra é composta de pequenos imóveis rurais em assentamentos, onde também identificamos um viés de redução da área desmatada após a titulação. Vale destacar que tanto o Programa Terra Legal como a titulação em assentamentos da reforma agrária, concedem registros fundiários condicionados ao cumprimento de exigências ambientais, incluindo o atendimento ao Código Florestal. Desta forma, no curto prazo, é possível que haja renúncia a novos desmatamentos para não correr o risco de perder os direitos fundiários sobre a terra.

Nossas estimativas também se mostraram alinhadas com os resultados de Probst et al. (2020). Os autores usaram dados ao nível da fazenda para estimar os efeitos da titulação de terras feita pelo Programa Terra Legal sobre o desmatamento na Amazônia brasileira no período de 2012 a 2016. O estudo comparou as fazendas tituladas anteriormente com as tituladas posteriormente. No geral, os resultados não encontram relação entre titulação e redução do desmatamento, tanto para os desfechos baseados na probabilidade de desmatar como para quantidade anual de desmatamento transformada pela função IHS que são semelhantes aos que aplicamos em nosso estudo. Contrário às expectativas, pequenos e médios proprietários de terra chegaram a aumentar a sua área desmatada em resposta a emissão de títulos de propriedade. Probst et al. (2020) mostraram ainda que o efeito da titulação sobre o desmatamento é fortemente mediado pelo preço do gado, concluindo que a emissão do título em si não leva a mais ou menos desmatamento. Este fato também é consistente com os achados do nosso estudo. Identificamos uma diminuição na magnitude e na significância dos efeitos da titulação quando condicionamos nossas estimativas as covariáveis em nível municipal, que inclui a variação do rebanho bovino municipal no período amostral.

Finalmente, nosso estudo acaba reforçando os argumentos de Sjaastad e Bromley (2000) relativos a necessidade de distinção dos conceitos de segurança da posse. Os estudos que apresentamos usaram a formalização dos direitos de propriedade através da titulação de terras como proxy para segurança da posse. Seguindo Arnot et al. (2011), acreditamos que em muitas situações os direitos formais de propriedade não estão correlacionados com a segurança da posse de fato, prejudicando a sua associação a determinados comportamentos econômicos, como a propensão de desmatar. Demonstramos empiricamente que medir a segurança da posse pela dimensão das garantias é uma proxy melhor para aprofundar nossa compreensão sobre seus efeitos no desmatamento na Amazônia, pois é notório a existência de conflitos agrários decorrentes da disputa pela terra na região (ARAÚJO et al., 2009; SANT'ANNA; YOUNG, 2010).

### **3.7 Conclusão**

Avaliamos o impacto da titulação de terras em assentamentos da reforma agrária sobre o desmatamento no estado do Acre, parte mais ocidental da Amazônia brasileira. Nossas principais contribuições são o uso de um conjunto único de dados longitudinais com informações fundiárias ao nível da fazenda e a aplicação de desenho de pesquisa quase-experimental que nos permitiu contornar problemas potenciais de viés de seleção e identificar a dinâmica e os efeitos heterogêneos da titulação de terras sobre o desmatamento.

Nossos resultados mostram que a titulação de terras por si só não explica a redução do desmatamento. Apresentamos evidências que os efeitos da titulação são mediados principalmente pelo nível segurança da posse do município onde se localiza a imóvel rural. A fraca governança fundiária na Amazônia ajuda a explicar esses resultados, principalmente porque os impactos da titulação de terras são mais fortes entre as fazendas submetidas à

segurança da posse do município onde estão, medida pela dimensão das garantias dos direitos de propriedade, ou seja, quando a posse da terra é menos questionada.

Nosso estudo sugere ainda que políticas fundiárias focadas na titulação individual de terras podem não gerar os impactos esperados sobre o desmatamento se os direitos de propriedade não forem garantidos pela boa governança fundiária. Em outras palavras, a titulação individual das terras pode não garantir os direitos de propriedade sobre a terra e nem reverter o ambiente de insegurança fundiária observado na Amazônia brasileira.

### **Considerações Finais**

Esta tese parte do pressuposto de que os graves problemas de governança fundiária que afetam a Amazônia brasileira ajudam a explicar o aumento do desmatamento e o descumprimento sistemático das leis florestais. Estas falhas institucionais seriam responsáveis por promover um ambiente de insegurança da posse da terra na região, promovendo direitos de propriedade fracos e sem garantias de que, uma vez adquiridos, serão reconhecidos e protegidos. Nosso objetivo, portanto, foi explorar evidências, através de desenhos de pesquisa quase-experimental, sobre os mecanismos pelos quais a segurança da posse poderia reduzir o desmatamento e aumentar a probabilidade de conformidade às leis florestais. Para isto, avaliamos duas abordagens da segurança da posse: pela dimensão das “garantias” e pela “*formalização*” dos direitos de propriedade. Acessamos um conjunto de dados inéditos da população total de imóveis rurais inscritos CAR do estado do Acre entre 2014 e 2018, que, diferentemente de outras unidades da federação, exigiu que os proprietários de terras incluíssem na sua declaração toda documentação fundiária do imóvel rural.

Em nosso primeiro estudo aplicado, definimos a segurança da posse como a ausência de direitos fundiários sobrepostos, o que significa que dois imóveis rurais não ocupam total ou parcialmente o mesmo espaço. Nossos resultados destacam que a segurança da posse

da terra, medida pela dimensão das garantias do direito de propriedade, reduz o desmatamento e aumenta as chances de cumprimento do Código Florestal. Já no segundo estudo, assumimos a titulação da terra em assentamentos da reforma agrária como proxy da segurança da posse. As evidências encontradas sugerem que a titulação de terras por si só não explica a redução do desmatamento. Os efeitos da titulação de terras são mediados principalmente pelo nível de segurança da posse, medido pela dimensão das garantias, do município onde se localiza o imóvel rural, ou seja, onde a posse da terra é menos questionada.

Nossa principal contribuição é lançar luz nos canais pelos quais melhorias na governança fundiária das terras na Amazônia aumentariam as chances de reduzir o desmatamento e a conformidade às leis florestais. Mostramos evidências de que a segurança da posse da terra pode ser um mecanismo essencial, contudo, seu conceito não deve estar restrito à formalização dos direitos de propriedade. Nossos achados representam implicações importantes para as políticas fundiárias na região, especialmente quando tratamos da titulação individual de terras, pois identificamos que se não forem acompanhadas de uma efetiva governança e garantia dos direitos de propriedade, podem não produzir os impactos ambientais esperados. Novas pesquisas nessa direção podem ser úteis para esclarecer os mecanismos que explicam por que quando há incertezas para além da dimensão formal do direito de propriedade sobre a terra, se aumenta a probabilidade de desmatar, e quais estratégias de políticas poderiam ser eficazes para controlar o desmatamento neste contexto de insegurança da posse.

## Referências

- ABADIE, A. Semiparametric Difference-in-Differences Estimators. **The Review of Economic Studies**, v. 72, n. 1, p. 1–19, jan. 2005.
- ACEMOGLU, D.; JOHNSON, S. Unbundling institutions. **Journal of Political Economy**, v. 113, n. 5, p. 949–995, 2005.
- ACRE, G. DO E. **Zoneamento ecológico-econômico do Acre. Fase III - Escala 1:250.000. Documento-Síntese**. Rio Branco: [s.n.]. Disponível em: <<https://ipam.org.br/bibliotecas/fase-iii-do-zoneamento-ecologico-economico-do-estado-do-acre>>.
- ALDRICH, S. P. Decision-making and the environment in the Amazon Land War. **Journal of Land Use Science**, v. 10, n. 1, p. 38–58, 2015.
- ALENCAR, A. et al. **Desmatamento na Amazônia: Indo Além da "Emergência Crônica"**. Instituto ed. Belém - PA: [s.n.].
- ALEXANDER PFAFF, ALISSON BARBIERI, THOMAS LUDEWIGS, FRANK MERRY, STEPHEN PERZ, E. R. Road Impacts in Brazilian Amazonia Alexander. **Geophysical Monograph Series**, n. January, p. 1–16, 2009.
- ALI, M. S. et al. Propensity score balance measures in pharmacoepidemiology: a simulation study. **Pharmacoepidemiology and Drug Safety**, v. 23, n. January, p. n/a--n/a, jan. 2014.
- ALSTON, L. J.; LIBECAP, G. D.; MUELLER, B. Land reform policies, the sources of violent conflict, and implications for deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 39, n. 2, p. 162–188, 2000.
- ANDERSEN, L. E. et al. **The dynamics of deforestation and economic growth in the Brazilian Amazon**. Cambridge: University Press, 2002.
- ARAÚJO, C. et al. Property rights and deforestation in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 68, n. 8–9, p. 2461–2468, 2009.
- ARIMA, E. Y. et al. Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. **Land Use Policy**, v. 41, n. 2014, p. 465–473, 2014.

- ARNOT, C. D.; LUCKERT, M. K.; BOXALL, P. C. What is tenure Security conceptual implications for empirical analysis.pdf. **Lands Economics**, v. 87, n. May, p. 297–311, 2011.
- ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: Prices or policies? **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 6, p. 697–722, 2015.
- AUSTIN, P. C. Balance diagnostics for comparing the distribution of baseline covariates between treatment groups in propensity-score matched samples. **Statistics in Medicine**, v. 28, n. September, p. 3083–3107, 2009.
- AZEVEDO-RAMOS, C. et al. Lawless land in no man’s land: The undesignated public forests in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 99, n. January, p. 104863, 2020.
- BELITSER, S. V. et al. Measuring balance and model selection in propensity score methods. **Pharmacoepidemiology and Drug Safety**, v. 20, n. 11, p. 1115–1129, nov. 2011.
- BESLEY, T.; GHATAK, M. Property rights and economic development. Em: **Handbook of Development Economics**. 1. ed. [s.l.] Elsevier BV, 2010. v. 5p. 4525–4595.
- BOHN, H.; DEACON, R. T. Ownership risk, investment, and the use of natural resources. **American Economic Review**, v. 90, n. 3, p. 526–549, 2000.
- BÖRNER, J. et al. Forest law enforcement in the Brazilian Amazon: Costs and income effects. **Global Environmental Change**, v. 29, p. 294–305, 2014.
- BORUSYAK, K.; JARAVEL, X.; SPIESS, J. Revisiting Event Study Designs: Robust and Efficient Estimation. p. 1–54, 2021.
- BRITO, B. et al. Stimulus for land grabbing and deforestation in the Brazilian Amazon Stimulus for land grabbing and deforestation in the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 14, p. 1–8, 2019.
- BRITO, B. **Regularização Fundiária em Áreas Federais na Amazônia Legal - Lições, Desafios e Recomendações**. Belém: [s.n.], 2022.
- BRITO, B.; ALMEIDA, J.; GOMES, P. **Dez fatos essenciais sobre regularização fundiária na Amazônia**. Belém: [s.n.], 2021.

BROMLEY, D. W. **Environment and Economy: Property Rights and Public Policy**. Cambridge : Basil Blackwell, 1991.

BROWN, D. S.; BROWN, J. C.; BROWN, C. Land occupations and deforestation in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 54, p. 331–338, 2016.

BUNTAINE, M. T.; HAMILTON, S. E.; MILLONES, M. Titling community land to prevent deforestation: An evaluation of a best-case program in Morona-Santiago, Ecuador. **Global Environmental Change**, v. 33, p. 32–43, 2015.

BUSCH, J.; FERRETTI-GALLON, K. What drives deforestation and what stops it? A meta-analysis. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 11, n. 1, p. 3–23, 2017.

CALLAWAY, B.; SANT’ANNA, P. H. C. Difference-in-Differences with multiple time periods. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 200–230, dez. 2021.

CAMPOLINA, B. D. et al. **Balanço, História e Perspectiva do Acre e da Região Amazônica**. Belo Horizonte: [s.n.], 2023.

CATTANEO, A. Deforestation in the Brazilian Amazon: Comparing the impacts of macroeconomic shocks, land tenure, and technological change. **Land Economics**, v. 77, n. 2, p. 219–240, 2001.

CHIAVARI, J.; LEME LOPES, C.; NARDI DE ARAUJO, J. **Panorama dos Direitos de Propriedade no Brasil Rural**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2021.

CHIAVARI, J.; LOPES, C. L. **Medida provisória recompensa atividades criminosas. Análise da MP nº910/2019 que altera o marco legal da regularização fundiária de ocupações a terras públicas federais**. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.], 2020.

CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S. Determinants of Land Use in Amazônia: A Fine-Scale Spatial Analysis. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 85, n. 4, p. 1016–1028, 2003.

COHN, A. S. et al. Cattle ranching intensification in Brazil can reduce global greenhouse gas emissions by sparing land from deforestation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 20, p. 7236–7241, 2014.

COHN, A. S. et al. Forest loss in Brazil increases maximum temperatures within 50 km. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 8, 2019.

COSTA, R. D. **Insegurança dos direitos de propriedade no Brasil: Consequências e obstáculos para superação**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2017.

DE CHAISEMARTIN, C.; D’HAULTFŒUILLE, X. Two-Way Fixed Effects Estimators with Heterogeneous Treatment Effects. **American Economic Review**, v. 110, n. 9, p. 2964–2996, 2020.

DEACON, R. T. Deforestation and the Rule of Law in a Cross-Section of Countries. **Land Economics**, v. 70, n. 4, p. 414–430, 1994.

DEACON, R. T. Deforestation and ownership: Evidence from historical accounts and contemporary data. **Land Economics**, v. 75, n. 3, p. 341–359, 1999.

DEMSETZ, H. Toward a Theory of Property Rights Harold Demsetz The American Economic Review. **The American Economic Review**, v. 57, n. 2, p. 347–359, 1967.

EMBRAPA, E. B. DE P. A. **Sistema Interativo de Análise Geoespacial da Amazônia Legal**, 2020.

FAO, F. AND A. O. OF THE U. N. **Land Tenure and Rural Development**. Rome: FAO, 2002.

FARIA, W. R.; ALMEIDA, A. N. Relationship between openness to trade and deforestation: Empirical evidence from the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 121, p. 85–97, 2016.

FEARNSIDE, P. M. Land-tenure issues as factors in environmental destruction in Brazilian Amazonia: The case of Southern Pará. **World Development**, v. 29, n. 8, p. 1361–1372, 2001.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680–688, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, p. 395–400, 2006.

FIELD, E. Entitled to Work : Urban Property Rights and Labor Supply in Peru Author ( s ): Erica Field Source : The Quarterly Journal of Economics , Nov., 2007, Vol. 122, No. 4.

FOUDI, S. The role of farmers' property rights in soil ecosystem services conservation. **Ecological Economics**, v. 83, p. 90–96, nov. 2012.

GATTI, L. V. et al. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. **Nature**, v. 595, n. July, 2021.

GOODMAN-BACON, A. Difference-in-differences with variation in treatment timing. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 254–277, 2021.

GUEDES, S. N. R.; REYDON, B. P. Direitos de Propriedade da Terra Rural no Brasil: Uma proposta institucionalista para ampliar a governança fundiária. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, p. 525–544, 2012.

HARGRAVE, J.; KIS-KATOS, K. Economic Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon: A Panel Data Analysis for the 2000s. **Environmental and Resource Economics**, v. 54, n. 4, p. 471–494, 2013.

HIGGINS, D. et al. Investigating the impacts of increased rural land tenure security: A systematic review of the evidence. **Journal of Rural Studies**, v. 61, p. 34–62, 1 jul. 2018.

HOLLAND, M. B. et al. Titling land to conserve forests: The case of Cuyabeno Reserve in Ecuador. **Global Environmental Change**, v. 44, p. 27–38, 1 maio 2017.

HOLLAND, M.; MASUDAA, Y.; ROBINSON, B. **Land Tenure Security and Sustainable Development**. Cham: Springer International Publishing, 2022.

IBAMA, I. B. DO M. A. E DOS R. N. R. **Relatório de Áreas Embargadas**. Disponível em: <<https://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/areasembargadas/ConsultaPublicaAreasEmbargadas.php>>. Acesso em: 5 jun. 2022.

IBGE. **Malha Municipal Digital da Divisão Político-Administrativa Brasileira**. 2020.

IBGE, I. B. DE G. E E. **Censo Agropecuário 2017 [base de dados na internet]**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/agropecuaria/censo-agropecuario-2017.html>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

IBGE, I. B. DE G. E E. **Base de dados de Cidades e Estados**. 2023.

IMBENS, G. W.; WOOLDRIDGE, J. M. Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation. **Journal of Economic Literature**, v. 47, n. 1, p. 5–86, mar. 2009.

INCRA, I. N. DE C. E R. A. **Planilha de Preços de Referências de Terras para o Estado do Acre**. Rio Branco: [s.n.], 2017.

INCRA, I. N. DE C. E R. A. **Sistema de Informações de Projetos de Reforma Agrária**. Rio Branco - Acre: [s.n.], 2019.

JOHNSON, N. L. **Systems of Frequency Curves Generated by Methods of Translation**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2332539>>.

JONES, K. W.; LEWIS, D. J. Estimating the counterfactual impact of conservation programs on land cover outcomes: The role of matching and panel regression techniques. **PLoS ONE**, v. 10, n. 10, 26 out. 2015.

KASHWAN, P. The politics of rights-based approaches in conservation. **Land Use Policy**, v. 31, p. 613–626, mar. 2013.

KOCH, N. et al. Agricultural Productivity and Forest Conservation: Evidence from the Brazilian Amazon. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 101, n. 3, p. 919–940, 2019.

LEITE-FILHO, A. T. et al. Deforestation reduces rainfall and agricultural. **Nature Communications**, n. 2021, p. 1–7, 2021.

LIPSCOMB, M.; PRABAKARAN, N. Property rights and deforestation: Evidence from the Terra Legal land reform in the Brazilian Amazon. **World Development**, v. 129, p. 104854, 2020.

MAPBIOMAS et al. **Relatório Anual de Desmatamento 2021**. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <<http://alerta.mapbiomas.org>>.

MARENGO, J. A. et al. Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. **Frontiers in Earth Science**, v. 6, n. December, 2018.

MARENGO, J. A. et al. Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia–Cerrado transition zone. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1–10, 2022.

MIRANDA, J. et al. Land speculation and conservation policy leakage in Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 4, 2019.

MOUTINHO, P.; GUERRA, R.; AZEVEDO-RAMOS, C. Achieving zero deforestation in the Brazilian Amazon: What is missing? **Elementa: Science of the Anthropocene**, v. 4, p. 100125, 2016.

MUELLER, B. Property rights implications for the Brazilian Forest Code. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 329–346, 1 abr. 2018.

NASCIMENTO, E. DE S. et al. Roads in the southwestern amazon, state of acre, between 2007 and 2019. **Land**, v. 10, n. 2, p. 1–12, 1 fev. 2021.

NEUMANN, J. Y.; MORGENSTERN, O. **Theory of Games and Economic Behavior**. [s.l.] Princeton University Press, 1944.

NOBRE, C. A. et al. Land-use and climate change risks in the amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 39, p. 10759–10768, 27 set. 2016.

NORTH, D. C. **Institutions, Institutional Change and Economic Performance**. Cambridge: [s.n.], 1990.

NORTH, D. C. Institutions. **Journal of Economic Perspectives**, v. 5, n. 1, p. 97–112, 1991.

PACHECO, P.; BENATTI, J. H. Tenure security and land appropriation under changing environmental governance in lowland Bolivia and Pará. **Forests**, v. 6, n. 2, p. 464–491, 2015.

PAULA, J. A. DE. Notas Sobre a Economia da Borracha no Brasil. **Estudos Econômicos**, p. 63–93, abr. 1982.

PROBST, B. et al. Impacts of a large-scale titling initiative on deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 12, p. 1019–1026, dez. 2020.

PRODES, I. N. DE P. E. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira por Satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

REYDON, B. P.; FERNANDES, V. B.; TELLES, T. S. Land tenure in Brazil: The question of regulation and governance. **Land Use Policy**, v. 42, p. 509–516, 2015.

REYDON, B. P.; FERNANDES, V. B.; TELLES, T. S. Land governance as a precondition for decreasing deforestation in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, n. October, p. 104313, 2019.

ROBINSON, B. E. et al. Incorporating Land Tenure Security into Conservation. **Conservation Letters**, v. 11, n. 2, p. e12383, mar. 2018.

ROBINSON, B. E.; HOLLAND, M. B.; NAUGHTON-TREVES, L. Does secure land tenure save forests? A meta-analysis of the relationship between land tenure and tropical deforestation. **Global Environmental Change**, v. 29, p. 281–293, 2014.

ROCHA, A. L. S.; BENATTI, J. H. Política Nacional De Reforma Agrária E Seus Diferentes Instrumentos Fundiários. **Revista de Direito Agrário e Agroambiental**, v. 3, n. 1, p. 78, 2017.

ROTH, J. et al. What's trending in difference-in-differences? A synthesis of the recent econometrics literature. **Journal of Econometrics**, v. 235, n. 2, p. 2218–2244, 1 ago. 2023.

SANT'ANNA, A. A.; YOUNG, C. E. F. Direitos de propriedade, desmatamento e conflitos rurais na Amazônia. **Economia Aplicada**, v. 14, n. 3, p. 381–393, 2010.

SANT'ANNA, P. H. C.; ZHAO, J. Doubly robust difference-in-differences estimators. **Journal of Econometrics**, v. 219, n. 1, p. 101–122, 2020.

SAUER, S. O significado dos assentamentos da reforma agrária no Brasil. Em: FRANÇA, C. G. DE; SPAROVEK, G. (Eds.). **Assentamentos em debate**. Brasília: [s.n.]. p. 300. 2005.

SCHIELEIN, J. **Deforestation Frontiers in the Brazilian Amazon**. Disponível em: <<https://doi.org/10.7910/DVN/AGLYOW>>. Acesso em: 26 set. 2019.

SCHLAGER, E.; OSTROM, E. Property-Rights Regimes and Natural Resources: A Conceptual Analysis. **Land Economics**, v. 68, n. 3, p. 249, ago. 1992.

SICAR-ACRE. **Sistema de Cadastro Ambiental Rural do Estado do Acre**. Disponível em: <<http://www.car.ac.gov.br/#/>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

SJAASTAD, E.; BROMLEY, D. W. The prejudices of property rights: On individualism, specificity, and security in property regimes. **Development Policy Review**, v. 18, n. 4, p. 365–389, 2000.

SOARES-FILHO, B. S. et al. Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 137–152, 2005.

SOARES-FILHO, B. S. et al. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, n. 7083, p. 520–523, mar. 2006.

SPAROVEK, G. et al. Who owns Brazilian lands? **Land Use Policy**, v. 87, n. June, p. 104062, 2019.

STUART, E. A.; LEE, B. K.; LEACY, F. P. Prognostic score–based balance measures can be a useful diagnostic for propensity score methods in comparative effectiveness research. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 66, n. 8, p. S84–S90.e1, ago. 2013.

SUN, L.; ABRAHAM, S. Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 175–199, dez. 2021.

WEHKAMP, J. et al. Governance and deforestation — a meta-analysis in economics. **Ecological Economics**, v. 144, n. July 2017, p. 214–227, 2018.

WILLIAM F. LAURANCE, MARK A. COCHRANE, SCOTT BERGEN, PHILIP M. FEARNSIDE, PATRICIA DELAMÔNICA, CHRISTOPHER BARBER, SAMMYA D'ANGELO, T. F. O futuro da Amazônia brasileira. **Science**, v. 291, n. 438–439, p. 5503, 2001.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics: A Modern Approach**. 2. ed. Mason: Thomson South-Western, 2003.

WOOLDRIDGE, J. M. Two-Way Fixed Effects, the Two-Way Mundlak Regression, and Difference-in-Differences Estimators. **SSRN Electronic Journal**, p. 1–77, 2021.

## Apêndice

### Apêndice 1. Uso e ocupação do solo no estado do Acre

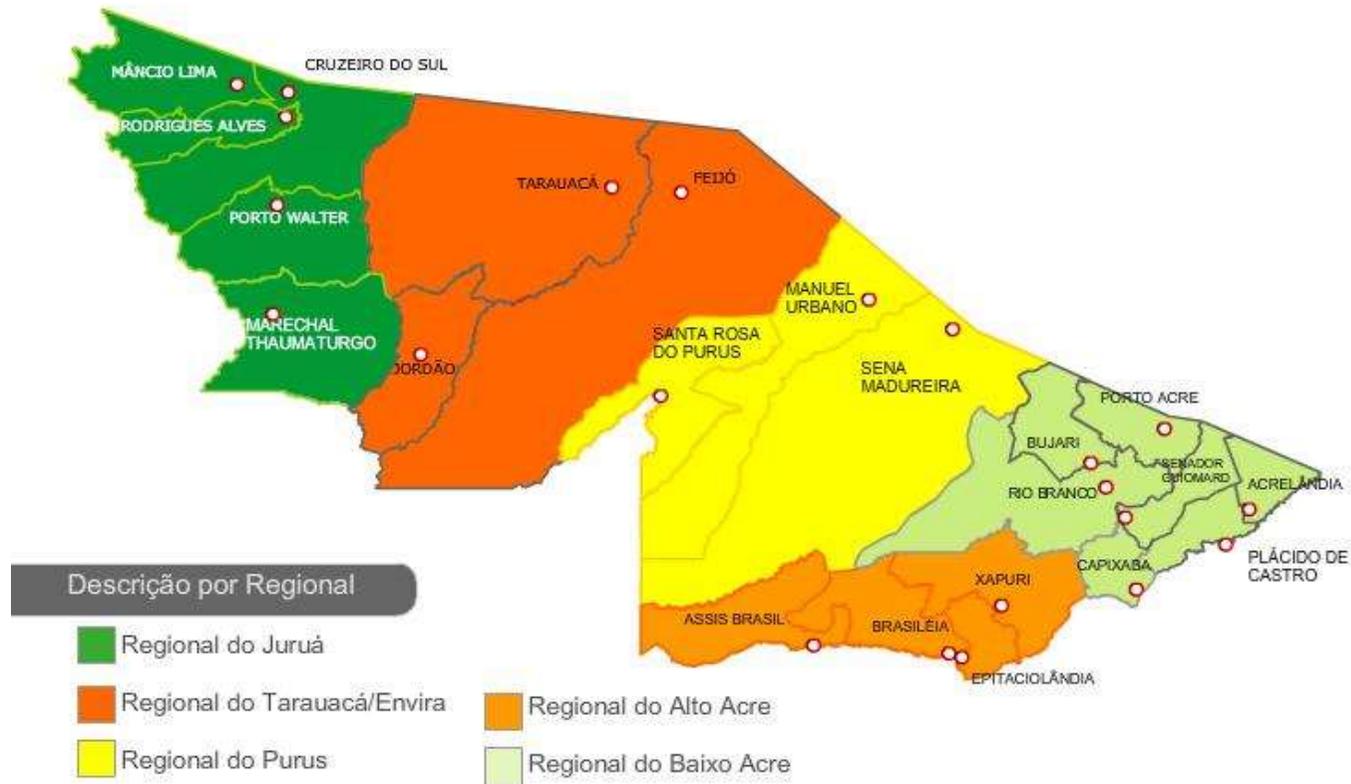


Figura A1. Divisão regional político-administrativa do estado do Acre

Fonte: (IBGE, 2020)

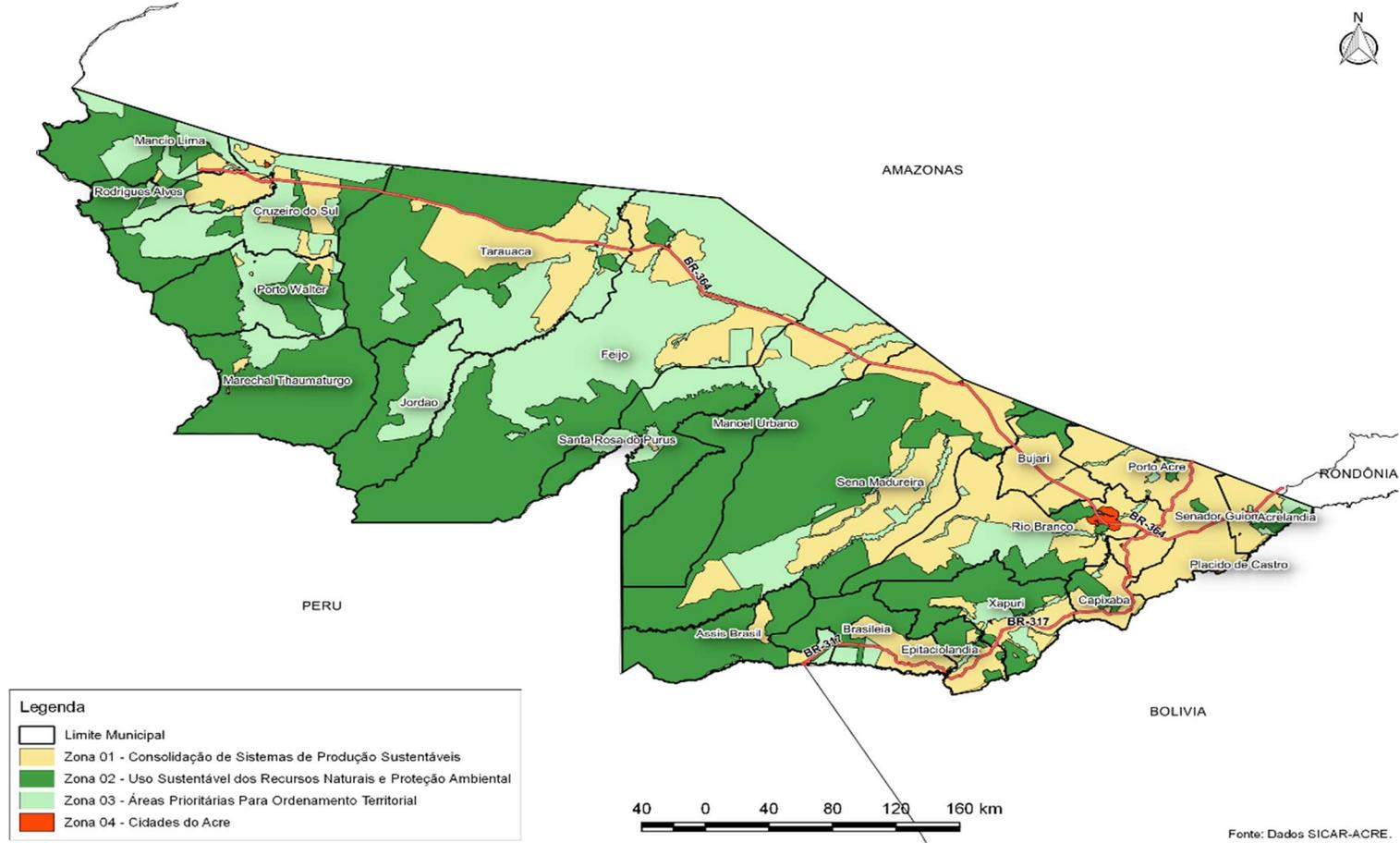


Figura A2. Zonas de gestão do território delimitadas pelo ZEE-Acre

Fonte: (ACRE, 2021)

Tabela A1. Linha de base da área cadastrável no CAR do estado do Acre

Item	Discriminação	Área total (km <sup>2</sup> )	% do total	Área cadastrável (km <sup>2</sup> )	% da área cadastrável	Área não cadastrável (km <sup>2</sup> )	% da área não cadastrável
1	Zona 1: Consolidação de Sistemas de Produção Sustentáveis	42.262,72	25,7%	42.262,72	34,9%	0,00	0,0%
2	Zona 2: Uso Sustentável dos Recursos Naturais e Proteção Ambiental	79.195,13	48,2%	36.496,22	30,1%	42.698,90	99,4%
2.1	Unidades de Conservação de Uso Sustentável	32.229,87	19,6%	32.229,87	26,6%	0,00	0,0%
2.2	Projetos de Assentamento Diferenciados	4.266,35	2,6%	4.266,35	3,5%	0,00	0,0%
2.3	Unidades de Conservação de Proteção Integral	15.618,32	9,5%	0,00	0,0%	15.618,32	36,4%
2.4	Terras Indígenas	27.080,58	16,5%	0,00	0,0%	27.080,58	63,0%
3	Zona 3: Áreas Prioritárias para o Ordenamento Territorial	42.448,64	25,9%	42.448,64	35,0%	0,00	0,0%
4	Zona 4: Cidades do Acre	266,95	0,2%	0,00	0,0%	266,95	0,6%
<b>Total</b>		<b>164.173,43</b>	<b>100,0%</b>	<b>121.207,58</b>	<b>100,0%</b>	<b>42.965,85</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: (ACRE, 2021)

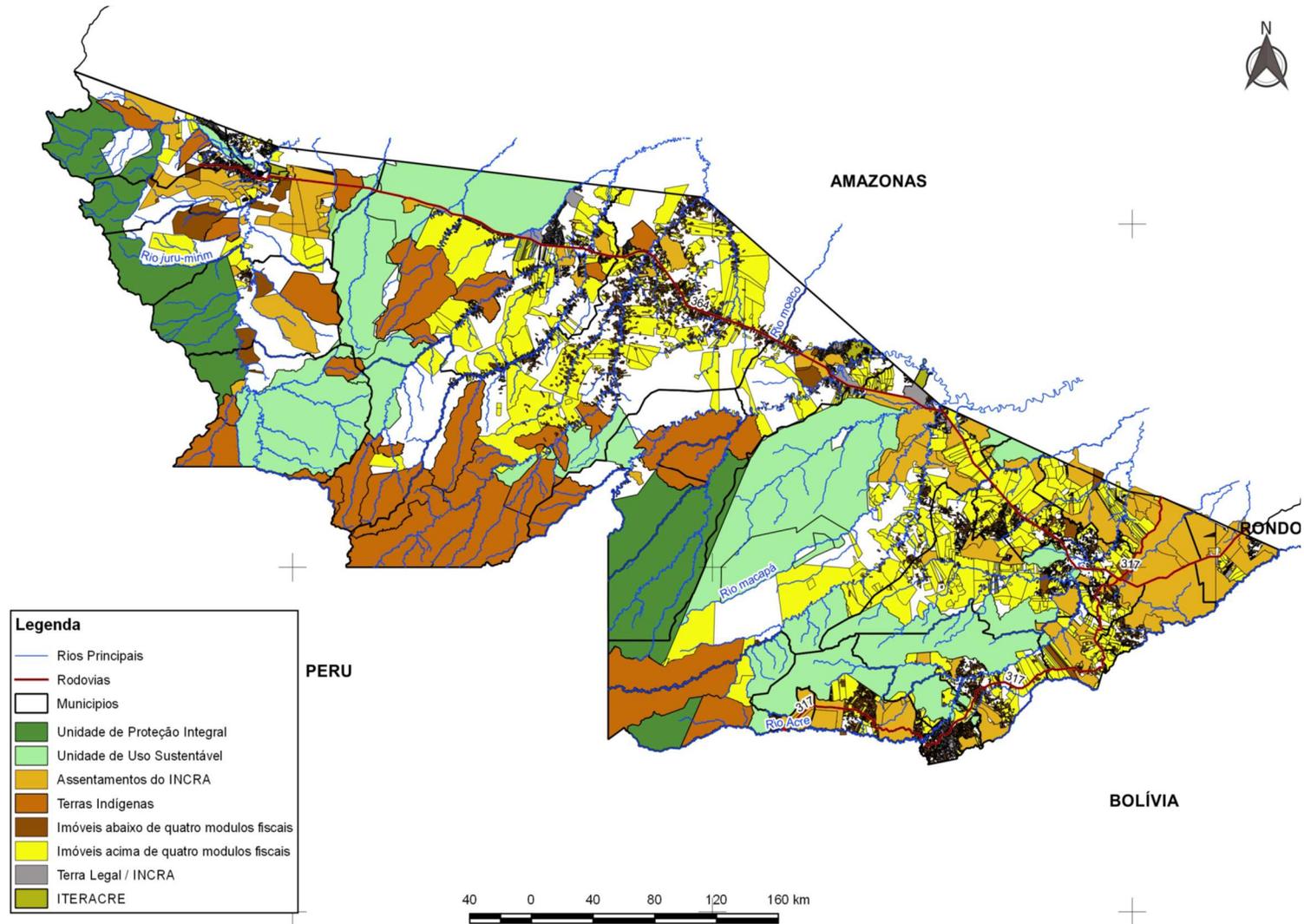


Figura A3. Categorias fundiárias distribuídas pelo território do estado do Acre

Fonte: (ACRE, 2021; SICAR-ACRE, 2018)

## Apêndice 2. Procedimentos metodológicos para construção das variáveis de resultado

Neste Apêndice, apresentamos os procedimentos e ferramentas utilizadas para construção das variáveis de tratamento e resultado que utilizamos nos nossos modelos, referente a sobreposição de direitos fundiários e área desmatada nos imóveis rurais cadastrados no CAR.

1. O shape original contendo a área desmatada no estado do Acre no período de 2007 a 2018 foi obtido em PRODES (2022).
2. Usamos a ferramenta *select by spatial location*, especificamente a função *intersect*, para cruzá-lo com o shape dos polígonos dos imóveis rurais da base de dados (SICAR-Acre 2018). Descartamos todos os polígonos de desmatamento que não cruzavam com os polígonos de imóveis rurais do CAR.
3. Para estabelecer as referências dos Identificadores (ID's) de cada polígono original do CAR, utilizamos a ferramenta *count-overlapping-features* do software *ARCGISpro*.
4. Com o shape resultante do cruzamento entre as duas bases de dados, aplicamos a ferramenta *union*.
5. Desse novo cruzamento, descartamos todas as feições poligonais que não estavam totalmente contidas nos limites poligonais do CAR, onde utilizamos novamente o *select by spatial location*.
6. A partir do shape gerado, realizamos as análises tabulares, cálculo de área e *cross check* das feições poligonais geradas, onde calculamos a área e quantidade de polígonos sobrepostos em cada polígono do CAR e a área desmatada no imóvel rural entre os anos de 2007 e 2018.
7. Todos os metadados e dados tabulares contidos na tabela de atributos das bases de dados foram mantidos como originais em cada etapa do processo. Os resultados obtidos na tabela de atributos dos cruzamentos dos diferentes shapes foram exportados para arquivo \*.dbf, e então foram importados no Excel e salvos em \*.csv.

### Apêndice 3. Perfil fundiário dos imóveis rurais do estado do Acre

Tabela A2. Demonstrativo dos comprovantes de propriedade ou posse que compõem as situações fundiárias definidas

Categoria	Seq.	Tipo de Documento	Frequência	%
Propriedade	1	Certidão de registro	2.230	6,36
	2	Escritura pública	3.457	9,86
Título	3	Título de domínio	1.354	3,86
	4	Título de propriedade sobre condição resolutiva	4.278	12,20
	5	Título de reconhecimento de domínio	277	0,79
	6	Título definitivo transferido, com anuência do órgão fundiário (estadual ou federal)	85	0,24
	7	Título definitivo sujeito re-ratificação	10	0,03
	8	Título definitivo, com reserva florestal, em condomínio	21	0,06
	9	Concessão real de direito de uso	505	1,44
	10	Contrato de concessão de terras públicas	99	0,28
	11	Contrato de concessão de domínio de terras públicas	52	0,15
	12	Contrato de alienação de terras públicas	9	0,03
	13	Contrato de transferência de aforramento	2	0,01
	14	Em regularização <sup>1</sup>	5.019	14,31
Ocupação	15	Licença de ocupação	389	1,11
	16	Termo de doação	157	0,45
	17	Autorização de ocupação	925	2,64
	18	Contrato de assentamento do órgão fundiário (estadual ou federal)	3.870	11,04
	19	Declaração de assentamento municipal	19	0,05
	20	Carta de anuência	157	0,45
	21	Contrato de compra e venda	1.426	4,07
	22	Contrato de promessa de compra e venda	3.774	10,76
	23	Imissão de posse	19	0,05
	24	Declaração do sindicato rural ou sindicato dos trabalhadores rurais	938	2,67
	25	Declaração dos confrontantes	13	0,04
	26	Termo de autodeclaração	5.137	14,65
Sem identificação	27	Comprovante de propriedade ou posse não declarado	845	2,41
Total			35.067	100,00

Fonte: (SICAR-ACRE 2018). Notas: Na base de dados do CAR do estado do Acre, o status “em regularização” foi atribuído aos imóveis rurais titulados em projetos de assentamento declarados diretamente pelas instituições de meio ambiente e fundiárias responsáveis.

#### Apêndice 4. Ilustração de situações típicas de sobreposição de direitos fundiários nos dados do CAR

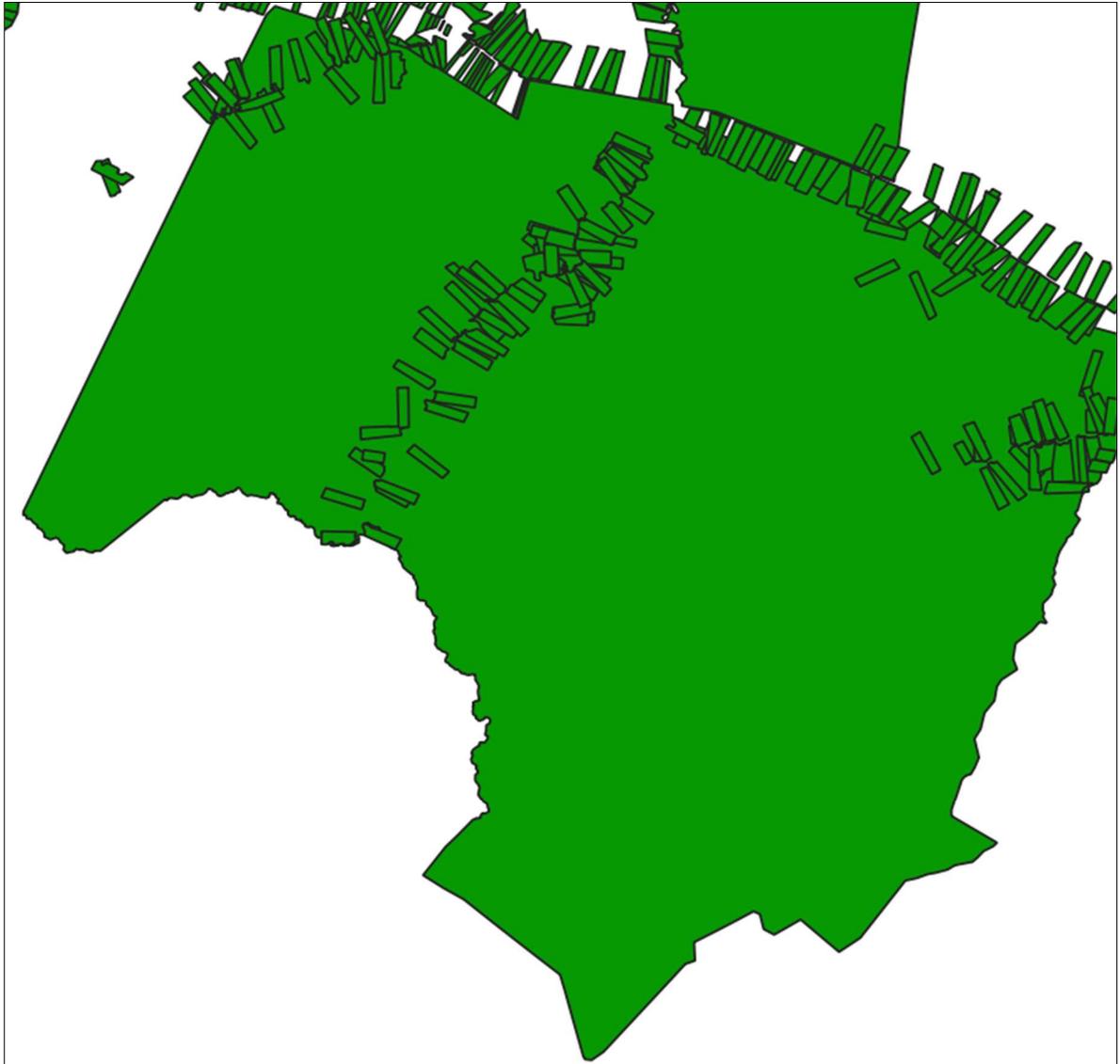


Figura A4. Sobreposições de direitos fundiários em imóvel rural no município de Tarauacá, estado do Acre.

Fonte: (SICAR-ACRE, 2018). Notas: A fazenda é classificada como uma área privada com direitos de propriedade devidamente formalizados. Possui uma área total de 149,3 mil hectares, sendo 11,7 mil hectares de área com sobreposição fundiária. Durante nosso período amostral, a fazenda desmatou 1,8 mil hectares e 40 % deste total foi nas áreas sobrepostas (PRODES, 2022).

## Apêndice 5. Resultados da diferenças padronizadas

Tabela A3. Diferenças padronizadas na média e razão de variância antes e após a ponderação para todas as propriedades da amostra

Variáveis	Propriedades não anistiadas								Propriedades anistiadas							
	T1 (0%)				T2 (5%)				T1 (0%)				T2 (5%)			
	Diferenças padrão		Razão de variância		Diferenças padrão		Razão de variância		Diferenças padrão		Razão de variância		Diferenças padrão		Razão de variância	
	Raw	Weighted	Raw	Weighted	Raw	Weighted	Raw	Weighted	Raw	Weighted	Raw	Weighted	Raw	Weighted	Raw	Weighted
Consolidated	0,210	-0,016	1,089	1,043	0,118	-0,002	0,979	1,037	0,210	-0,016	1,089	1,043	0,118	-0,002	0,979	1,037
ln Size	-0,441	0,053	1,435	1,060	0,079	0,000	1,091	1,072	-0,441	0,053	1,435	1,060	0,079	0,000	1,091	1,072
Accessibility	-0,073	0,020	1,393	1,205	-0,125	0,009	0,624	1,345	-0,073	0,020	1,393	1,205	-0,125	0,009	0,624	1,345
Altitude	-0,129	0,028	0,920	1,117	0,052	0,002	1,156	1,068	-0,129	0,028	0,920	1,117	0,052	0,002	1,156	1,068
Aptitude	0,041	-0,017	1,008	0,996	0,014	-0,002	1,003	1,000	0,041	-0,017	1,008	0,996	0,014	-0,002	1,003	1,000
ln Cattle	-0,261	0,052	1,058	1,121	-0,062	-0,001	0,998	1,043	-0,261	0,052	1,058	1,121	-0,062	-0,001	0,998	1,043
ln Price	-0,117	-0,009	1,024	0,931	0,055	-0,003	0,816	0,945	-0,117	-0,009	1,024	0,931	0,055	-0,003	0,816	0,945
Embargo	0,071	-0,029	1,312	0,926	0,017	-0,001	0,814	0,834	0,071	-0,029	1,312	0,926	0,017	-0,001	0,814	0,834
Observações	27.369	27.369			27.369	27.369			27.369	27.369			27.369	27.369		
Tratados	2.611	13.893			11.482	13.692			2.611	13.893			11.482	13.692		
Controle	24.758	13.476			15.887	13.677			24.758	13.476			15.887	13.677		

## Apêndice 6. Processo de titulação em assentamentos da reforma agrária

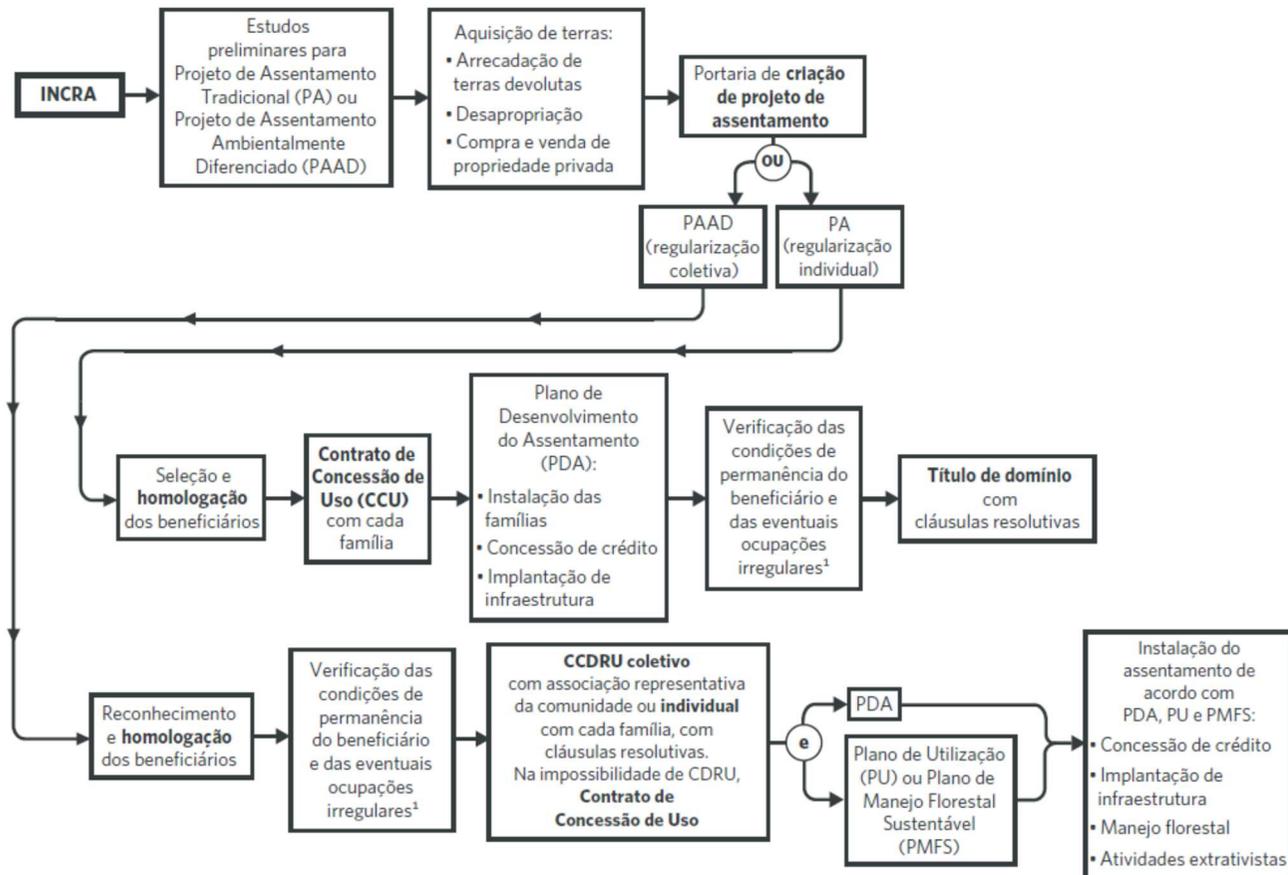
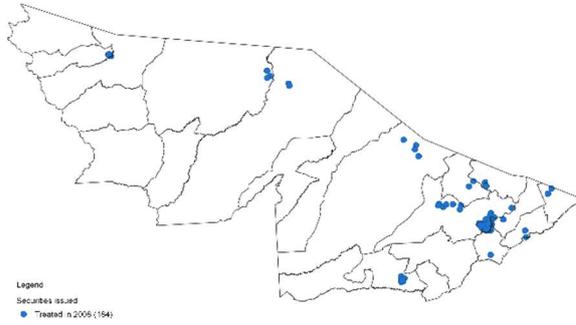


Figura A5. Fluxograma do processo para emissão de títulos de propriedade em projetos de assentamento da reforma agrária

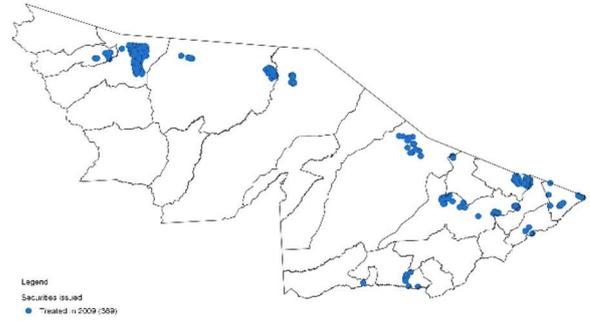
Fonte: (CHIAVARI et al., 2021).

## Apêndice 7. Distribuição dos grupos de tratamento por ano

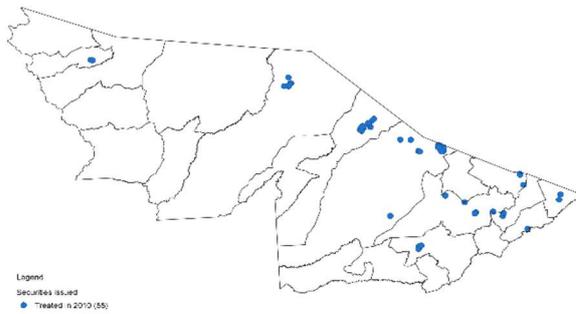
(a) 2008: 184



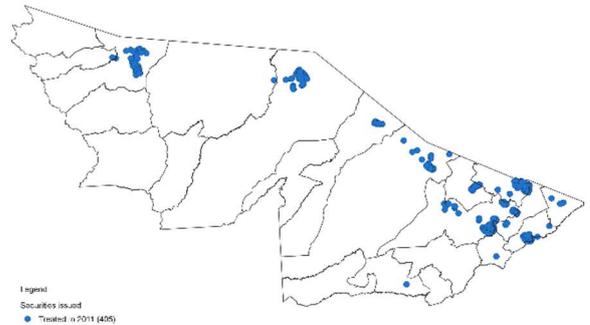
(b) 2009: 369



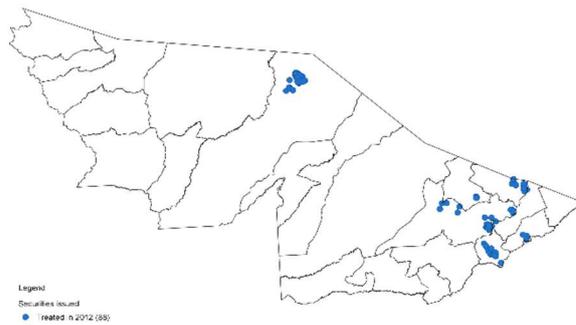
(c) 2010: 55



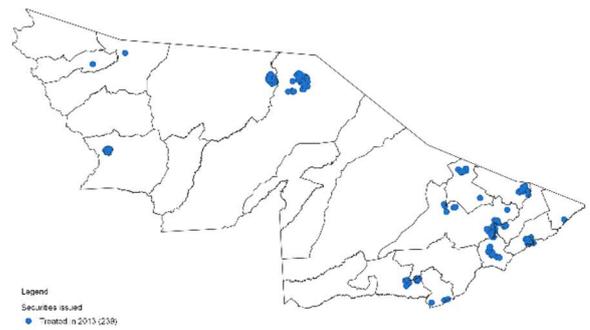
(d) 2011: 405



(e) 2012: 88



(f) 2013: 239



● títulos emitidos

cont.

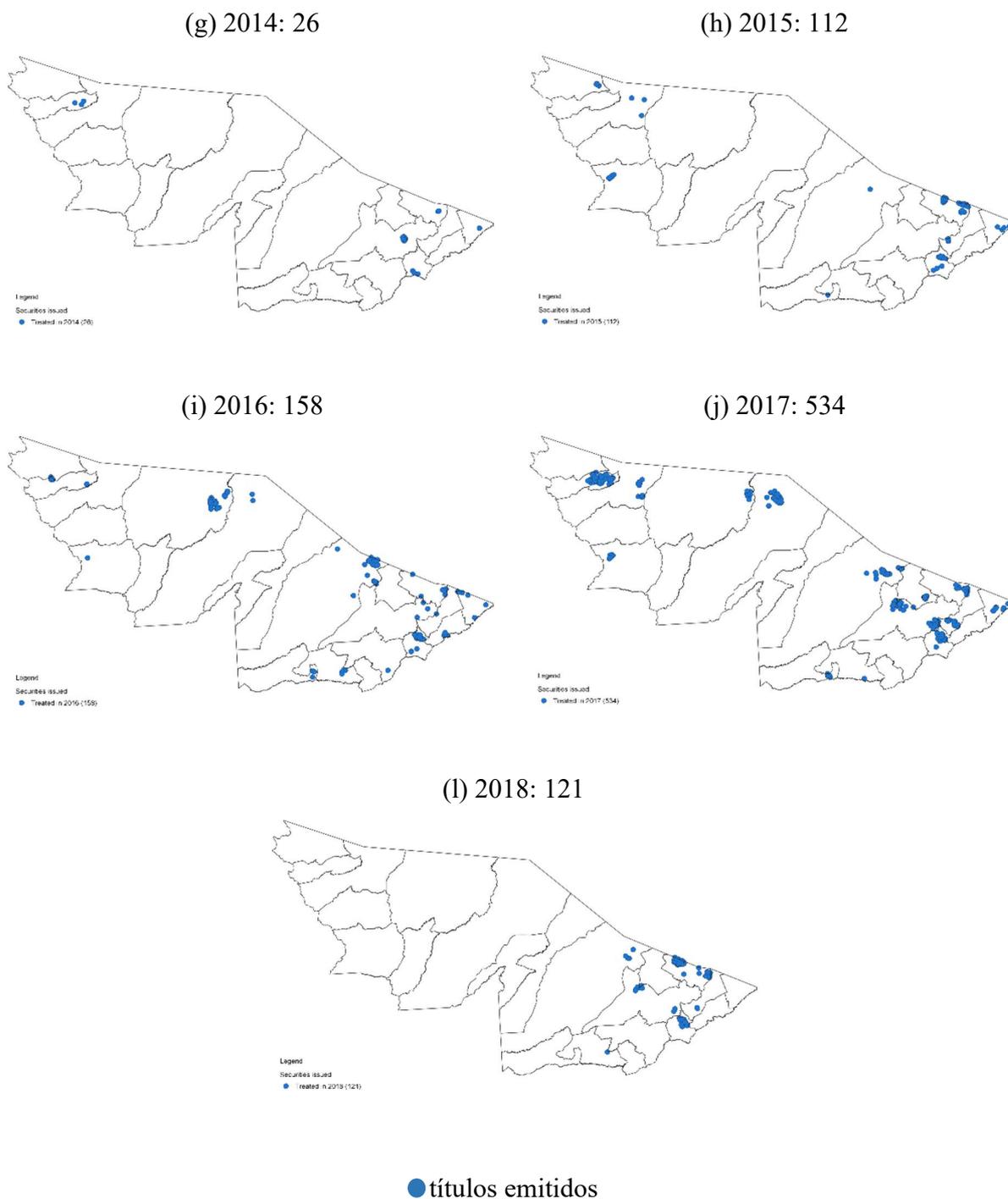


Figura A6. Títulos emitidos em assentamentos da reforma agrária entre 2008 e 2018 no estado do Acre.

Fonte: (IBGE, 2020; INCRA, 2019; PRODES, 2022; SICAR-ACRE, 2018).

## Apêndice 8. Decomposição dos efeitos fixos bidirecionais

Tabela A4. Decomposição do TWFE

Decomposição de Bacon (2021)	(1)	(2)
	Treated vs never treated	Treated and not yet treated
Early treated (T) vs Late treated (C)	0,124	0,405
Late treated (T) vs Early treated (C)	0,135	0,440
Always (T) vs Treated (C)	0,047	0,155
Treated (T) vs Never treated (C)	0,695	0,000

Notas: Esta tabela apresenta a decomposição do modelo de efeitos fixos bidirecionais proposta por Goodman-Bacon (2021) onde (T) para unidades tratadas e (C) para unidades de comparação da equação (1). A coluna (1) mostra o cenário deste estudo onde comparamos os imóveis rurais titulados com os que não foram titulados no período amostral, enquanto a coluna (2) mostra uma simulação para o caso de utilizarmos somente as unidades ainda não tratadas, ou seja, os imóveis rurais que foram titulados posteriormente à unidade tratada no período amostral, como grupo de comparação.

## Apêndice 9. Resultados principais – gráficos adicionais

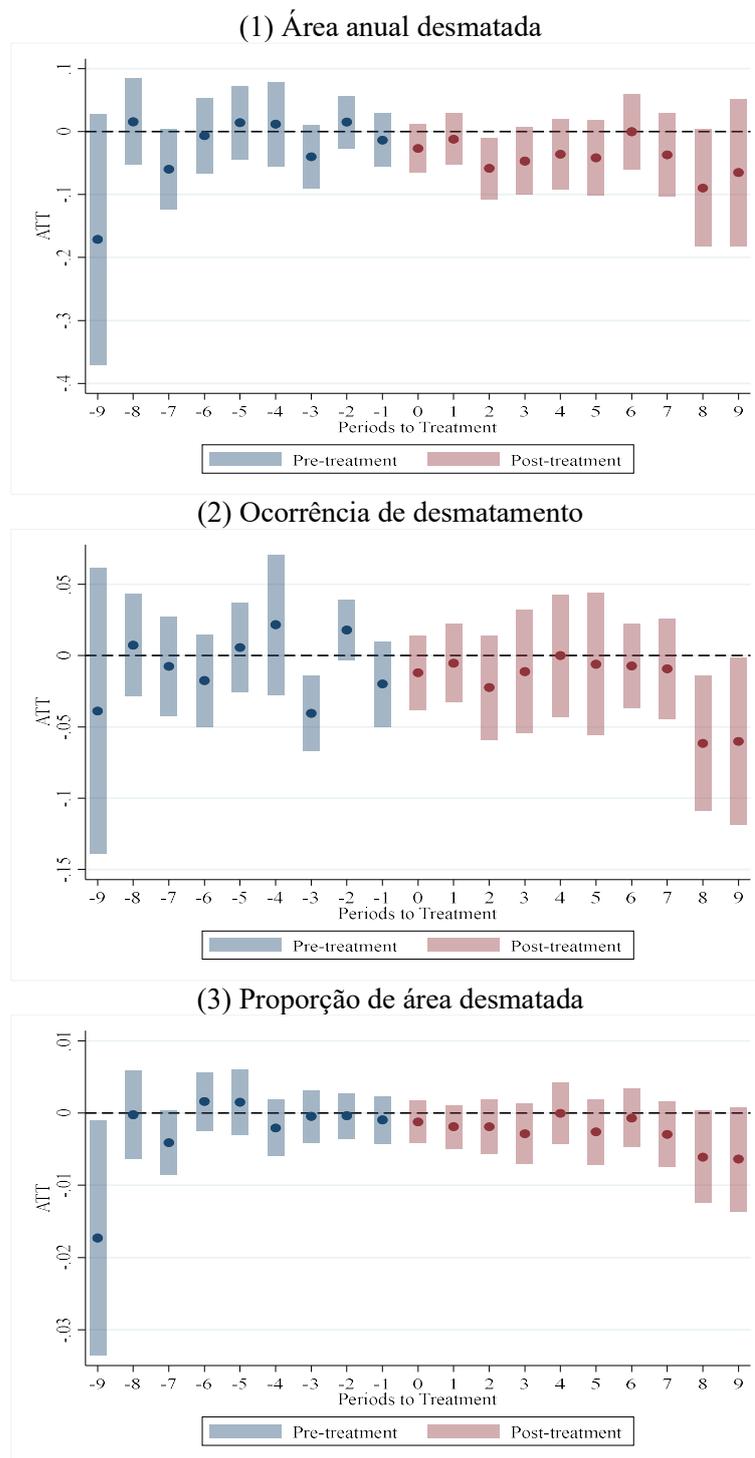


Figura A7. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação)

Notas: Esta figura apresenta o gráfico de estudo de evento para as estimativas do ATT dinâmico referente ao Painel D, sobre: (1) Área anual desmatada; (2) Ocorrência de desmatamento; (3) Proporção de desmatamento, que são estimados para cada período em relação ao período tratado pela primeira vez, em todos os grupos, seguindo Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária. Apresentamos as estimativas pontuais, bem como o intervalo de confiança de 95%. Erros padrão agrupados em nível do evento.

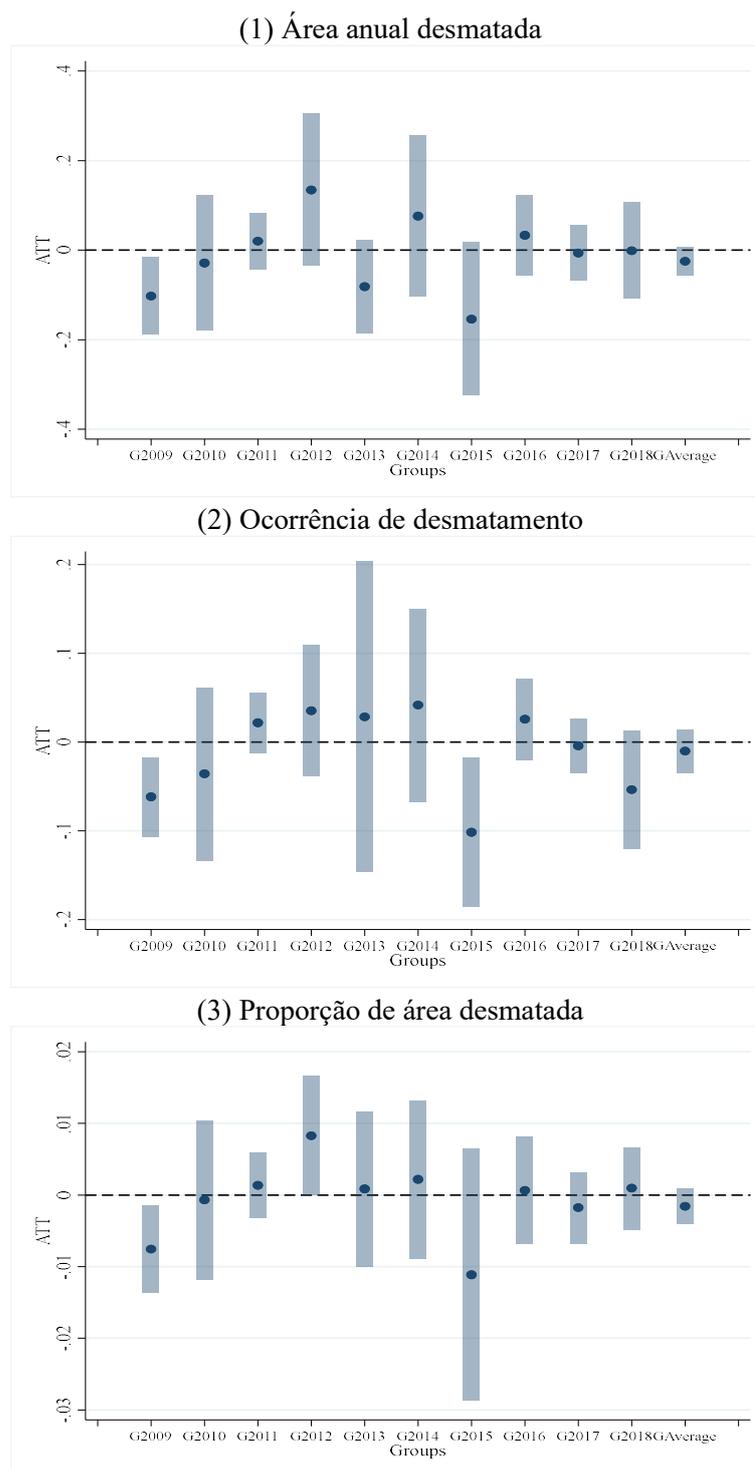


Figura A8. Estimativas do ATT para cada grupo em todos os períodos

Notas: Esta figura apresenta o gráfico das estimativas do ATT para cada grupo em todos os períodos sobre: (1) Área anual desmatada; (2) Ocorrência de desmatamento; (3) Proporção de desmatamento, que são estimados seguindo Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária. Apresentamos as estimativas pontuais, bem como o intervalo de confiança de 95%. Erros padrão agrupados em nível do grupo.

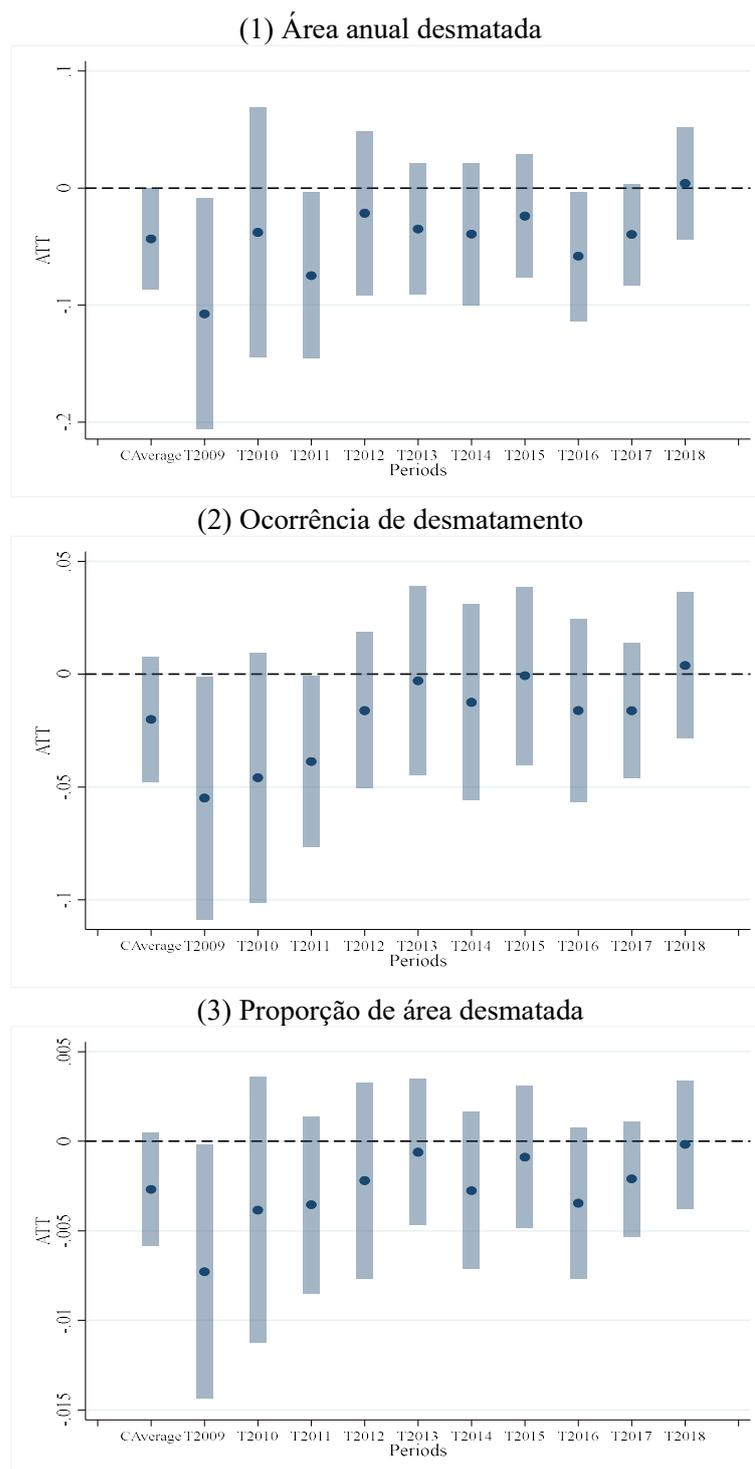
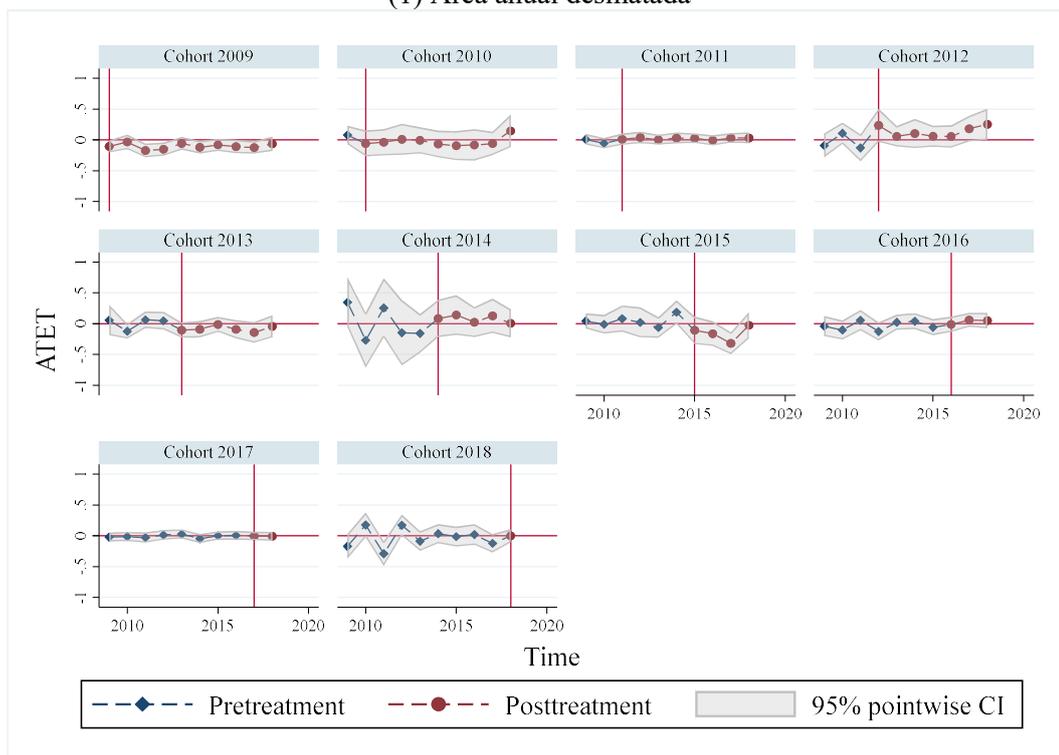


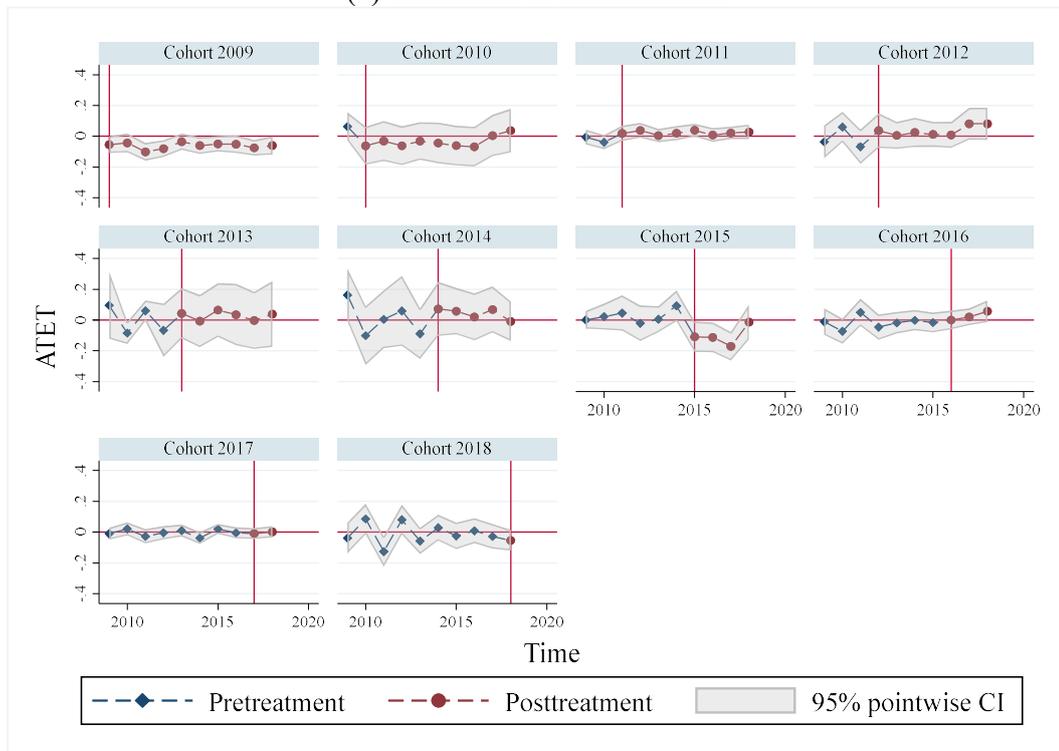
Figura A9. Estimativa do ATT para cada período em todos os grupos

Notas: Esta figura apresenta o gráfico das estimativas do ATT para cada período em todos os grupos sobre: (1) Área anual desmatada; (2) Ocorrência de desmatamento; (3) Proporção de desmatamento, que são estimados seguindo Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária. Apresentamos as estimativas pontuais, bem como o intervalo de confiança de 95%. Erros padrão agrupados em nível do período.

## (1) Área anual desmatada



## (2) Ocorrência de desmatamento



## (3) Proporção de área desmatada

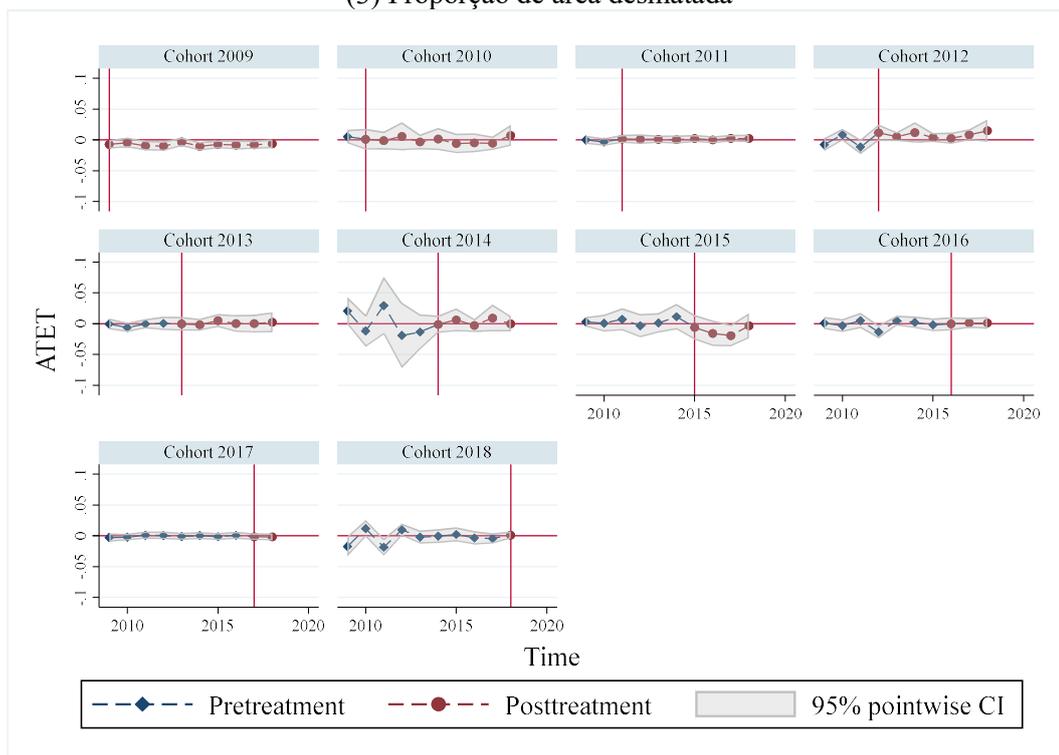


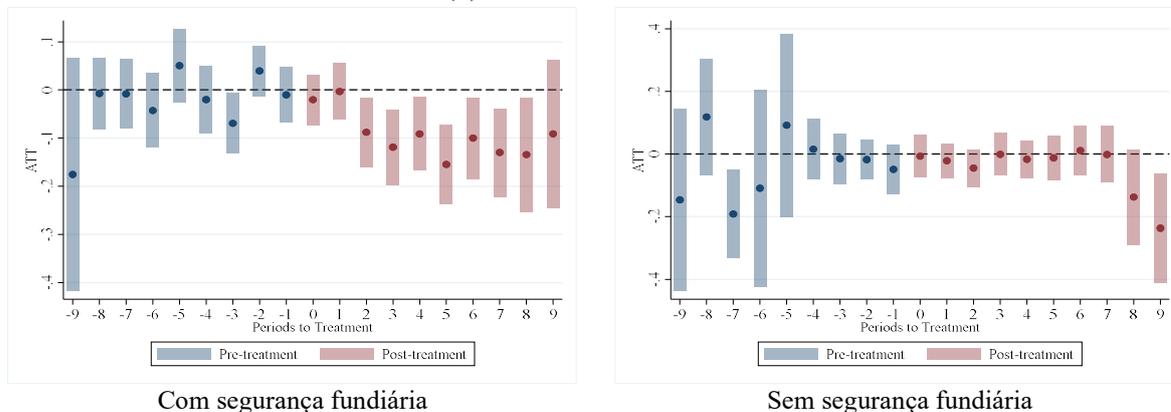
Figura A10. Estimativa do ATT para cada grupo e períodos

Notas: Esta figura apresenta o gráfico das estimativas do ATT para cada grupo e períodos sobre: (1) Área anual desmatada; (2) Ocorrência de desmatamento; (3) Proporção de desmatamento, que são estimados seguindo Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária. Apresentamos as estimativas pontuais, bem como o intervalo de confiança de 95%.

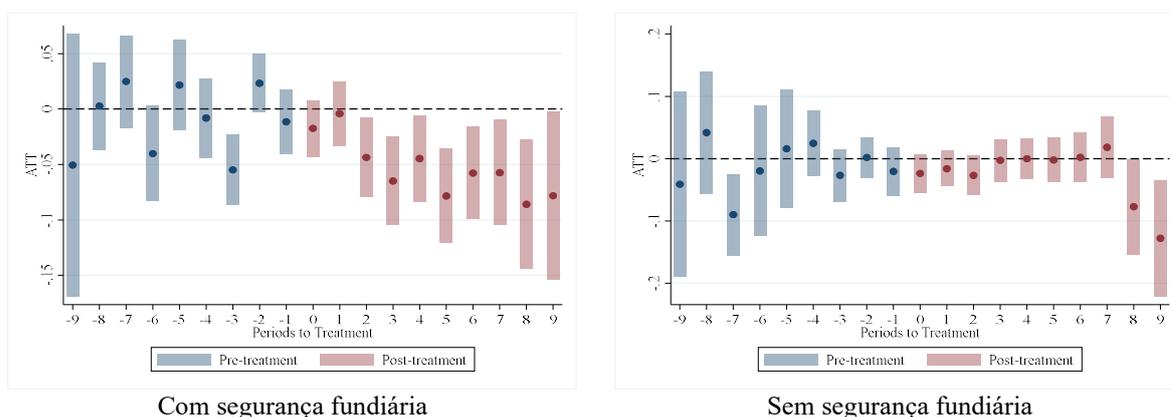
## Apêndice 10. Efeitos heterogêneos - gráficos

### A10.1 Efeitos do tratamento por situação da segurança fundiária

#### (1) Área anual desmatada



#### (2) Ocorrência de desmatamento



#### (3) Proporção de área desmatada

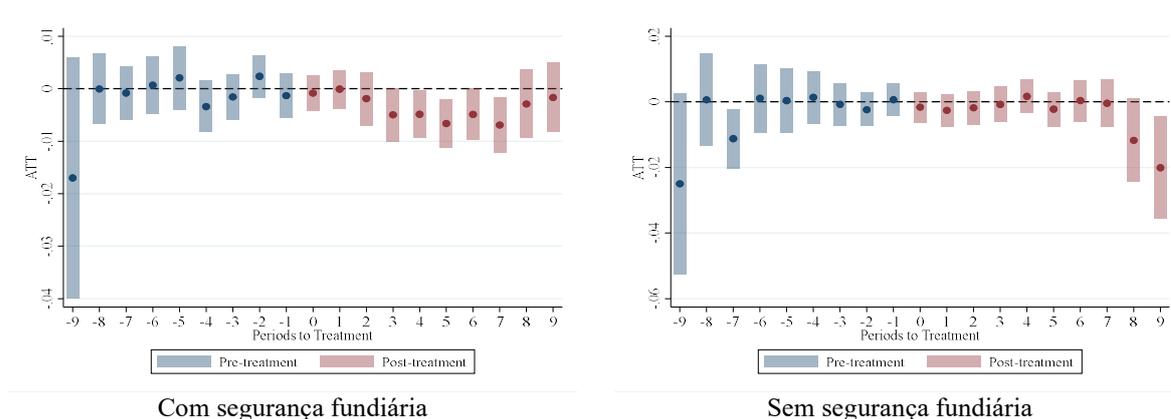
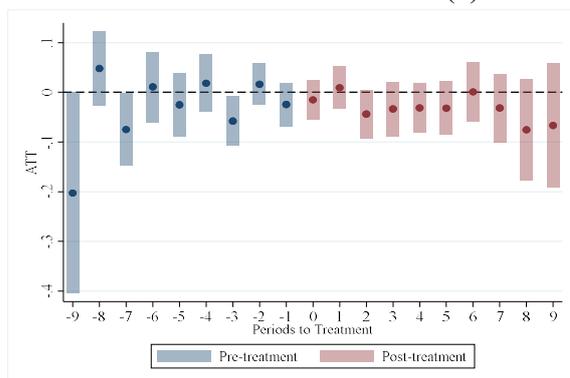


Figura A11. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação)

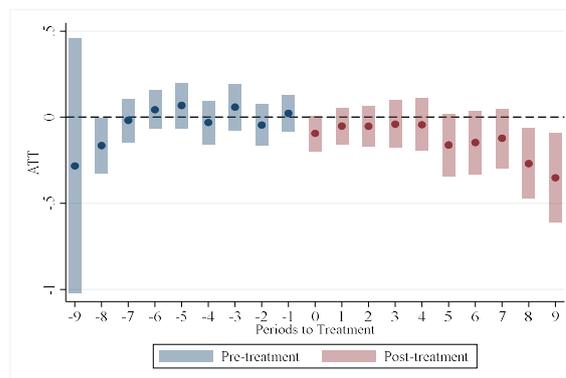
Notas: Esta figura apresenta o gráfico das estimativas do ATT para cada período em todos os grupos sobre: (1) Área anual desmatada; (2) Ocorrência de desmatamento; (3) Proporção de desmatamento, que são estimados seguindo Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária segmentados por municípios com e sem segurança fundiária. Apresentamos as estimativas pontuais, bem como o intervalo de confiança de 95%. Erros padrão agrupados em nível do período.

## A10.2 Efeitos do tratamento por tipo de assentamento da reforma agrária

### (1) Área anual desmatada

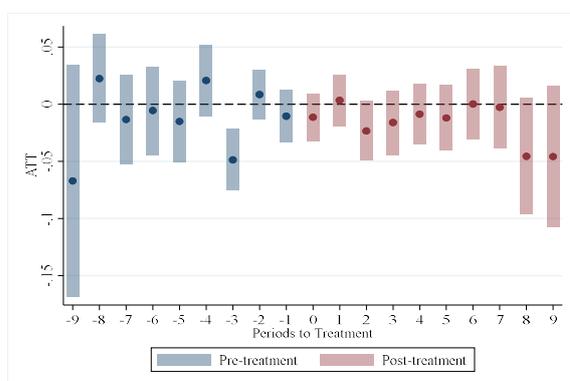


Assentamentos tradicionais

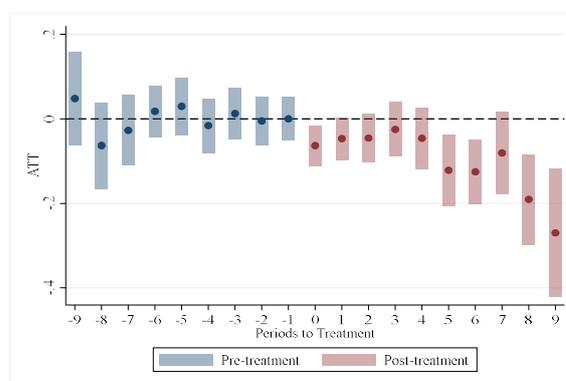


Assentamentos diferenciados

### (2) Ocorrência de desmatamento

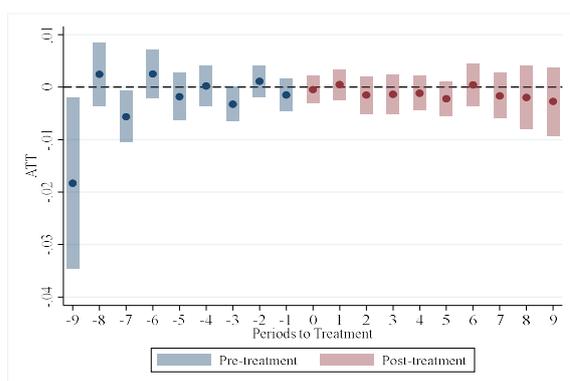


Assentamentos tradicionais

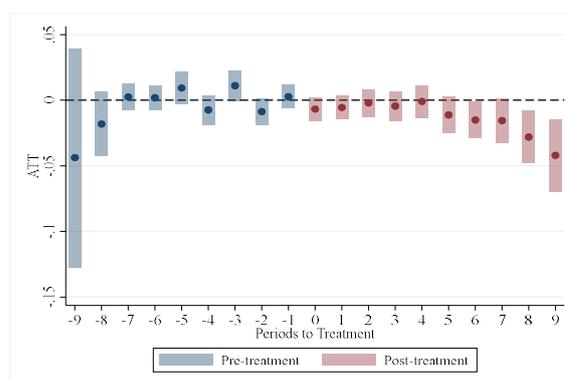


Assentamentos diferenciados

### (3) Proporção de área desmatada



Assentamentos tradicionais



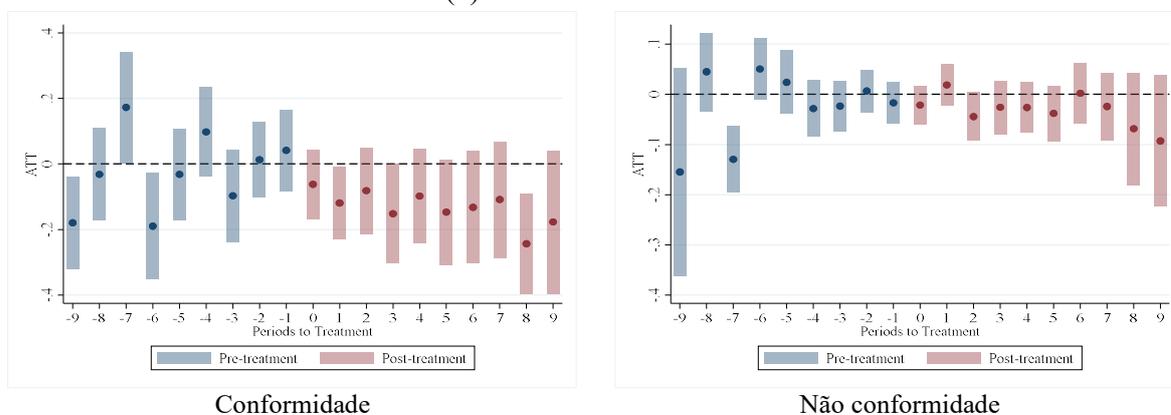
Assentamentos diferenciados

Figura A12. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação)

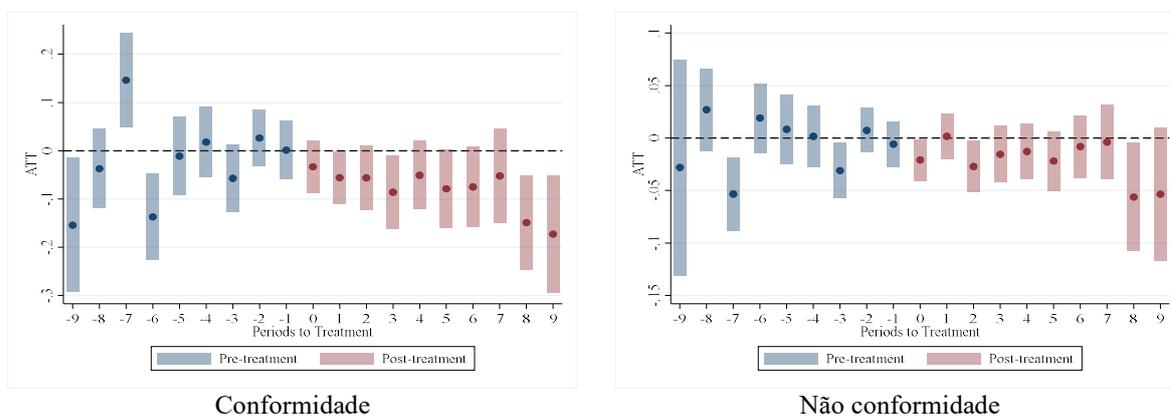
Notas: Esta figura apresenta o gráfico das estimativas do ATT para cada período em todos os grupos sobre: (1) Área anual desmatada; (2) Ocorrência de desmatamento; (3) Proporção de desmatamento, que são estimados seguindo Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária segmentados por tipo de projeto de assentamento. Apresentamos as estimativas pontuais, bem como o intervalo de confiança de 95%. Erros padrão agrupados em nível do período.

### A10.3 Efeitos do tratamento por situação de conformidade com o Código Florestal em 2008

#### (1) Área anual desmatada



#### (2) Ocorrência de desmatamento



#### (3) Proporção de área desmatada

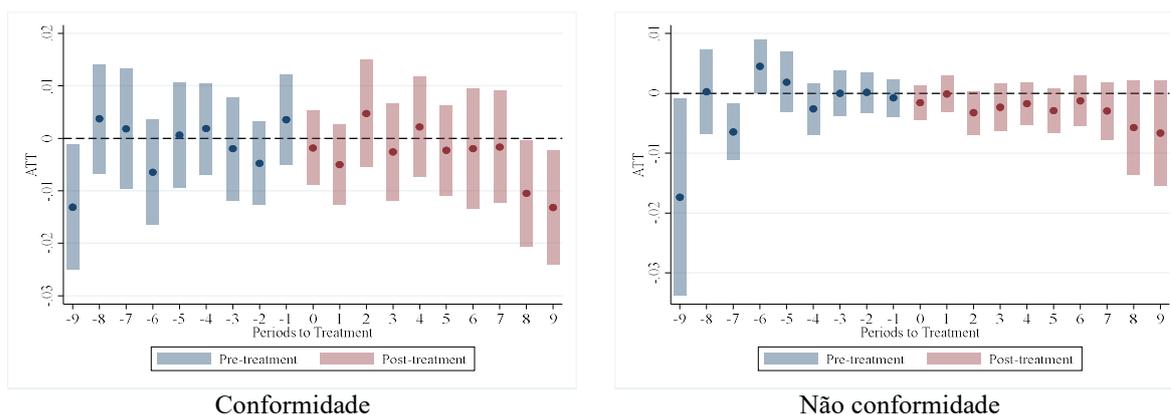


Figura A13. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação)

Notas: Esta figura apresenta o gráfico das estimativas do ATT para cada período em todos os grupos sobre: (1) Área anual desmatada; (2) Ocorrência de desmatamento; (3) Proporção de desmatamento, que são estimados seguindo Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária segmentados por situação de conformidade perante o Código Florestal em 2008. Apresentamos as estimativas pontuais, bem como o intervalo de confiança de 95%. Erros padrão agrupados em nível do período.

## Apêndice 11. Exercícios de robustez – tabelas e gráficos

### A11.1 Resultados principais com efeitos de antecipação

Tabela A5. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse

Variável dependente	Desmatamento		
	(1)	(2)	(3)
<b>Painel A: Especificação da linha de base</b>			
Após o título	-0.018 (0.017)	-0.014 (0.009)	-0.001 (0.001)
<b>Painel B: adiciona covariáveis do imóvel rural</b>			
Após o título	-0.013 (0.017)	-0.013 (0.009)	-0.001 (0.001)
<b>Painel C: Adiciona covariáveis do município</b>			
Após o título	-0.017 (0.018)	-0.016 (0.009)	-0.001 (0.001)
<b>Painel D: Adiciona covariável de insegurança fundiária do município</b>			
Após o título	-0.019 (0.018)	-0.018 (0.010)	-0.001 (0.001)
Observações	4756	4756	4756
Tratados	2090	2090	2090
Não tratados	2666	2666	2666

Notas: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . A tabela apresenta as estimativas do ATT para os desfechos: (1) Área anual desmatada na fazenda transformada pela função Seno Hiperbólico Inverso (IHS); (2) Ocorrência de desmatamento, variável binária que assume 1 caso tenha ocorrido desmatamento; (3) Proporção de área desmatada. As estimativas são para todos os grupos em todos os períodos de acordo com Callaway e Sant'Anna (2021). Subtraímos 1 ano da data de emissão dos títulos de propriedade dos imóveis rurais para verificar se houve algum efeito de antecipação. O grupo de comparação inclui os imóveis rurais também localizados em assentamentos da reforma agrária, mas que não foram titulados no período. O período após à titulação é a média ponderada de todos os efeitos médios do tratamento no tempo do grupo com pesos proporcionais ao tamanho do grupo. Nos painéis B, C e D aplicamos um modelo condicional as covariáveis utilizando o método de ponderação de probabilidade inversa seguindo Abadie (2005). No painel B usamos covariáveis em nível da fazenda, incluindo a proporção da área total desmatada até o ano de 2007, tamanho, tempo de viagem até a cidade mais próxima, altitude e aptidão agrícola. No painel C, adicionamos características do município e microrregião onde o imóvel rural está localizado, incluindo a proporção da área desmatada no município até o ano de 2007, taxa de variação do rebanho bovino, preço médio da terra, crescimento das estradas no período amostral e proporção da área do município com embargo ambiental. No Painel D, adicionamos a proporção de fazendas com sobreposição de direitos fundiários no município onde está localizada a fazenda para controlar o contexto de insegurança fundiária.

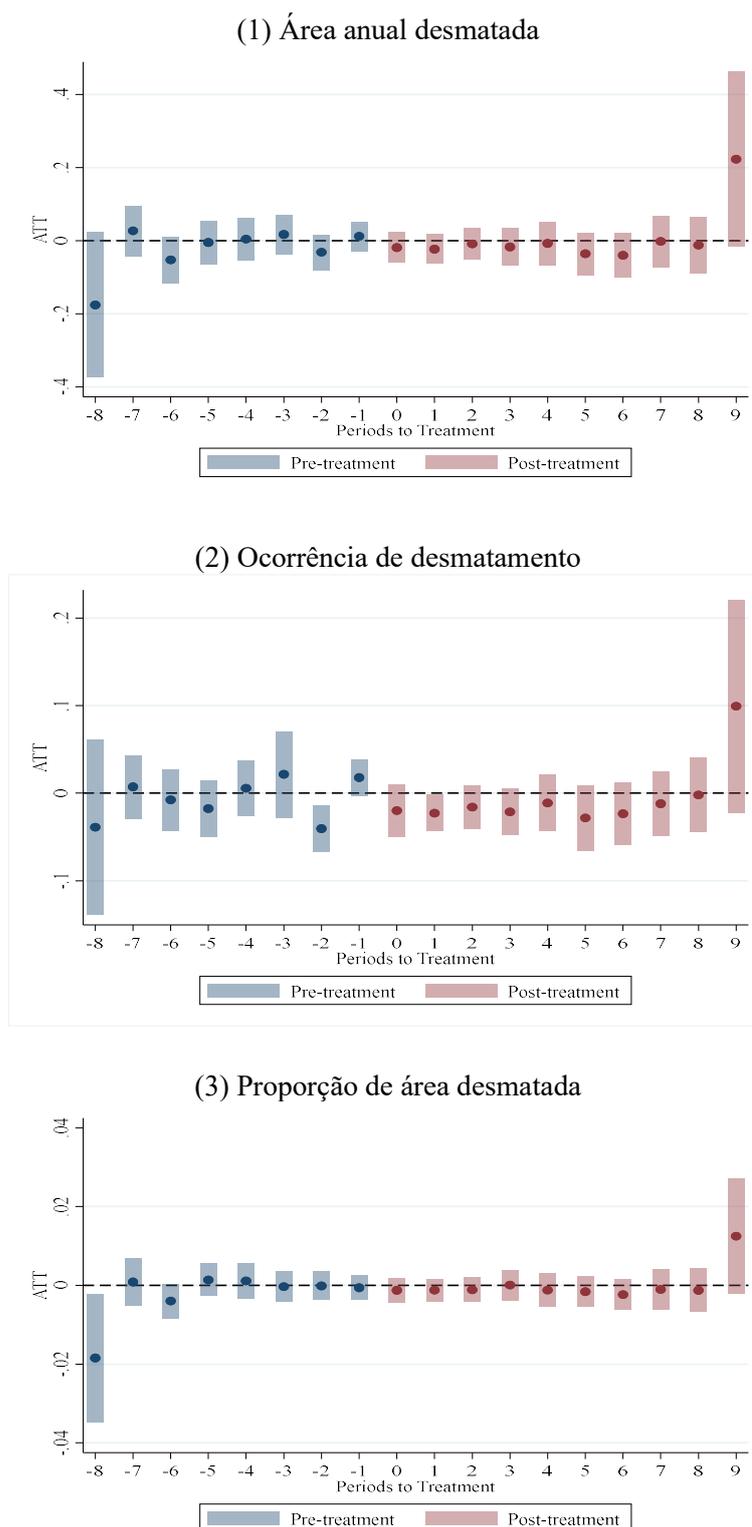


Figura A14. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação)

Notas: Esta figura apresenta o gráfico de estudo de evento para as estimativas dos ATTs dinâmicos sobre: (1) Área anual desmatada; (2) Ocorrência de desmatamento; (3) Proporção de desmatamento, que são estimados para cada período em relação ao período tratado pela primeira vez, em todos os grupos, seguindo Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária. Apresentamos as estimativas pontuais, bem como o intervalo de confiança de 95%. Erros padrão agrupados em nível do evento.

## A11.2 Resultados principais com grupo de comparação composto por unidades ainda não tratadas

Tabela A6. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse

Variável dependente	Desmatamento		
	(1)	(2)	(3)
<b>Painel A: Especificação da linha de base</b>			
Após o título	-0.043*	-0.026**	-0.002
	(0.018)	(0.009)	(0.001)
<b>Painel B: adiciona covariáveis do imóvel rural</b>			
Após o título	-0.043*	-0.027**	-0.002
	(0.018)	(0.009)	(0.001)
<b>Painel C: Adiciona covariáveis do município</b>			
Após o título	-0.036	-0.024*	-0.002
	(0.019)	(0.010)	(0.001)
<b>Painel D: Adiciona covariável de insegurança fundiária do município</b>			
Após o título	-0.030	-0.014	-0.002
	(0.019)	(0.012)	(0.001)
Observações	2090	2090	2090
Tratados	2090	2090	2090
Não tratados	0	0	0

Notas: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . A tabela apresenta as estimativas do ATT para os desfechos: (1) Área anual desmatada na fazenda transformada pela função Seno Hiperbólico Inverso (IHS); (2) Ocorrência de desmatamento, variável binária que assume 1 caso tenha ocorrido desmatamento; (3) Proporção de área desmatada. As estimativas são para todos os grupos em todos os períodos de acordo com Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária no estado do Acre entre 2008 e 2018. O grupo de comparação é composto pelas mesmas fazendas no período que ainda não haviam recebido o título de propriedade. O período após à titulação é a média ponderada de todos os efeitos médios do tratamento no tempo do grupo com pesos proporcionais ao tamanho do grupo. Nos painéis B, C e D aplicamos um modelo condicional as covariáveis utilizando o método de ponderação de probabilidade inversa seguindo Abadie (2005). No painel B usamos covariáveis em nível da fazenda, incluindo a proporção da área total desmatada até o ano de 2007, tamanho, tempo de viagem até a cidade mais próxima, altitude e aptidão agrícola. No painel C, adicionamos a proporção de área desmatada no município até o ano de 2007, características do município e microrregião onde o imóvel rural está localizado, incluindo a taxa de variação do rebanho bovino, preço médio da terra, crescimento das estradas no período amostral e proporção da área do município com embargo ambiental. No Painel D, adicionamos a proporção de fazendas com sobreposição de direitos fundiários no município onde está localizada a fazenda para controlar o contexto de insegurança fundiária.

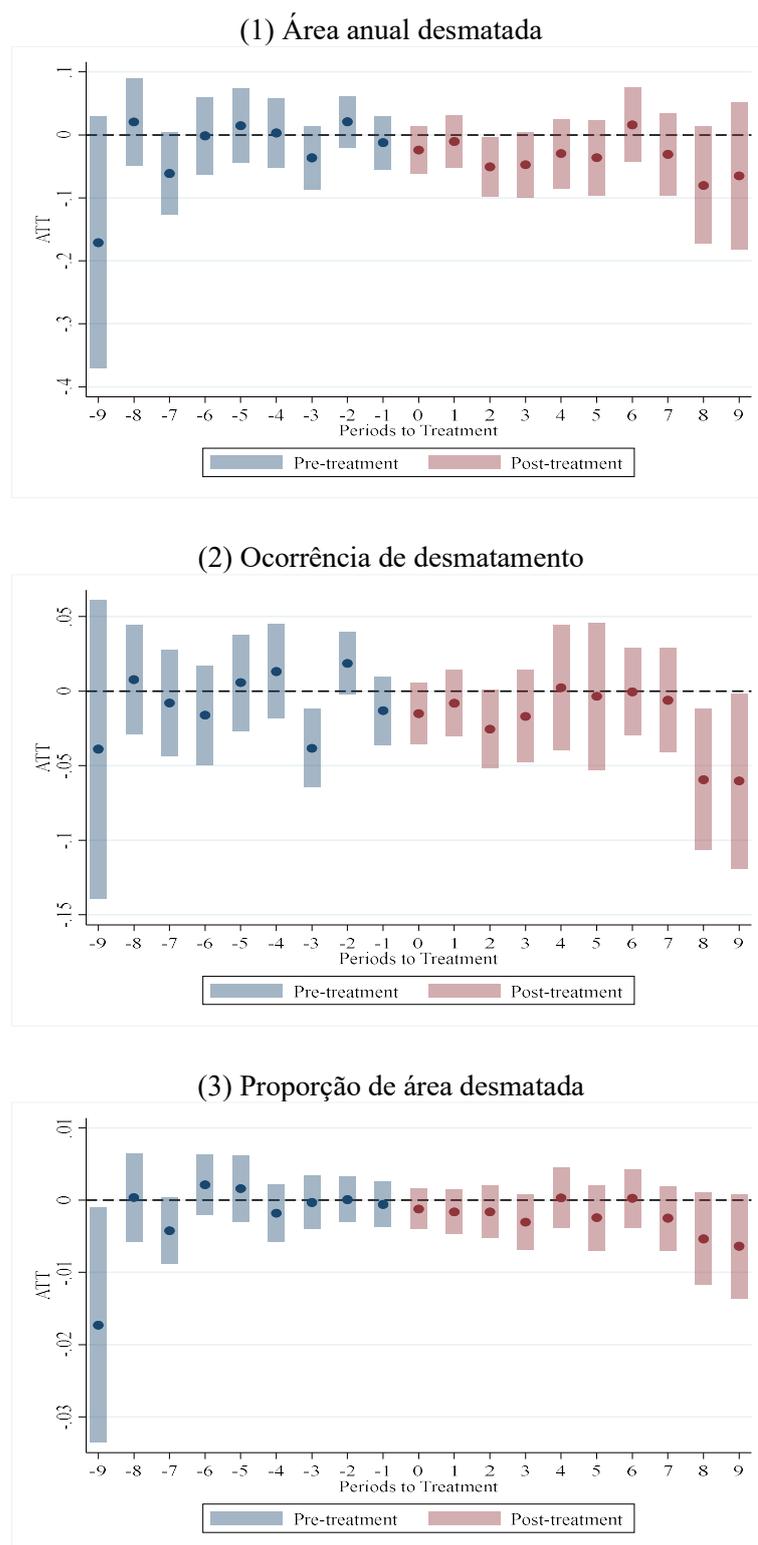


Figura A15. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação)

Notas: Esta figura apresenta o gráfico de estudo de evento para as estimativas dos ATTs dinâmicos sobre: (1) Área anual desmatada; (2) Ocorrência de desmatamento; (3) Proporção de desmatamento, que são estimados para cada período em relação ao período tratado pela primeira vez, em todos os grupos, seguindo Callaway e Sant'Anna (2021) para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária. Apresentamos as estimativas pontuais, bem como o intervalo de confiança de 95%. Erros padrão agrupados em nível do evento.

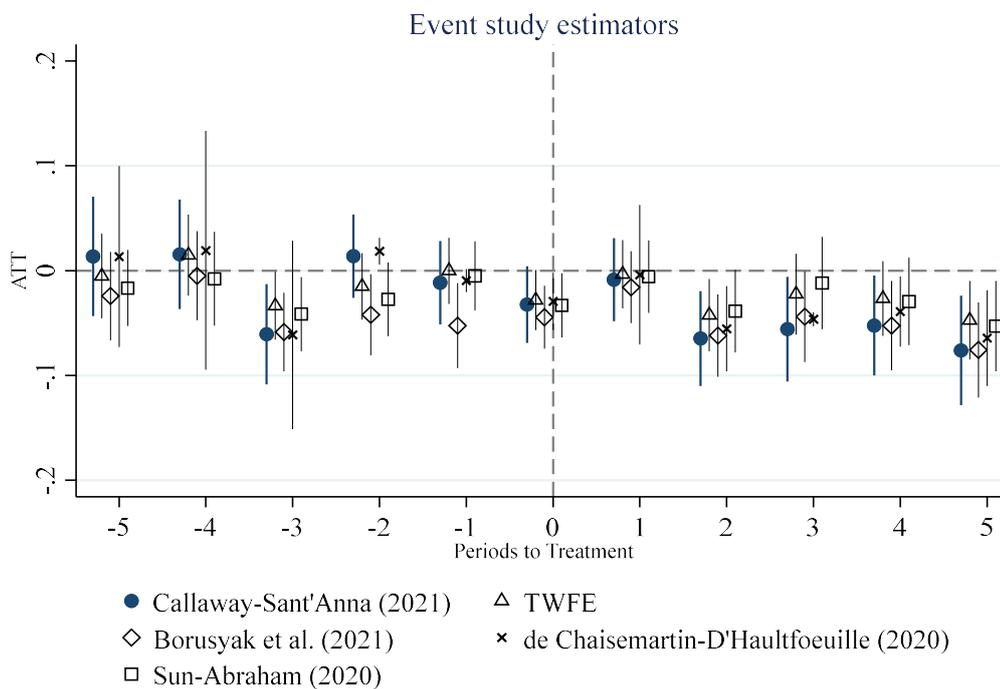
### A11.3 Resultados principais com outros estimadores de Diferenças em Diferenças

Tabela A7. Estimativas dos efeitos marginais médios na variável de interesse

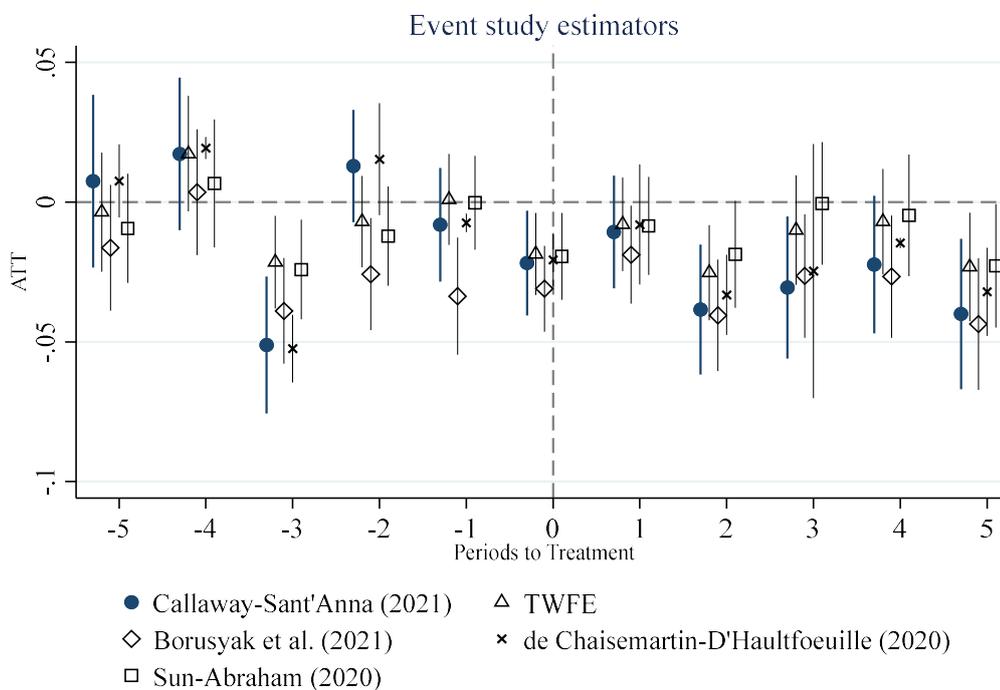
Variável dependente	Desmatamento		
	(1)	(2)	(3)
<b>Painel A:</b> (Callaway and Sant'Anna, 2021)			
Após o título	-0.051** (0.018)	-0.031** (0.009)	-0.003* (0.001)
<b>Painel B:</b> Efeitos fixos bidirecionais (TWFE)			
Após o título	-0.029** (0.011)	-0.020*** (0.005)	-0.002* (0.001)
<b>Painel C:</b> (Borusyak, Jaravel e Spiess 2021)			
Após o título	-0.052*** (0.016)	-0.035*** (0.008)	-0.003* (0.001)
<b>Painel D:</b> (de Chaisemartin e D'Haultfœuille 2020)			
Após o título	-0.029** (0.005)	-0.021*** (0.012)	-0.002* (0.001)
<b>Painel E:</b> Sun & Abraham (2021)			
Após o título	-0.051** (0.015)	-0.034*** (0.008)	-0.002* (0.001)
Observações	4756	4756	4756
Tratados	2090	2090	2090
Não tratados	2666	2666	2666

Notas: \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . A tabela apresenta as estimativas do ATT para os desfechos: (1) Área anual desmatada na fazenda transformada pela função Seno Hiperbólico Inverso (IHS); (2) Ocorrência de desmatamento, variável binária que assume 1 caso tenha ocorrido desmatamento; (3) Proporção de área desmatada. As estimativas são para todos os grupos em todos os períodos. Comparamos nossas estimativas obtidas com o estimador desenvolvido por Callaway e Sant'anna (2021), referente a especificação da linha da base, onde estimamos apenas os efeitos do título de propriedade, com as estimativas obtidas a partir de estimadores alternativos, incluindo: (1) TWFE; (2) Borusyak, Jaravel e Spiess (2021); (3) de Chaisemartin e D'Haultfœuille (2020); e, (4) Sun; Abraham (2021). O grupo de comparação inclui os imóveis rurais também localizados em assentamentos da reforma agrária, mas que não foram titulados no período.

## (1) Área anual desmatada



## (2) Ocorrência de desmatamento



## (3) Proporção de área desmatada

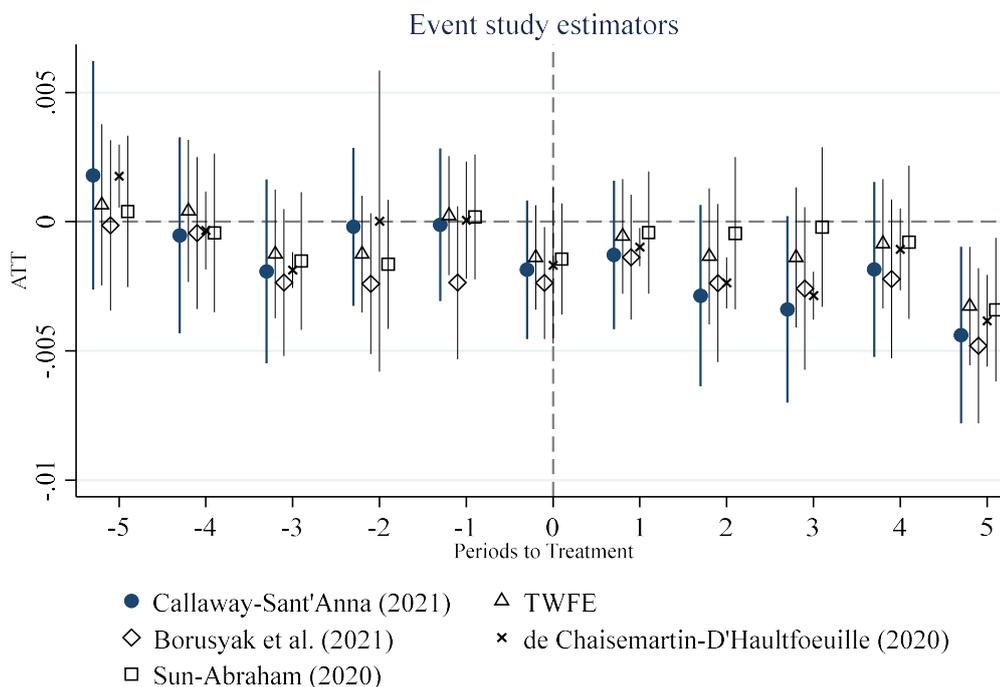


Figura A16. Estimativas do ATT dinâmico relativas ao período do primeiro tratamento em todos os grupos (ano da titulação)

Notas: Esta figura apresenta o gráfico de estudo de evento para as estimativas dos ATTs dinâmicos sobre: (1) Área anual desmatada; (2) Ocorrência de desmatamento; (3) Proporção de desmatamento, que são estimados para cada período em relação ao período tratado pela primeira vez, em todos os grupos, para o tratamento de titulação de imóveis rurais em assentamentos da reforma agrária. Apresentamos as estimativas pontuais, bem como o intervalo de confiança de 95%. Erros padrão agrupados em nível do evento.