



The background of the cover features a wide-angle aerial photograph of a rural landscape under a blue sky with scattered white clouds. The landscape consists of numerous green and yellow agricultural fields, some with small clusters of buildings or trees. A large, semi-transparent circular graphic is centered over the image, divided into three distinct segments: a bright yellow segment on the left, a dark green segment in the middle, and an orange segment on the right.

CADASTRO AMBIENTAL RURAL
RELATÓRIO FINAL DE
AVALIAÇÃO EX POST
VOLUME 2

Resultados e Impacto

Ministério da Agricultura e Pecuária

Ministério da Agricultura e Pecuária
Secretaria-Executiva

CADASTRO AMBIENTAL RURAL

RELATÓRIO FINAL DE

AVALIAÇÃO EX POST

VOLUME 2

Resultados e Impacto

Missão do Mapa:
Promover o desenvolvimento sustentável
das cadeias produtivas agropecuárias,
em benefício da sociedade brasileira

Brasília
MAPA
2023

© 2023 Ministério da Agricultura e Pecuária.

Todos os direitos reservados. Permitida a reprodução parcial ou total desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial. A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é do autor.

1ª edição. Ano 2023

Elaboração, distribuição, informações:

Ministério da Agricultura e Pecuária

Secretaria Executiva

Subsecretaria de Orçamento, Planejamento e Administração – SPOA

Coordenação Geral de Planejamento e Modernização Institucional - CGPLAN

Coordenação de Planejamento Setorial e Avaliação de Políticas Públicas- CPS

Endereço: Esplanada dos Ministérios, Bloco D – 6º andar, Sala 623

CEP: 70043-900 Brasília - DF

Tel.: (61) 3218-2075

e-mail: cps.cgplan@agro.gov.br

Equipe técnica:

MAPA: Luis Fernando Magnani de Oliveira; Ariana Souza Lôbo; Ana Lúcia de Oliveira Barbosa; Soraia Alves Moreira e Wesley Pires Barbosa.

SFB: Marcos Vinicius da Silva Alves.

ENAP: Tatiane Vieira de Jesus – Escola Nacional de Administração Pública

UFC: Edward Martins Costa (Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará).

Outros colaboradores: Ricardo Dislich; Marcos de Andrade Raphanelli e Otávio Moreira do Carmo Júnior.

Coordenação: Coordenação-Geral de Planejamento e Inovação Institucional

Coordenação Editorial: Assessoria Especial de Comunicação Social – AECS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI

Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária.

Cadastro Ambiental Rural - Relatório final de avaliação *ex post* volume 2 : Resultados e Impacto / Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria Executiva. Subsecretaria de Orçamento, Planejamento e Administração. Coordenação Geral de Planejamento e Modernização Institucional. v.2 – Brasília, DF : MAPA/SE/SPOA/CGPLAN, 2023.

54 p. il. color.

ISBN 978-85-7991-220-7 (volume único)

ISBN 978-85-7991-201-6 (v.1)

ISBN 978-85-7991-219-1 (v.2)

1. Cadastro Ambiental Rural (CAR). 2. Avaliação de Impacto. 3. Propriedade Rural. 4. Meio Ambiente. 5. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR).

I. Secretaria Executiva.

AGRIS E11

Sumário

Lista de siglas e abreviaturas	6
Lista de tabelas	6
Lista de figuras	7
I. INTRODUÇÃO	9
II. AVALIAÇÃO DE RESULTADOS	10
Resultado: Controle Social utilizando dados do SICAR	10
Resultado: Regularidade ambiental dos imóveis rurais	11
Impacto: Redução da perda da vegetação nativa nos imóveis rurais	12
Impacto: Recuperação ambiental dos biomas	14
Outros resultados não antecipados	15
Crédito mais sustentável para produtores rurais	15
Aumento da grilagem	15
Deslocamento do desmatamento dos imóveis rurais para áreas públicas	16
III. AVALIAÇÃO DE IMPACTO	17
1. Base de Dados	17
2. Método Diferença em Diferenças	19
3. Resultados a partir do método diferenças em diferenças	20
Bioma Amazônia	20
Imóveis pequenos	22
Imóveis médios	23
Imóveis grandes	24
Bioma Cerrado	26
Imóveis pequenos	27
Imóveis médios	28
Imóveis grandes	29
4. Método Escore de Propensão Generalizado	29
5. Resultados a partir do método Escore de Propensão Generalizado	30
6. Conclusões sobre as avaliações de resultado e impacto	31
IV. RECOMENDAÇÕES	33
V. REFERÊNCIAS	34
VI. APÊNDICE	35

Lista de siglas e abreviaturas

CAFIR - Cadastro de Imóveis Rurais

CAR - Cadastro Ambiental Rural

CNIR - Cadastro Nacional de Imóveis Rurais

DID - Diferença em Diferenças

ENAP - Escola Nacional de Administração Pública

GPS - *Generalized Propensity Score* ou Escore de Propensão Generalizado

IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PRA - Programas de Regularização Ambiental

SFB - Serviço Florestal Brasileiro

SICAR - Sistema de Cadastro Ambiental Rural

SIGEF - Sistema de Gestão Fundiária

Lista de tabelas

Tabela 1 – Descrição das Covariadas

Tabela 2 – Estimativas para os impactos do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais por agregações temporais - Amazônia Legal

Tabela 3 – Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais considerados de tamanho pequeno, localizados no Bioma Amazônia

Tabela 4 – Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais de tamanho médio, localizados no Bioma Amazônia

Tabela 5 – Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais acima de 15 módulos fiscais (grandes), localizados no Bioma Amazônia

Tabela 6 – Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais localizados no Bioma Cerrado

Tabela 7 – SEstimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais pequenos localizados no Bioma Cerrado

Tabela 8 – Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais médios localizados no Bioma Cerrado

Tabela 9 – Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais grandes localizados no Bioma Cerrado

Listas de figuras

Figura 1 – Evolução histórica (2007-2020) do Índice de Conformidade ao Código Florestal (ICCF) nos Biomas Amazônia e Cerrado

Figura 2 – Evolução histórica (2007-2020) da variação de Índice de Conformidade ao Código Florestal (ICCFt) entre anos subsequentes (ICCFt), nos Biomas Amazônia e Cerrado

Figura 3 – Evolução histórica do desmatamento em imóveis rurais - Brasil

Figura 4 – Evolução histórica do desmatamento em imóveis rurais por Bioma

Figura 5 – Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Amazônia

Figura 6 – Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais pequenos que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Amazônia

Figura 7 – Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais médios que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Amazônia

Figura 8 – Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais grandes que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Amazônia

Figura 9 – Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Cerrado

Figura 10 – Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais pequenos que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Cerrado

Figura 11 – Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais médios que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Cerrado

Figura 12 – Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais grandes que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Cerrado

Figura 13 – Estimativa dose-resposta da proporção de área do município cadastrada no CAR (tratamento) sobre o nível de desmatamento nos anos de 2016 (esq.) e 2017 (dir.).

Figura 14 – Estimativa dose-resposta da proporção de área do município cadastrada no CAR (tratamento) sobre o nível de desmatamento nos anos de 2018 (esq.) e 2019 (dir.).



I. INTRODUÇÃO

Este é o segundo Volume do Relatório de Avaliação *ex post* do Cadastro Ambiental Rural (CAR), instrumento que viabiliza o Código Florestal ([Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012](#)), sob a gestão do Serviço Florestal Brasileiro (SFB), que tem como finalidade integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico, e combate ao desmatamento.

Este trabalho avaliativo decorreu da parceria entre o antigo Departamento de Governança e Gestão (DGG), atual Subsecretaria de Planejamento e Orçamento (SPOA), da Secretaria Executiva do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), mais especificamente de sua Coordenação-Geral de Planejamento e Inovação Institucional (CGPLAN), com a Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), por meio da Assessoria de Análise e Avaliação de Políticas Públicas (AAPP). Para execução do trabalho, foi constituído grupo de avaliação composto pela CGPLAN, Serviço Florestal Brasileiro (SFB), com papel preponderante, e dois especialistas contratados pela ENAP, com papel de mediação e fornecimento de conhecimentos especializados e metodológicos.

O Volume I¹ já publicado apresenta a primeira parte da avaliação executiva, que abordou a descrição geral da política, o diagnóstico do problema, a avaliação do desenho, da implementação, da governança e das despesas orçamentárias. Neste Volume II, são apresentadas as avaliações de resultados e de impacto da política.

Duas ferramentas apresentadas no Volume I auxiliaram no entendimento da política pública e, consequentemente, serviram de base para a realização da avaliação: (1) a árvore de problemas (páginas 13 e 14), que tem como objetivo identificar o problema central sobre o qual a política atua, assim como suas principais causas e consequências; e (2) o modelo lógico (página 23), que se articula em como os insumos e ações destinados àquela política podem se converter em produtos, resultados e, em última instância, impactos sobre a sociedade.

A avaliação de resultados dedica-se a observar os indicadores de resultados (*outcomes*) e de impactos (*impacts*) esperados com a política (BRASIL, 2018), observando sua evolução no cumprimento das metas, e, em última análise, de que forma contribui para a melhoria contínua na entrega dos produtos e resultados.

A avaliação de impacto tem como objetivo determinar até que ponto um programa ou política pública, e apenas ela, causou mudança em uma variável (indicador) de resultado ou de impacto.

Neste relatório, a primeira avaliação trata dos resultados estabelecidos no modelo lógico citado anteriormente, atinentes ao “Controle Social utilizando os dados do SICAR” e “Regularidade Ambiental dos imóveis rurais”. Já a segunda parte, trata da análise do impacto do CAR na “Redução da perda da vegetação nativa nos imóveis rurais”.

Por fim são realizadas algumas recomendações a partir dos estudos realizados, a fim de aprimorar a política.

1 O Relatório final da Avaliação Ex post Volume I está disponível no endereço: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/publicacoes/RelatorioCARvol1.pdf>

II. AVALIAÇÃO DE RESULTADOS

A avaliação de resultados analisa os indicadores de resultados e de impactos esperados da política, pode ser realizada através de metodologias quantitativas e qualitativas e busca verificar a evolução dos indicadores disponíveis, ou até mesmo estabelecer possíveis indicadores e métodos de coleta.

A presente avaliação partiu dos elementos estabelecidos no modelo lógico do CAR², e nele é possível observar resultados e impactos. A seguir é realizada a análise dos resultados, de um dos impactos levantados e a indicação de resultados não antecipados, ou seja, elementos que não haviam sido estabelecidos no modelo lógico, mas que são relevantes para a discussão da política.

Resultado: Controle Social utilizando dados do SICAR

Para este resultado, não foi possível identificar ou sugerir um indicador quantitativo que viesse a ser calculado pelo SFB. Dessa forma, o grupo de avaliação o classificou como um indicador qualitativo. Todavia, é importante mencionar a relevância da disponibilização de dados públicos para a sociedade, seja para o cidadão comum como para grupos associativos, organizações não governamentais, institutos de pesquisa, entre outros.

Algumas propostas de indicadores foram analisadas, como número de visitas à página, ou número de downloads nas bases do SICAR. Porém, até a própria equipe de avaliação encontrou obstáculos quando tentou realizar o download dos arquivos do SICAR, como subsídio para outras etapas da avaliação de desenho (formulação de indicadores). Pelo que foi percebido, devido à limitação na capacidade de processamento e de envio e recebimento de dados dos servidores, o SFB optou por inserir "captchas"³ para cada download da base dos municípios, o que acaba se tornando empecilho para aqueles que desejam realizar análises por unidades federativas, macrorregiões ou biomas, haja vista a existência de 5.568 municípios no Brasil.

Ainda assim, muitos centros de pesquisa e associações realizam estudos ambientais a partir da base do SICAR. Alguns desses estudos foram, inclusive, utilizados por este grupo de avaliação como fonte de dados a exemplo do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia - IPAM (2022) e ABRAMPA (2022). Novamente, destaca-se a importância de se garantir o acesso transparente e sem obstáculos ao SICAR, tanto para que sejam utilizados em estudos para ampliação e disseminação de conhecimento na sociedade, para desenvolvimento dos debates sobre diversas políticas públicas e para o fortalecimento dos princípios democráticos do Estado, quanto para qualquer cidadão interessado.

² O modelo lógico se apresenta como a principal ferramenta para a construção do desenho dos programas. Pode ser encontrado na página 23 do Relatório Final de Avaliação Ex Post - Volume 1, disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/publicacoes/RelatorioCARvol1.pdf>

³ O CAPTCHA (*Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*) é um tipo de medida de segurança conhecido como autenticação por desafio e resposta permitindo que determinados acessos sejam feitos apenas por seres humanos, e não computadores ou robôs.

Resultado: Regularidade ambiental dos imóveis rurais

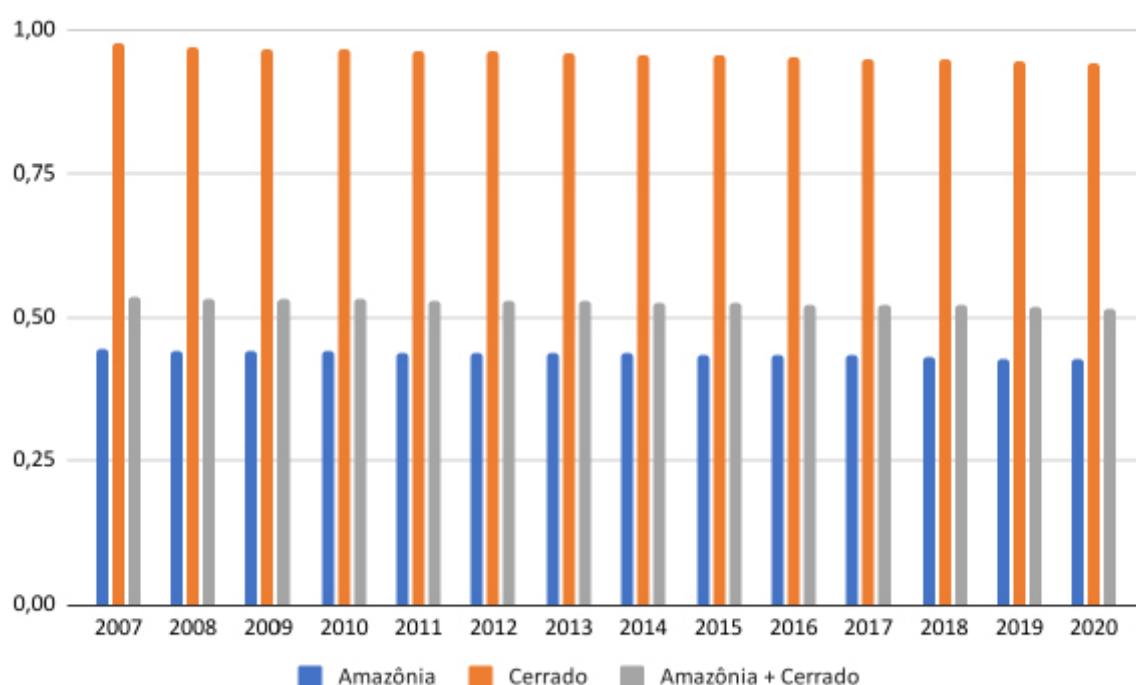
A regularidade ambiental dos imóveis rurais foi mensurada por meio do indicador “Índice de Conformidade ao Código Florestal (ICCF)⁴. Esse indicador pode variar entre 0 (indicando total inconformidade com o art. 12 do Código Florestal, ou seja, nenhuma vegetação nativa dentro de reserva legal registrada no SICAR) e 1 (percentual de vegetação nativa dentro da reserva legal registrada no SICAR conforme legislação). Caso a proporção de vegetação nativa seja ainda maior do que a área de reserva legal, o valor do indicador será maior que 1, indicando a existência de “ativo” ambiental.

O indicador foi apurado, para esta avaliação, para os biomas Amazônia e Cerrado, para os anos de 2007 a 2020 (Figura 1).

Para o Cerrado, o ICCF em 2007 era de 0,976, indicando quase total conformidade, no agregado dos imóveis desse bioma. Ao longo dos anos, percebe-se discreta diminuição do índice, à medida que novos desmatamentos foram sendo realizados, chegando a 0,944 em 2020 (Figura 1).

No Bioma Amazônia, a regularidade ambiental dos imóveis, conforme mensurado pelo ICCF, é bem menor: em 2007 era de 0,444, chegando a 0,426 em 2020.

Figura 1 - Evolução histórica (2007-2020) do Índice de Conformidade ao Código Florestal (ICCF) nos biomas Amazônia e Cerrado.

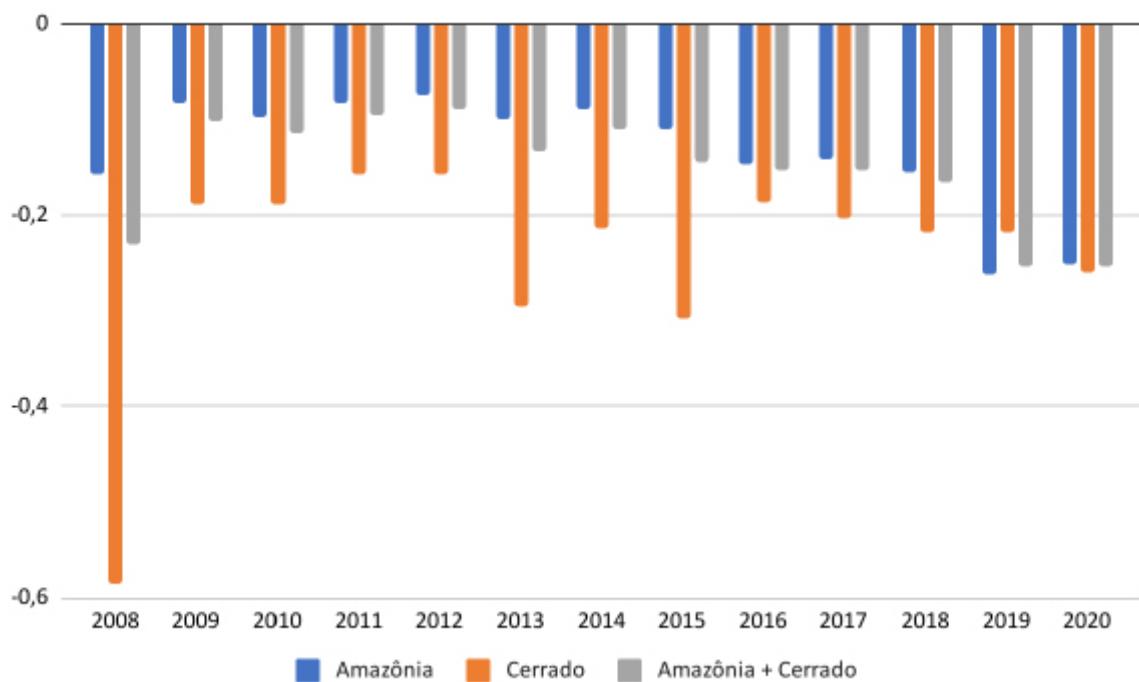


Fonte: Souza *et al.* (2022b)

A fim de investigar melhor o comportamento da variação do indicador ao longo do tempo, foi calculada também a variação do ICCF entre anos subsequentes ($\Delta\text{ICCF}_t = (\text{ICCF}_t - \text{ICCF}_{t-1}) / 100$), ao longo do tempo (Figura 2). Verifica-se, em anos recentes, aceleração da irregularidade ambiental tanto na Amazônia quanto no Cerrado, em tendência contrária aos resultados almejados pelo CAR.

4 A tabela completa com os indicadores propostos encontra-se na página 25 do Relatório Final de Avaliação Ex Post - Volume 1, disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/publicacoes/RelatorioCARvol1.pdf>

Figura 2 - Evolução histórica (2007-2020) da variação de Índice de Conformidade ao Código Florestal (ICCF) entre anos subsequentes (ICCFt), nos biomas Amazônia e Cerrado



Fonte: Souza *et al.* (2022b)

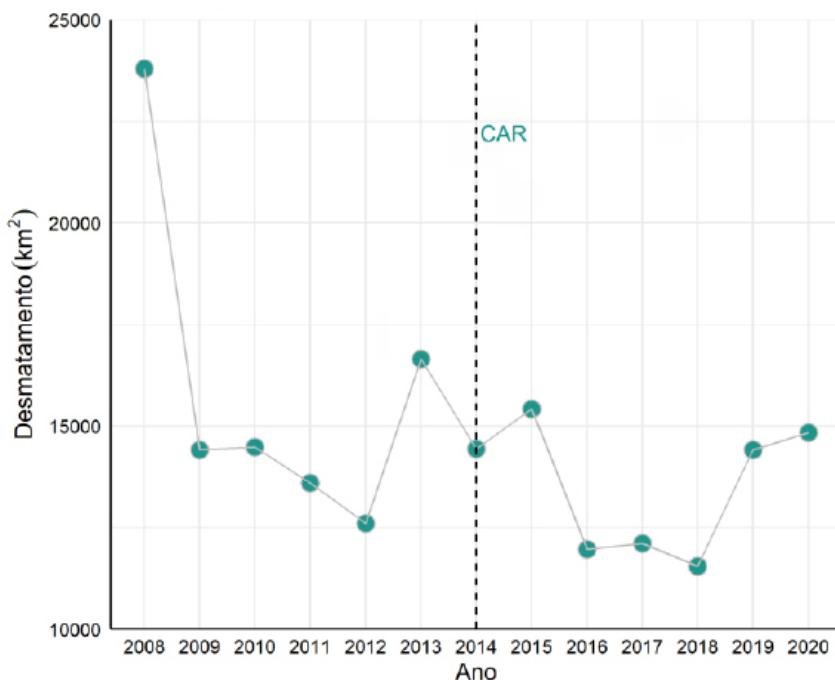
Impacto: Redução da perda da vegetação nativa nos imóveis rurais

A redução da perda da vegetação nativa nos imóveis rurais foi mensurada a partir do indicador “Perda de vegetação nativa nos imóveis rurais”⁵. O indicador foi construído a partir das áreas desmatadas dentro dos imóveis rurais cadastrados no CAR.

Na figura 03 observa-se a evolução do desmatamento, em km², ao longo de 2008 a 2020 considerando a soma para todo o Brasil. Nota-se que há tendência de queda no desmatamento na maioria dos anos em análise, no ano de 2013 houve alteração na trajetória, porém em 2016 retomou-se níveis baixos de desmatamento, voltando a subir apenas nos anos 2019 e 2020.

5 A tabela completa com os indicadores propostos encontra-se na página 25 do Relatório Final de Avaliação Ex Post - Volume 1, disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/publicacoes/RelatorioCARvol1.pdf>

Figura 3 - Evolução histórica do desmatamento em imóveis rurais - Brasil

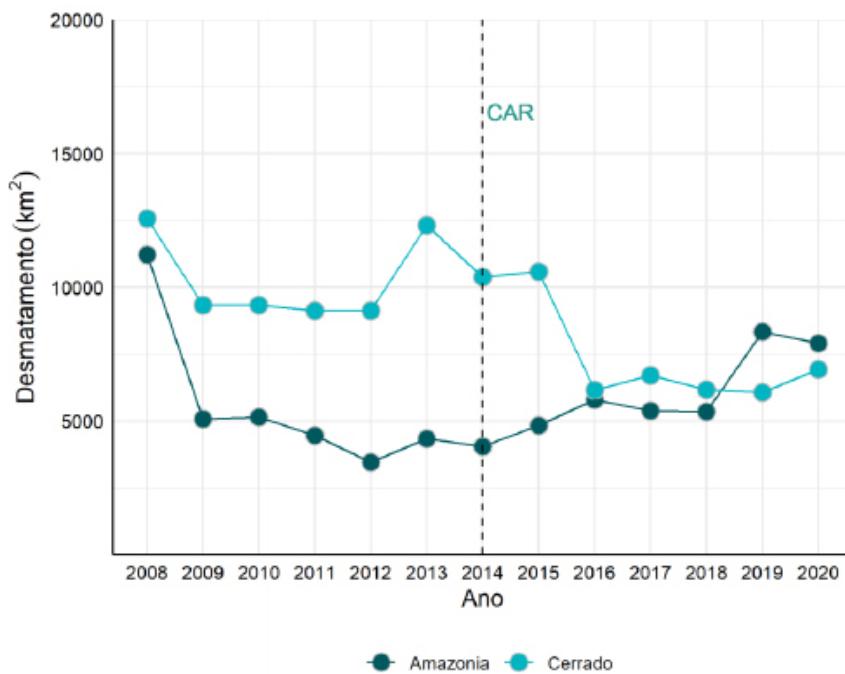


Fonte: Souza *et al.* (2022b)

Uma análise um pouco mais detalhada se encontra na Figura 04, na qual se observa o desmatamento no interior dos imóveis decomposto nos Biomas Cerrado e Amazônia.

Na figura 04 é possível observar a evolução do desmatamento, em km², ao longo de 2008 a 2020 por Bioma, Cerrado e Amazônia. É possível observar que até o ano de 2018 o desmatamento preponderante ocorreu no Bioma Cerrado, porém em 2019 observa-se que a curva da perda de vegetação nativa no Bioma Amazônia supera a do Cerrado, alcançando o maior valor após o atingido em 2008, início dessa série histórica. Todavia, em 2020 houve aumento do desmatamento no Cerrado, o que pode indicar um enfraquecimento do sistema de fiscalização e preservação ambiental.

Figura 04 - Evolução histórica do desmatamento em imóveis rurais por Bioma



Fonte: Souza *et al.* (2022b)

É válido destacar as limitações em relação à delimitação das terras registradas no CAR, sobretudo por se tratar de um cadastro autodeclaratório. É possível que os números apresentados também contabilizem terras devolutas e/ou em disputa legal, o que implicaria na contabilização de desmatamento em terras que não são de propriedade privada.

Impacto: Recuperação ambiental dos biomas

Espera-se que, a partir da implementação dos Programas de Regularização Ambiental (PRA) nos imóveis rurais, nos quais foram identificadas inconformidades perante o Código Florestal, passe a ocorrer recuperação da vegetação nativa nesses imóveis.

No entanto, até o momento, não há praticamente nenhum PRA em execução. Mesmo depois de iniciada a execução, serão necessários anos, senão décadas, para a completa recuperação da vegetação. Além disso, também existem outros mecanismos de regularização ambiental previstos pelo Código Florestal, que não envolvem a recuperação da vegetação propriamente dita.

Dessa forma, é bastante improvável, no atual estágio de implementação da política, que um indicador capaz de mensurar a recuperação da vegetação, ao ser apurado, indique algum avanço nesse sentido, neste momento. Por isso, ainda não se envidou esforços, ao longo desta avaliação, para construir indicador que meça esse impacto. No futuro, com grande parte das análises dos cadastros construídas, é importante que tal indicador seja elaborado e apurado periodicamente.

Outros resultados não antecipados

Ao refletir sobre outros efeitos da implementação do CAR sobre público-alvo (proprietários/possuidores de imóveis rurais) e beneficiários (sociedade em geral) da política, para além daqueles resultados/impactos previstos no modelo lógico, foram identificados os seguintes possíveis resultados não antecipados:

Crédito mais sustentável para produtores rurais

A hipótese é que, como efeito do CAR, os proprietários/possuidores de imóveis rurais tenham acesso a crédito (financiamento) mais (ambientalmente) sustentável. Não foi possível identificar, no entanto, indicadores capazes de mensurar esse efeito, haja vista que as instituições de crédito não realizam consulta aprofundada sobre a situação do imóvel; elas apenas exigem o número de inscrição da propriedade no Cadastro Rural, o que por si só não indica que o imóvel já tenha sido analisado e, consequentemente, que esteja cumprindo os dispositivos legais quanto à legislação ambiental.

Aumento da grilagem

O CAR, em sua origem, não é concebido como instrumento para regularização fundiária, e sim para o controle e gestão ambiental. Todavia, observa-se em alguns casos seu uso equivocado como instrumento de indução para a tentativa de grilagem de terras⁶. Apesar de que o [Código Florestal](#) (art. 29, §2º) deixe explícito que “o cadastramento não será considerado título para fins de reconhecimento do direito de propriedade ou posse”, fazendeiros e grileiros têm se aproveitado das brechas do sistema (ABRAMPA, 2016) para aquele fim. Isto ocorreu devido à flexibilização na definição dos documentos aptos a fazer prova de posse diante dos órgãos jurídicos, sobretudo no estado do Pará:

O Decreto Estadual n.º 739 de 29 de maio de 2013, que estabeleceu um Processo Especial de Regularização Fundiária vinculada diretamente ao CAR, prevendo sua utilização como “instrumento de apoio ao processo de regularização fundiária” e procedimentos de emissão de “Certificado de Ocupação de Terra Pública (COTP)”, inclusive permitindo acesso a linhas de crédito (art. 7º). [...] Não sendo isto suficiente, o Decreto Estadual 1.379/2015 criou o Programa de Regularização Ambiental dos Imóveis Rurais do Estado do Pará – PRA/PA e, de forma graciosa, admitiu como documento válido não apenas para o CAR, mas também para o PRA, a utilização de um COTP. [...] Trata-se de verdadeira privatização de patrimônio público sem observância dos pressupostos legais aplicáveis à espécie. (ABRAMPA, 2016).

Em acréscimo a isso, segundo o Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM, 2021), até o fim de 2020, mais de 14 milhões de hectares de florestas públicas, ou 29% da área total, estavam registrados ilegalmente como propriedade particular no SICAR. Acredita-se que, devido a autodeclarabilidade do CAR, grileiros insiram no sistema supostos imóveis rurais nas florestas públicas não destinadas, para simular um direito sobre a terra que eles não têm. Um dos indícios da grilagem é o aumento do Cadastro Ambiental Rural (CAR) sobre essas florestas: a área pública declarada como imóvel rural particular aumentou 232% desde 2016, chegando a 18,6 milhões de hectares em 2020.

⁶ “Grilagem” é a prática criminosa que envolve invadir, ocupar, lotear e obter ilicitamente a propriedade de terras públicas sem autorização do órgão competente e em desacordo com a legislação, entre suas principais consequências destaca-se, para esta avaliação, o aumento do desmatamento e das queimadas, ações que vão de encontro ao problema central que o CAR pretende mitigar, a “Perda de vegetação nativa nos imóveis”.

Uma das possíveis causas é a grande quantidade de cadastros que carecem de análise; os dados de 2021 mostram que apenas 1,62% da área dos imóveis inscritos no CAR têm a análise de regularização ambiental concluída. Além disso, existem grandes lacunas e deficiências no sistema de administração de terras, grande volume de terras públicas não destinadas, precariedade dos registros de imóveis e atrasos na sua digitalização, e a falta de transparência nos cadastros.

Destaca-se também, dentre possíveis causas, que existem vários cadastros rurais, sejam esses de caráter fundiário (Sistema de Gestão Fundiária - SIGEF e Cadastro Nacional de Imóveis Rurais - CNIR), ambiental (CAR), ou tributário (Cadastro de Imóveis Rurais - CAFIR), que, além de não terem suas bases integradas e interoperáveis, atendem à políticas públicas de temáticas distintas, o que contribui para a existência de resultados inesperados de uma política interferindo na outra. Acredita-se que elas, tanto as bases cadastrais e sobretudo as próprias políticas, deveriam ser pensadas e elaboradas de forma integrada, a fim de potencializar a utilização dos recursos públicos, bem como evitar possíveis sobreposições. Sobre a necessidade de integração dos sistemas, acrescenta-se a observação de CAZULA (2021), originária de estudo específico sobre a utilização do CAR nas estratégias de grilagem de terras na Amazônia:

"Devido a inexistência de uma atuação integrada dos diferentes órgãos, principalmente nas esferas estaduais e federal de dados fundiários, agrários e ambientais, a grilagem de terras acaba por se tornar uma realidade comum na região amazônica e no estado do Pará."
(CAZULA, 2021)

Outro ponto indagado pelo autor acima, é "como um sindicato de produtores, uma cooperativa ou prefeituras poderiam atestar que a ocupação da área não ocorre em terra pública?". O autor acredita que para a eficácia da validação do "atestado de posse" faz-se necessária a consulta em banco de dados fundiários federais e estaduais, o que hoje não é possível. Diante das várias causas apresentadas, esta equipe de avaliação inseriu no tópico de recomendações possíveis soluções ou encaminhamentos para mitigação do uso indevido do CAR.

Deslocamento do desmatamento dos imóveis rurais para áreas públicas

A hipótese é que resultados positivos promovidos pela política, em termos da diminuição da perda de vegetação nativa nos imóveis rurais (em relação a cenário alternativo em que não haveria o CAR), estejam sendo contrabalanceados por resultados negativos dessa mesma política, via aumento da perda de vegetação nativa fora dos imóveis rurais (em terras públicas), em efeito conhecido como "deslocamento" (BRASIL 2018, p. 145).

Dados compilados por ALENCAR *et al.* (2022) mostram que, de 2016 a 2021, houve, no Bioma Amazônia, aumento maior da perda de vegetação nativa em terras públicas (áreas protegidas e terras públicas não destinadas) do que em imóveis rurais e assentamentos. Em consequência, a perda de vegetação nativa em terras públicas, que respondia por 44% do total em 2016, passou para 51% do total em 2021. Esses dados são compatíveis com a hipótese do deslocamento; no entanto, para estabelecer que o CAR causa perda de vegetação nativa maior em terras públicas, seria necessário a aplicação de técnicas estatísticas voltadas ao teste de relações causa-efeito ("avaliação de impacto").

III. AVALIAÇÃO DE IMPACTO

A avaliação de impacto busca quantificar os efeitos causais da política pública analisada, verificando se os produtos entregues pela política causam os seus resultados e impactos esperados, conforme seu modelo lógico.

No caso do Cadastro Ambiental Rural, foram identificados, em seu modelo lógico, dois resultados e dois impactos:

- Controle Social utilizando dados do SICAR (Resultado);
- Regularidade ambiental dos imóveis rurais (Resultado);
- Redução da perda da vegetação nativa nos imóveis rurais (Impacto); e
- Recuperação ambiental dos biomas (Impacto).

Para a presente avaliação de impacto, buscou-se avaliar o grau de influência que a inscrição no CAR (um dos produtos da política) tem sobre a redução da perda de vegetação nativa nos imóveis rurais (um de seus impactos esperados), ou seja, se é possível afirmar que devido à inscrição no CAR houve, de fato, redução na perda de vegetação nativa no interior desses imóveis rurais.

Para tanto, a análise foi realizada a partir da aplicação de dois métodos de avaliação de impacto amplamente reconhecidos cientificamente, a saber: (1) Diferença em Diferenças (DiD), utilizado em sua versão mais robusta, proposta por CALLAWAY & SANT'ANNA (2021), que viabiliza identificar efeitos heterogêneos⁷ associados à variável de resultado, ou seja, o desmatamento no interior dos imóveis rurais; e (2) Escore de Propensão Generalizado (*GPS* - *Generalized Propensity Score*), que objetiva calcular o efeito dose/resposta dado um tratamento sobre uma variável de interesse, nesse caso, a intensidade do desmatamento no interior dos imóveis rurais à medida que evolui o percentual de área cadastrada no CAR (em nível de município).

Este capítulo está dividido nas seguintes seções: na primeira, a descrição da base de dados utilizada nas análises; na segunda, uma breve explicação sobre o método DiD e a apresentação dos resultados obtidos. Na terceira, é apresentada a explicação do método GPS e seus principais resultados; e, por fim, as principais conclusões do estudo.

1. Base de Dados

Os dados utilizados para realização desta avaliação de impacto do CAR são fruto do trabalho realizado em parceria entre o grupo de avaliação, composto por integrantes do Departamento de Governança e Gestão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), especialistas contratados pela Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), e a consultoria da Evidência Express (EvEx) da ENAP, equipe essa responsável pela extração, manipulação e tratamento dos dados⁸.

Foram utilizadas as bases de dados geoespaciais do Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (PRODES/INPE)⁹, para a construção do indicador de impacto “perda da vegetação nativa (desmatamento) no interior dos imóveis rurais”, construído com dados dos anos de 2008 a 2020.

⁷ Consideram tanto os efeitos decorrentes de grupos distintos de unidades tratadas, uma vez que essas podem ter ingressado no programa - CAR - em diferentes momentos, quanto os efeitos ao longo do tempo.

⁸ Para maiores informações sobre os dados consultar Souza (2022).

⁹ Disponível na Plataforma TerraBrasilis (ASSIS *et al.* 2019)

No caso da aplicação do GPS, a base foi construída a partir desse mesmo indicador, estimado de forma *cross-section*, ou seja, com dados coletados em um ponto do tempo. Para esse estudo, utilizou-se a soma do desmatamento no interior dos imóveis rurais em nível de município nos anos de 2016 a 2019, assim como a proporção de área cadastrada no CAR, além de covariadas, como a densidade demográfica, o PIB per capita, o volume do crédito rural, dentre outras, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das Covariadas

Variável	Descrição	Fonte de dados	Fontes de dados
Densidade Demográfica	Número de habitantes dividido pela área do município (hab/km ²)	Quantitativa contínua	IBGE
VAB Agropecuária	Valor adicionado bruto a preços correntes da agropecuária (Mil Reais)	Quantitativa contínua	IBGE
PIB Agropecuária	Produto Interno Bruto a preços correntes	Quantitativa contínua	IBGE
Tipo de município	Urbano; Intermediário Adjacente; Intermediário Remoto; Rural Adjacente; Rural remoto	Dummy	IBGE
Amazônia Legal	Município pertence ou não a Amazônia Legal	Dummy	IBGE (Malha municipal)
Percentual de área plantada de Soja	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	PAM (Tabela 5457)
Percentual de área plantada de Cana-de-açúcar	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	PAM (Tabela 5457)
Percentual de área plantada de Milho	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	PAM (Tabela 5457)
Percentual de área plantada de Sorgo	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	PAM (Tabela 5457)
Percentual de área plantada de Café	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	PAM (Tabela 5457)
Percentual de área plantada de Mandioca	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	PAM (Tabela 5457)
Percentual de área plantada de Laranja	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	PAM (Tabela 5457)
Percentual de área plantada de Arroz	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	PAM (Tabela 5457)
Percentual de área plantada de Banana	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	PAM (Tabela 5457)
Percentual de área Silvicultura	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	PAM (Tabela 5930)
Percentual de área plantada de Pastagem	Área planta ou destinada à colheita - percentual do total geral (%)	Quantitativa contínua	MapBiomas
Volume de Crédito Rural	Crédito rural contratado por produtores rurais em instituições financeiras (R\$)	Quantitativa contínua	BACEN
Número de técnicos Agrícolas	Número de trabalhadores registrados nas seguintes CBO: 3211, 3212 e 3213	Quantitativa contínua	RAIS
Multas ambientais	Soma do valor de todos os autos de infração registrados no sistema do IBAMA/MMA	Quantitativa contínua	IBAMA

Fonte: SOUZA *et al.* (2022b)

2. Método Diferença em Diferenças

Para mensurar o impacto da inscrição no CAR sobre a perda de vegetação nativa, inicialmente foi utilizado o Método de Diferença em Diferenças ("Difference-in-Differences" – DiD), que é um método interessante quando se avalia o efeito causal de uma determinada política, sobre uma variável de resultado, quando a sua adesão ocorre de forma não aleatória. Nesse caso, é o que acontece com o CAR, uma vez que diferentes fatores exógenos podem ter contribuído, para que um determinado município tenha tido maior ou menor adesão a essa política. A consequência dessa ausência de aleatoriedade é a ausência de um grupo contrafactual que viabilize tal comparação.

Para resolver esse problema, o método DiD oferece um teste que permite analisar se, anteriormente ao início da política, a evolução da variável de interesse (no caso o desmatamento) para o grupo de imóveis que aderiu a política (grupo de tratamento) e o grupo que não aderiu a política (grupo de controle), seguia uma trajetória paralela. Ou seja, o teste serviu para verificar se, antes do início da política, a tendência do desmatamento para os dois grupos, de tratamento e controle, eram semelhantes.

Conforme explica GERTLER *et al.* (2018), o DiD compara mudanças nos resultados ao longo do tempo entre uma população que é tratada em uma intervenção, chamada de grupo de tratamento, e uma população que não é tratada, considerada como grupo de controle.

Considerando tal entendimento, nesse estudo o grupo de tratamento é caracterizado pelos imóveis rurais que se inscreveram no CAR, e, o grupo de controle, os imóveis ainda não inscritos no CAR.

Ao confirmar tendências paralelas entre grupos de tratamento e controle no período anterior ao início da política, torna-se possível calcular, a partir da trajetória projetada, o que teria ocorrido com o grupo de tratados caso tais imóveis não tivessem aderido à política. Desse modo, o efeito causal é o resultado a partir da diferença entre o resultado projetado e o resultado observado.

No entanto, considerando que o cadastro no CAR ocorre de forma dinâmica no tempo, o que inclui novos cadastros em vários períodos de tempo, recomenda-se utilizar o método proposto por CALLAWAY & SANT'ANNA (2021). De acordo com esses autores, o seu estimador é mais robusto do que o modelo DiD convencional (*Two Way Fixed Effects - TWFE*), de modo que, o parâmetro causal é denominado de efeito médio do tratamento de grupo-tempo, em que um grupo é definido pelo tempo em que as unidades são tratadas pela primeira vez.

Ou seja, o emprego desse estimador robusto permite a identificação de efeitos heterogêneos, os quais consideram tanto os efeitos decorrentes de grupos distintos de unidades tratadas, uma vez que essas podem ter ingressado no CAR em diferentes momentos, quanto os efeitos ao longo do tempo. Acrescenta-se que, no que se refere à estimativa dos efeitos ao longo do tempo, ressalta-se que o modelo proposto oferece uma estimativa, tanto em função do tempo de calendário, quanto em função do tempo de exposição ao tratamento.

Portanto, uma vez que há muitos efeitos médios de tratamento no grupo-tempo, é necessário estabelecer esquemas de agregação dos resultados. CALLAWAY & SANT'ANNA (2021) sugerem agrégá-los em função do tempo de exposição ao tratamento; entre grupos de tratamento; e ao longo do calendário - evolução ou efeitos cumulativos.

Sabendo que este estudo tem como objetivo avaliar o impacto do CAR sobre a redução do desmatamento, identifica-se os grupos de tratamento e de controle a partir do momento em que as unidades passam a ser inscritas no CAR, identificando-se os grupos a partir desses cortes de entrada.

Assim como foi sugerido no modelo DiD clássico, no modelo robusto proposto por CALLAWAY & SANT'ANNA (2021), o grupo não tratado - controle - indica o percurso médio da variável - desmatamento nos imóveis rurais - para os grupos de imóveis inscritos no CAR, caso esses não tivessem sido inscritos. Todavia, esta é uma hipótese que não pode ser considerada de forma direta, sendo necessário realizar o teste de tendências paralelas.

Como já foi mencionado, a aplicação desse teste consiste em incluir períodos anteriores no modelo, antes mesmo da inscrição dos imóveis no CAR (pré-tratamento), de forma a perceber se na ausência de tratamento, a diferença entre os dois grupos na variável de resultado manteve-se constante. Assim sendo, se a hipótese do paralelismo não fosse rejeitada, seria indicativo de que o grupo de controle ofereceria um contrafactual aceitável para o grupo de tratamento.

Avantagem do modelo DiD robusto proposto por CALLAWAY & SANT'ANNA (2021) é que, além de serem consideradas as características observáveis dos grupos de tratamento e controle, também leva em consideração as características não observáveis, as quais neste estudo podem estar associadas, inclusive, com às condições socioeconômicas do proprietário do imóvel rural. Além disso, por ser um método não paramétrico, não é exigido nenhuma relação funcional como nas regressões lineares convencionais.

3. Resultados a partir do método diferenças em diferenças

O modelo desenvolvido neste estudo foi estimado separadamente para os imóveis rurais localizados nos biomas da Amazônia e do Cerrado, de maneira que fosse possível perceber o impacto do CAR sobre a perda da vegetação nativa, considerando aspectos da dinâmica regional.

Bioma Amazônia

A Figura 5 (na seção Apêndice) apresenta as estimativas do efeito da inscrição no CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais no Bioma Amazônia, além de confirmar se há tendências paralelas entre os grupos de tratamento e controle.

Assim sendo, sob a hipótese nula da suposição de tendências paralelas válidas para todos os períodos iguais a zero, os dados dispostos na cor vermelha indicam as estimativas pontuais e os intervalos de confiança com 95%, para os períodos de pré-tratamento, permitindo o agrupamento no nível de estabelecimento rural.

Em relação aos intervalos em azul, esses indicam o efeito da inscrição no CAR (pós-tratamento). Quando o intervalo está acima do zero, significa que a inscrição no CAR causou um aumento do desmatamento. Quando está abaixo do zero, significa que a inscrição no CAR causou uma redução no desmatamento. Caso o intervalo de confiança inclua o valor zero, significa que não há um efeito significativo da inscrição no CAR sobre o desmatamento.

Portanto, como pode ser verificado na Figura 5, as tendências paralelas são atendidos quando se considera os grupos de imóveis inscritos no CAR entre 2014 a 2020, exceto em relação ao grupo inscrito no ano de 2018, quando tal hipótese foi violada em 2015, e também em relação ao grupo inscrito em 2019, quando a hipótese foi violada em 2012.

Considerando que há uma violação do teste de tendências paralelas para esses grupos, deve-se olhar com cautela os resultados dos efeitos causais aqui estimados. No entanto, apesar desse resultado, notam-se exceções quanto aos grupos de imóveis rurais cadastrados no CAR nos anos de 2015 e 2019.

No caso dos imóveis cadastrados no CAR em 2015, notou-se efeito causal de redução do desmatamento nos anos de 2017 e 2018. Já, quanto aos imóveis cadastrados em 2019, há um aparente efeito indesejável de aumento do desmatamento, imediatamente no ano do cadastramento, que se estende até 2020. Nos demais grupos (imóveis cadastrados em 2014, 2016, 2017, 2018 e 2020), não foi identificado efeito causal significativo.

A Tabela 2 denota as estimativas do impacto do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais do Bioma Amazônia, e possibilita avaliar: (1) os efeitos específicos do grupo, em que um grupo é definido pelo tempo em que as unidades são tratadas pela primeira vez; (2) os efeitos de tempo calendário,

em que a estimativa indica o efeito cumulativo do impacto em um período; o (3) estudo de evento, que informa a duração do efeito em um grupo a partir do ano de sua entrada no tratamento; e (4) o estudo de evento com grupos balanceados, que informa a duração dos efeitos médios do tratamento para grupos específicos.

Quanto aos efeitos específicos do grupo, o modelo indica haver redução média de - 0,0036 km² para o grupo de imóveis rurais cadastrados no CAR em 2015. Já nos anos de 2019 e 2020, é possível observar incremento médio de 0,0286 e 0,0096 km², respectivamente, o que representa um efeito indesejável desse instrumento como parte da política ambiental.

No mesmo sentido, quando se observa a estimativa por ano calendário, nota-se um incremento médio de 0,0063 km² no desmatamento nos imóveis rurais no ano de 2019, resultado do efeito cumulativo das estimativas ao longo dos anos.

No que concerne ao estudo de evento, o qual avalia o impacto do CAR sobre a variável de resultado e indica a duração desse efeito, observa-se na tabela 2 aumento do desmatamento para todos os grupos de imóveis rurais no mesmo ano em que se inscreveram na política ($e = 0$), com valor médio estimado de 0,0055 km².

Na contramão desses resultados indesejados, ocorre redução do desmatamento no interior dos imóveis rurais em dois períodos após a inscrição no CAR ($e = 2$), estimada em média de -0,0047 km².

Ao observar o estudo de eventos com grupos balanceados, confirma-se que em todos os grupos de imóveis houve aumento do desmatamento no ano do cadastramento no CAR, estimado em 0,0055 km², mas para os grupos inscritos entre 2014 a 2019, esse aumento do desmatamento continua a ocorrer no ano de inscrição, mas estimado em 0,0048 km².

Um impacto positivo do CAR no sentido de redução do desmatamento nos imóveis rurais é verificado apenas para os grupos inscritos entre 2014 a 2018, e seu efeito somente acontece dois períodos após a inscrição desses imóveis na política.

Tabela 2 - Estimativas para os impactos do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais por agregações temporais - Amazônia Legal.

Variável	Parcialmente agregado			Parâmetros únicos
Efeitos específicos do grupo (g)	$g=2015$ -0,0036 (0,0012)	$g=2019$ 0,0286 (0,0070)	$g=2020$ 0,0096 (0,0037)	0,0041 (0,0015)
Desvio padrão				
Efeitos de tempo/ Calendário (t)		$t=2019$ 0,0063 (0,0022)		-0,0002 (0,001)
Desvio padrão				
Estudo de evento (e)	$e=0$ 0,0055 (0,0014)	$e=2$ -0,0047 (0,0012)		-0,0005 (0,0012)
Desvio padrão				
Estudo de evento com grupos balanceados (e)	$e=0$ (grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2020)	$e=2$ 0,0055 (0,0013)	$e=3$	
Desvio padrão				0,0055 (0,0015)
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2019)				
Desvio padrão				0,0039 (0,0014)
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2018)		-0,0047 (0,0013)		-0,0018 0,0011
Desvio padrão				
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2017)		-0,0052 (0,0014)		-0,002 (0,0012)
Desvio padrão				
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2016)		-0,0063 (0,0014)		-0,0024 0,0013
Desvio padrão				
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2015)		-0,0050 (0,0013)	-0,0041 (0,0015)	-0,003 (0,0012)
Desvio padrão				

Imóveis pequenos

Ao aplicar o presente método para os imóveis pequenos, os quais incluem todos aqueles com parcela de até 4 módulos fiscais¹⁰, e considerando um intervalo de confiança ao nível de 5%, a Figura 6 (na seção Apêndice) apresenta o teste de tendências paralelas.

Conforme o resultado desse teste, a hipótese de tendências paralelas entre grupos de tratamento e controle pode ser rejeitada, pois verifica-se que para os grupos inscritos no CAR nos anos de 2015, 2016 e 2017, há intervalos de confiança que não atendem ao critério de inclusão do zero na estatística.

No entanto, observa-se que o teste apresentou significância ao nível de confiança de 5% para os grupos de imóveis inscritos no CAR nos anos de 2014, 2018, 2019 e 2020, sugerindo tendências paralelas entre os grupos de tratamento e controle.

A respeito dos efeitos pós-tratamento, observa-se pseudoefeitos que indicam redução do desmatamento após a inscrição do imóvel no CAR, para os grupos que entraram na política no ano de 2014 e 2018. No caso do grupo que entrou na política no ano de 2014, observa-se redução do desmatamento em todos anos seguintes, à exceção de 2017. Já para o grupo que realizou sua inscrição no ano de 2018, é possível notar uma leve redução do desmatamento no ano de 2020.

A Tabela 3 informa as estimativas médias do impacto do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais pequenos localizados no Bioma Amazônico.

Observando os efeitos específicos de grupo, nota-se que houve efeito de redução do desmatamento nos imóveis rurais cadastrados no CAR, nos anos de 2014, 2015 e 2016, com redução média de -0,0038 km²; -0,0036 km²; e de -0,0035 km², respectivamente.

Quando se observa os efeitos cumulativos por ano calendário, ocorre redução do desmatamento após a inscrição do imóvel no CAR em todos os anos, sendo os maiores efeitos verificados nos anos de 2019 (-0,0045 km²), 2020 (-0,0036 km²), e 2014 (-0,0031 km²).

No tocante às estimativas médias dos efeitos dinâmicos do tratamento, os resultados sugerem impacto do CAR no sentido da redução do desmatamento um ano após o cadastramento do imóvel na política. Esse efeito se estende até seis períodos depois ($e = 1, 2, \dots, 6$), sendo mais expressivos no 4º e no 5º ano após o cadastramento, ambos apresentando redução média de 0,0059 km².

O impacto do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais pequenos também pode ser explicado a partir das estimativas dos efeitos dinâmicos com grupos balanceados. Nesse caso, a Tabela 3 informa que, quando se considera os grupos de imóveis inscritos na política entre os anos de 2014 a 2019, ocorre uma redução do desmatamento um ano após a respectiva inscrição na política, de 0,0019 km², em média.

Ao limitar os grupos de análise, considerando apenas aqueles grupos de imóveis rurais inscritos entre os anos de 2014 a 2018, o desmatamento é reduzido nos dois períodos subsequentes ao ano do cadastramento.

Em relação aos grupos cadastrados no CAR entre 2014 a 2017, observa-se redução do desmatamento no interior desses imóveis rurais, desde o ano de inscrição na política, estendendo-se por mais três períodos depois.

No mesmo sentido do grupo anterior, aqueles imóveis inscritos nos anos de 2014 a 2016, apresentam efeitos semelhantes de redução do desmatamento, porém tais efeitos duram até quatro períodos depois. Isso também vale para o grupo de imóveis inscritos no CAR no intervalo de 2014 a 2015, mas nesse caso os efeitos duram até cinco períodos depois.

10 A classificação dos imóveis rurais está presente na Lei nº 8.629/1993 (Art. 4, II e III), na definição de pequena propriedade (imóvel de área compreendida entre 1 e 4 módulos fiscais) e média propriedade (imóvel rural de área superior a 4 e até 15 módulos fiscais) e a grande propriedade aquela de área superior a 15 módulos fiscais. Maiores informações podem ser encontradas no endereço: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>

De maneira geral, o que se observa é que o impacto do CAR na redução do desmatamento no caso dos imóveis rurais pequenos, tem durado mais tempo nos grupos inscritos nos primeiros anos da política. Um exemplo são grupos cadastrados em 2014, em que o desmatamento é reduzido imediatamente no mesmo ano e continua reduzido durante seis períodos subsequentes.

Tabela 3 - Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais considerados de tamanho pequeno, localizados no bioma amazônico

Variável	Parcialmente agregado							Parâmetros únicos
Efeitos específicos do grupo	$g=2014$ -0,0038 (0,0007)	$g=2015$ -0,0036 (0,0004)	$g=2016$ -0,0035 (0,0005)					-0,0021 (0,0003)
Desvio padrão								
Efeitos de tempo/ Calendário	$t=2014$ -0,0031 (0,0009)	$t=2015$ -0,0016 (0,0004)	$t=2016$ -0,0023 (0,0004)	$t=2017$ -0,0018 (0,0004)	$t=2018$ -0,0018 (0,0004)	$t=2019$ -0,0045 (0,0005)	$t=2020$ -0,0036 (0,0005)	-0,0027 (0,0003)
Desvio padrão								
Estudo de evento		$e=1$ -0,0019 (0,0003)	$e=2$ -0,0030 (0,0003)	$e=3$ -0,0037 (0,0004)	$e=4$ -0,0059 (0,0005)	$e=5$ -0,0059 (0,0006)	$e=6$ -0,0043 (0,0001)	-0,0036 (0,0003)
Desvio padrão								
Estudo de evento com grupos balanceados	$e=0$	$e=1$	$e=2$	$e=3$	$e=4$	$e=5$	$e=6$	
(2014 a 2019) ¹¹		-0,0019 (0,0003)						-0,0012 (0,0002)
Desvio padrão								
(2014 a 2018)		-0,0021 (0,0003)	-0,0030 (0,0003)					-0,0019 (0,0003)
Desvio padrão								
(2014 a 2017)	-0,0009 (0,0003)	-0,0021 (0,0003)	-0,0028 (0,0004)	-0,0037 (0,0004)				-0,0024 (0,0003)
Desvio padrão								
(2014 a 2016)	-0,0014 (0,0004)	-0,0026 (0,0003)	-0,0027 (0,0004)	-0,0037 (0,0004)	-0,0059 (0,0005)			-0,0033 (0,0003)
Desvio padrão								
(2014 a 2015)	-0,0015 (0,0004)	-0,0029 (0,0004)	-0,0027 (0,0004)	-0,0024 (0,0004)	-0,0062 (0,0005)	-0,0059 (0,0006)		-0,0036 (0,0003)
Desvio padrão								
(2014)	-0,0031 (0,0008)	-0,0040 (0,0008)	-0,0031 (0,0009)	-0,0028 (0,0009)	-0,0044 (0,0009)	-0,0051 (0,0013)	-0,0043 (0,0011)	-0,0038 (0,0007)
Desvio padrão								

Fonte: Elaboração própria

Imóveis médios

No que concerne aos imóveis rurais de tamanho médio, aqueles com áreas entre 4 e 15 módulos fiscais, e considerando um intervalo de confiança ao nível de 5%, confirma-se o teste de tendências paralelas entre os grupos de tratamento e controle, rejeitando-se, portanto, a hipótese nula de que tais tendências entre esses grupos não eram semelhantes (Figura 7).

Observando os efeitos pós-cadastramento para esses imóveis rurais, pode-se afirmar que o CAR não teve impacto sobre o desmatamento, exceto quando se trata dos imóveis que entraram na política no ano de 2019, onde os resultados indicam um leve aumento indesejável do desmatamento no mesmo ano em que esses imóveis foram cadastrados.

A Tabela 4 confirma esse resultado e informa a estimativa do efeito somente para os grupos que apresentaram significância estatística, que, neste caso, refere-se aos imóveis inscritos no CAR no ano de 2018, os quais desmataram a mais, em média, de 0,0403 km², do que se não tivessem sido inscritos na política.

11 Grupo de imóveis inscritos no CAR entre os anos de 2014 a 2019.

Sob a perspectiva do estudo de evento, que mede o efeito dinâmico do tratamento para os diferentes grupos, observa-se que para todos os grupos de imóveis de tamanho médio, inscritos na política entre 2014 a 2020, houve aumento do desmatamento estimado, em média, de 0,0148 km² no ano de sua inscrição.

Estimativa essa, que se repete quando se analisa o estudo de evento com grupos balanceados, pois se observa que os grupos que entraram entre 2014 e 2020, tiveram o mesmo impacto positivo para aumento de desmatamento, na ordem de 0,0148 km² em média. Efeito indesejado da política que é observado também nos grupos de 2014 a 2019, com aumento do desmatamento no ano de inscrição no CAR de 0,0132. Tais inferências sugerem que a expectativa futura de regularização ambiental pode ter promovido o aumento do desmatamento no tempo presente.

Tabela 4 - Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais de tamanho médio localizados no Bioma Amazônia

Variável	Parcialmente agregado	Parâmetros únicos
Efeitos específicos do grupo	g=2018 0,0403 (0,0099)	0,0112 (0,0044)
Desvio padrão	e=0 0,0148 (0,0046)	0,0088 (0,0049)
Estudo de evento		
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2020)	0,0148 (0,0043)	0,0148 (0,0046)
Desvio padrão		
Estudo de evento com grupos balanceados	e=0	
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2019)	0,0132 (0,0045)	0,0069 (0,0037)
Desvio padrão		

Fonte: Elaboração própria

Outro ponto de atenção é que os efeitos decorrentes do CAR sobre a variável de resultado nos imóveis rurais médios, são diferentes quando comparados aos efeitos observados nos imóveis pequenos. Enquanto nos imóveis pequenos o CAR causou diminuição da perda de vegetação nativa, nos imóveis médios, ocorreu um efeito indesejável de aumento da perda dessa vegetação.

Contudo, importa ressaltar que apesar de ter sido identificado esse efeito indesejável, não houve análise no sentido de averiguar, se essa perda de vegetação nativa ocorreu respeitando os percentuais de desmatamento estabelecidos no Código Florestal, haja vista que o CAR também se propõe a ser instrumento de auxílio ao planejamento rural do imóvel. Indica-se, para estudos futuros, a análise do indicador de conformidade das propriedades rurais.

Imóveis grandes

No caso dos imóveis grandes, aqueles com área acima de 15 módulos fiscais, confirma-se o teste de tendências paralelas entre grupos de tratamento e controle. Isso é o que informa a Figura 8 (na seção Apêndice), ao indicar que para todos os grupos de imóveis analisados, os intervalos de confiança incluem o zero na estatística nos períodos pré cadastramento, o que estatisticamente demonstra significância ao nível de 5%.

Destaca-se que para o grupo que aderiu em 2019 é observado um efeito não desejado de aumento no desmatamento para o ano em que fazem a inscrição perdurando até 2020.

Ao analisar o impacto do CAR sobre a variável de resultado (Tabela 5), observa-se que para o grupo de imóveis cadastrados em 2019, o desmatamento foi maior, em média, 0,02771 km², do que se esses imóveis não tivessem sido inscritos nessa política. Ou seja, um efeito não desejado, contrário aos propósitos da política.

O efeito acumulado por ano calendário também demonstra que houve um incremento médio de 0,2102 km² no ano de 2019, enquanto em 2020 esse aumento foi de 0,1102 km².

Em relação às estimativas atinentes ao estudo de evento, pode-se afirmar que para todos os grupos de imóveis rurais grandes houve aumento do desmatamento no ano do cadastramento, estimado em média, de 0,0934 km². Ao considerar apenas os grupos inscritos no CAR entre os anos de 2014 a 2019, verifica-se que o impacto foi ainda maior no segundo ano após o cadastramento do que no primeiro ano, sendo o valor estimado em 0,1074 km².

Tal efeito indesejável continua crescendo no quarto ano após o cadastramento para os grupos de imóveis cadastrados entre 2014 a 2016, visto que o seu valor estimado do impacto foi de 0,1104 km².

Tabela 5 - Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais acima de 15 módulos fiscais (grandes), localizados no Bioma Amazônia

Variável	Parcialmente agregado			Parâmetros únicos
Efeitos específicos do grupo	$g=2019$ 0,2771 (0,0766)			0,1091 (0,0254)
Desvio padrão				
Efeitos de tempo/ Calendário	$t=2019$ 0,2102 (0,0381)			0,0592 (0,0199)
Desvio padrão				
Estudo de evento	$e=0$ 0,0934 (0,0256)	$e=1$ 0,1074 (0,0278)	$e=4$ 0,1104 (0,0377)	0,0721 0,0245
Desvio padrão				
Estudo de evento com grupos balanceados	$e=0$	$e=1$	$e=4$	
2014 a 2020	0,0934 (0,0266)			0,0934 (0,0274)
Desvio padrão				
2014 a 2019	0,0917 (0,0283)	0,1074 (0,0273)		0,0996 (0,0263)
Desvio padrão				
2014 a 2016	0,0132 (0,0045)		0,1104 (0,0394)	0,0447 (0,0313)
Desvio padrão				

Fonte: Elaboração própria

Notadamente, os efeitos dinâmicos do CAR sobre o desmatamento nos imóveis grandes são similares aos efeitos pós-tratamento nos imóveis médios, pois aumentam o desmatamento, ao contrário de diminuí-lo.

Considerando que o CAR é de fato um instrumento de uma política mais ampla de controle ambiental, tais resultados indicam que a resposta à intervenção política produziu efeitos não desejáveis nestas categorias de imóveis.

Em síntese, enquanto nos imóveis pequenos do Bioma Amazônia os efeitos do tratamento ocorrem desde o ano zero e continuam durante todos os períodos seguintes, reduzindo a perda da vegetação nativa, nos imóveis grandes e médios, o CAR promoveu aumento do desmatamento no ano de entrada do imóvel rural na política e, em alguns casos, continuou impactando negativamente até quatro períodos depois.

Bioma Cerrado

Analisando os resultados para o Bioma Cerrado, a Figura 9 apresenta o teste de tendências paralelas para a variável de resultado - desmatamento nos imóveis rurais - antes desses imóveis terem sido inscritos no CAR, bem como demonstram os efeitos associados a essa intervenção.

O teste de tendências paralelas apresenta significância ao nível de 5% para os grupos inscritos nos anos de 2014, 2015, 2019 e 2020. No entanto, para aqueles inscritos nos anos de 2016, 2017 e 2018, o teste não se confirma. Nos grupos nos quais o teste de tendência paralela foi confirmado não se observaram efeitos causais associados ao CAR.

Outras análises podem ser realizadas a partir das informações dispostas na Tabela 6, que informa as estimativas quanto aos efeitos específicos de grupo e quanto ao estudo de evento.

Destacadamente sobre tais resultados, verifica-se que o desmatamento aumentou em média 0,0097 km² nos imóveis rurais do Bioma Cerrado que realizaram o cadastro no CAR no ano de 2018.

Para o estudo de evento, que informa a duração do efeito em um grupo a partir do ano de sua entrada no tratamento, observa-se um aumento do desmatamento após um período da inscrição de 0,0036 km², em média. Já quatro períodos após a inscrição é observada a redução do desmatamento de -0,0062 km², em média.

No que se refere ao estudo de grupos, as estimativas sugerem que houve impacto do CAR em todos os grupos inscritos entre os anos de 2014 a 2019, os quais teriam aumentado em média de 0,0040 km² o desmatamento, um ano após o imóvel ter sido inscrito na política.

Tabela 6 - Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais localizados no Bioma Cerrado

Variável	Parcialmente agregado	Parâmetros únicos
Efeitos específicos do grupo	$g=2018$ 0,0097 (0,0029)	0,0011 (0,0015)
Desvio padrão		
Estudo de evento	$e=1$ 0,0036 (0,0012)	$e=4$ -0,0062 (0,0013) -0,0012 (0,002)
Desvio padrão		
Estudo de evento com grupos balanceados	$e=1$	
2014 a 2019	0,0040 (0,0014)	0,003 (0,0011)
Desvio padrão		

Fonte: Elaboração própria

Imóveis pequenos

No que se refere aos imóveis rurais pequenos localizados no Bioma Cerrado e, observando os resultados do teste de tendências paralelas (Figura 10 - Seção Apêndice), claramente é possível afirmar que na ausência do cadastramento no CAR, as tendências para o desmatamento entre os grupos de tratamento e controle não eram semelhantes, o que inviabiliza associar efeitos causais à variável de resultado. De maneira pontual, apenas os imóveis inscritos em 2014 e 2019 apresentaram significância ao nível de 5%.

Apesar desses resultados, por meio da Tabela 7 são identificadas as estimativas médias estatisticamente aceitáveis dentro do intervalo de confiança, em relação aos efeitos específicos de grupo, aos efeitos cumulativos por ano calendário, e ao estudo de eventos.

As estimativas, quanto aos efeitos específicos de grupo, informam que houve uma diminuição do desmatamento em $-0,0019 \text{ km}^2$ para os grupos que entraram na política em 2015. No mesmo sentido, é identificada uma redução média do desmatamento em $-0,0013 \text{ km}^2$ no ano de 2020, quando se considera os efeitos cumulativos por ano calendário.

No que tange ao estudo de eventos, verificam-se pseudoefeitos do CAR impactando na redução do desmatamento após o terceiro, o quarto e o quinto ano de implementação da política, os quais foram estimados em média, $-0,0015 \text{ km}^2$, $-0,0024 \text{ km}^2$ e $-0,0032 \text{ km}^2$, respectivamente.

Esse cenário se altera quando se observa o estudo de evento com grupos balanceados, uma vez que passa a ter significância estatística dois grupos de imóveis rurais: aqueles inscritos no CAR entre os anos de 2014 a 2017, os quais reduziram o desmatamento em média de $-0,0015 \text{ km}^2$ em três períodos após entrada no programa. Já o grupo de inscritos entre 2014 e 2016, é possível observar essa redução do desmatamento após três períodos e aumentando no quarto, saindo de $-0,0016$ para $-0,0024$. E por fim, o grupo dos imóveis que se cadastrou entre 2014 a 2015 que apresentou redução crescente do desmatamento três anos após a inscrição, se mantendo por quatro e cinco anos, passando de $-0,0024$ para $-0,0025$ e por último $0,0032$.

Tabela 7 - Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais pequenos localizados no Bioma Cerrado

Variável	Parcialmente agregado			Parâmetros únicos
Efeitos específicos do grupo Desvio padrão		$g=2015$ $-0,0019$ (0,0004)		$0,0002$ (0,0002)
Efeitos de tempo/ Calendário Desvio padrão		$t=2020$ $-0,0013$ (0,0003)		$-0,0003$ (0,0003)
Estudo de evento Desvio padrão	$e=3$ $-0,0015$ (0,0003)	$e=4$ $-0,0024$ (0,0004)	$e=5$ $-0,0032$ (0,0005)	$-0,0013$ (0,0003)
Estudo de evento com grupos balanceados (grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2017) Desvio padrão	$e=3$ $-0,0015$ (0,0003)	$e=4$ $-0,0024$ (0,0004)	$e=5$ $-0,0032$ (0,0005)	$-0,0003$ (0,0002)
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2016) Desvio padrão	$-0,0016$ (0,0003)	$-0,0024$ (0,0004)		$-0,0009$ (0,0003)
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2015) Desvio padrão	$-0,0024$ (0,0004)	$-0,0025$ (0,0004)	$-0,0032$ (0,0005)	$-0,0016$ (0,0004)

Fonte: Elaboração própria

Imóveis médios

No caso dos imóveis rurais de tamanho médio, aqueles com áreas entre 4 e 15 módulos fiscais, e considerando um intervalo de confiança ao nível de 5%, confirma-se o teste de tendências paralelas entre os grupos de tratamento e controle, rejeitando-se, portanto, a hipótese nula de que tais tendências entre esses grupos não eram semelhantes. Abre-se exceção para os anos 2017 e 2018, que tiveram os testes violados nos anos 2009 e 2011, respectivamente; todavia foram anos distantes do ano em análise assim. Contudo, observa-se, no grupo que se cadastrou em 2015, um efeito leve da inscrição do CAR na redução do desmatamento nos anos de 2019 e 2020.

As estimativas quanto ao impacto do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais de tamanho médio localizados no Bioma Cerrado estão disponíveis na Tabela 8, em que se observa um incremento médio do desmatamento de 0,0158 km² para os imóveis que entraram na política no ano de 2018.

Por meio do estudo de evento constata-se redução do desmatamento em -0,0118 km², no quarto período após a inscrição do imóvel no CAR, bem como redução média de -0,0138 km² a partir do quinto período.

Já quando são analisados os efeitos dinâmicos com grupos balanceados, verifica-se que há indicativo de aumento médio do desmatamento de 0,0074 km², um ano após o cadastramento para todos os imóveis inscritos de 2014 a 2018. Impactos associados à redução do desmatamento são identificados a partir do terceiro período após o tratamento para os imóveis que entraram na política entre 2014 a 2017 de -0,0075 km².

Aos que foram cadastrados entre 2014 a 2016, nota-se redução após o quarto ano de 0,0118. Já, sobre os imóveis inscritos entre 2014 a 2015, a redução ocorreu a partir do quarto e quinto anos, nessa sequência, com média de -0,00152 km² e -0,0138 km².

Tabela 8 - Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais médios localizados no Bioma Cerrado

Variável	Parcialmente agregado					Parâmetros únicos
Efeitos específicos do grupo	g=2018 0,0158 (0,0051)					0,0029 (0,0018)
Desvio padrão						
Estudo de evento	e=4 -0,0118 (0,0028)			e=5 -0,0138 (0,0040)		-0,0013 (0,0003)
Desvio padrão						
Estudo de evento com grupos balanceados	e=1	e=2	e=3	e=4	e=5	
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2018)	-0,0074 (0,0024)					0,0039 (0,0021)
Desvio padrão						
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2017)			-0,0075 (0,0027)			-0,0007 (0,0021)
Desvio padrão						
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2016)				-0,0118 (0,0030)		-0,0034 (0,0023)
Desvio padrão						
(grupos de imóveis inscritos entre 2014 a 2015)				-0,0152 (0,0033)	-0,0138 (0,0040)	-0,0044 (0,0031)
Desvio padrão						

Fonte: Elaboração própria

Imóveis grandes

Observando o teste de pré-tendência entre os grupos de tratamento e controle, relativos aos imóveis considerados grandes (acima de 15 módulos fiscais), constata-se, por meio da observação dos intervalos de confiança, a violação do pressuposto estatístico de significância ao nível de 5% (Figura 12) nos anos 2017 a 2019. No que se refere aos imóveis rurais grandes localizados no Bioma Cerrado e, observando os resultados do teste de tendências paralelas (Figura 12 - Seção Apêndice), confirma-se o teste de tendências paralelas entre os grupos de tratamento e controle, rejeitando-se, portanto, a hipótese nula de que tais tendências entre esses grupos não eram semelhantes nos anos de 2017, 2018 e 2019.

Na tabela 9 encontram-se as estimativas agregadas que apresentaram significância estatística ao nível de 5% referentes aos efeitos específicos de grupo e aos efeitos por ano calendário. Quanto ao primeiro, nota-se redução do desmatamento em média de $-0,0619 \text{ km}^2$ para o grupo de imóveis que entrou na política no ano de 2016, e aumento médio de $0,0897 \text{ km}^2$ para o grupo cadastrado em 2018.

Tabela 9 - Estimativas sobre o efeito do tratamento agregado do CAR nos imóveis rurais grandes, localizados no Bioma Cerrado

Variável	Parcialmente agregado	Parâmetros únicos
Efeitos específicos do grupo	$g=2016$ -0,0619 (0,0229)	$g=2018$ 0,0897 (0,0320)
Desvio padrão		0,0027 (0,0135)

Fonte: Elaboração própria

4. Método Escore de Propensão Generalizado

O *Generalized Propensity Score* (GPS) foi desenvolvido por HIRANO & IMBENS (2004). Trata-se de uma adaptação do escore de propensão tradicional (que utiliza dois grupos: tratamento e controle), permitindo assim a utilização de tratamentos contínuos, como é o caso do instrumento aqui analisado, o Cadastro Ambiental Rural, no qual a qualquer tempo é observada a entrada de imóveis para os grupos considerados “grupos tratado”. No caso do CAR, já em 2016 foi possível observar quantidades de área cadastrada em todos os municípios, não havendo, portanto, a possibilidade de se definir um grupo de controle em que não houvesse área cadastrada.

Na presente análise, que ocorre em nível de município, a variável de tratamento é o percentual de área cadastrada no CAR em determinado ano (tratamento contínuo, portanto), frente à variável resposta que é o nível de desmatamento no interior de imóveis rurais realizado no município em determinado ano.

Além disso, o método utiliza características observáveis (covariadas) que se acredita influenciarem a intensidade do tratamento. A utilização das covariadas empenha-se em reduzir o viés e controlar as diferenças entre grupos, já que nesse estudo não é possível separar o momento em que o município tem suas áreas inseridas no CAR. As covariadas utilizadas no cálculo do GPS estão descritas na Tabela 1, na seção que trata da base de dados.

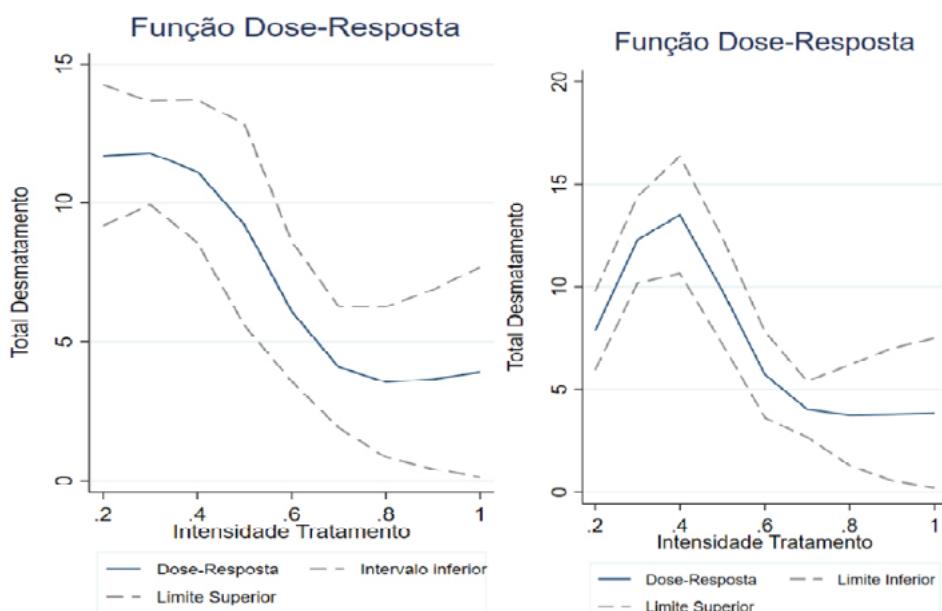
5. Resultados a partir do método Escore de Propensão Generalizado

As estimativas realizadas a partir desse método são apresentadas por SOUZA *et al.* (2022b), no relatório “Cadastro Ambiental Rural: Impactos sobre desmatamento e a conformidade ambiental dos imóveis rurais”. Nele, estão contidas maiores informações sobre o GPS, a base de dados utilizada e a forma como os dados foram extraídos e manipulados.

Os resultados são apresentados em nível municipal para os anos 2016 a 2019; a escolha temporal ocorreu devido à baixa quantidade de dados em termos de área cadastrada ou o número de imóveis cadastrados em anos anteriores, pois, embora o CAR tenha sido iniciado em 2014 e, pelo fato de que, em 2015 o sistema já contar com inserções de vários municípios, as informações ainda não eram substanciais para análises mais robustas.

As análises são feitas a partir da estimativa dose-resposta, sendo a dose o percentual de área cadastrada no imóvel cadastrado no CAR e a resposta, a perda de vegetação nativa no interior dos imóveis rurais, lembrando que, todos agregados em municípios. Na Figura 13, estão apresentadas as estimativas para os anos de 2016 e 2017, produzidas por SOUZA *et al.* (2022b).

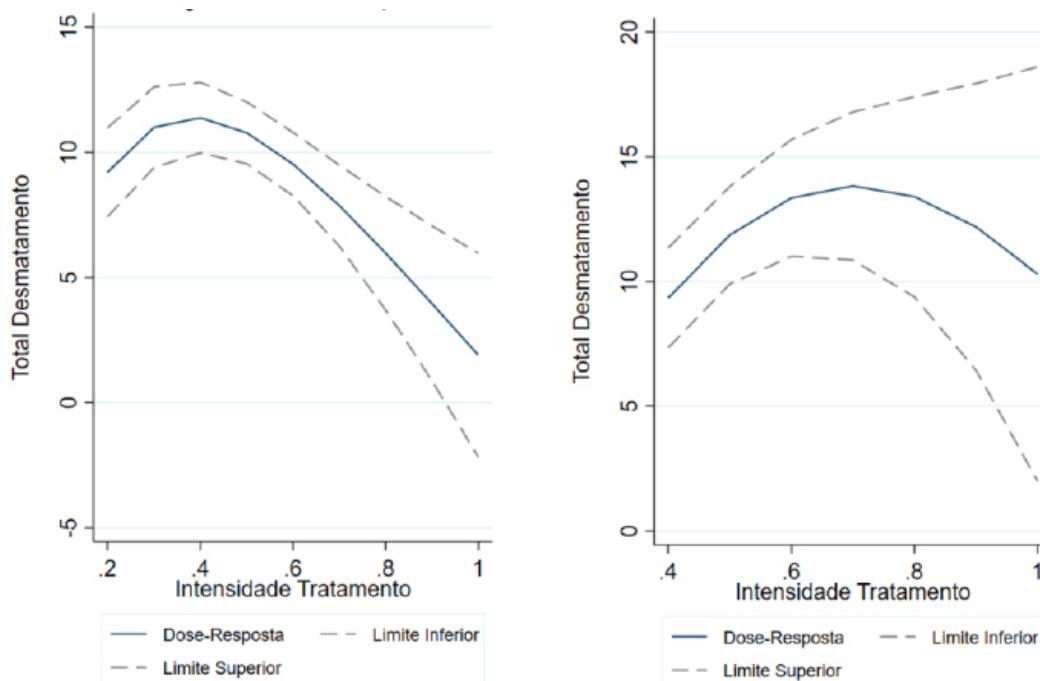
Figura 13 - Estimativa dose-resposta da proporção de área do município cadastrada no CAR (tratamento) sobre o nível de desmatamento nos anos de 2016 (esqu.) e 2017 (dir.).



Fonte: SOUZA *et al.* (2022b)

Tanto para o ano de 2016 (à esquerda), como para 2017 (à direita), na figura acima, percebe-se a tendência de quanto maior a dose, menor o nível da variável resposta, ou seja, quanto maior o percentual de área cadastrada- tratamento, menor o nível do desmatamento em média. Observa-se que em 2016, a partir de 30% e, em 2017, a partir de 38%, de área cadastrada, a curva do desmatamento tende a cair, indicando que os municípios com maior adesão ao CAR desmataram menos nesses anos.

Figura 14 - Estimativa dose-resposta da proporção de área do município cadastrada no CAR (tratamento) sobre o nível de desmatamento nos anos de 2018 (esqu.) e 2019 (dir.).



Fonte: SOUZA *et al.* (2022b)

A estimativa do ano 2018 (gráfico à esquerda) demonstra um padrão de comportamento parecido com os dois anos anteriores, enquanto em 2019 (gráfico à direita), a curva apresenta comportamento que remete a um "U" invertido, indicando que houve tendência de aumento do desmatamento esperado, até determinado percentual da variável tratamento e, a partir de 0,7, essa tendência reverte em trajetória de queda. Tal resultado se aproxima de outras indicações de aumento do desmatamento no ano de 2019, sobretudo no bioma Amazônia.

6. Conclusões sobre as avaliações de resultado e impacto

Acerca da avaliação de resultados e em conformidade com o modelo lógico já mencionado, foram avaliados os indicadores de resultados - Controle Social utilizando dados do SICAR; Regularidade ambiental dos imóveis rurais -, e indicadores de impacto - Redução da perda da vegetação nativa nos imóveis rurais; Recuperação ambiental dos biomas.

No que tange ao resultado "Controle Social utilizando os dados do SICAR", observou-se insuficiências relativas a esse indicador e seu monitoramento, o que tem afetado diretamente a transparência dessa informação para a sociedade.

Quanto aos resultados relativos à regularidade ambiental dos imóveis rurais, destaca-se a grande diferença entre os biomas, no caso do Cerrado o índice caminhou muito próximo do limite superior igual a 1, enquanto na Amazônia nota-se que ele se mantém em pouco mais que 0,5. Isso ocorre também por conta da distinção dos percentuais de reserva legal para cada Bioma, além do fato da exploração agropecuária e extrativista do Cerrado ser mais recente do que a Amazônica.

A respeito dos indicadores de impacto, os números informam que, de modo geral, há tendência de queda do desmatamento ao longo dos anos entre 2008 a 2020. Contudo, apesar dessa tendência, há picos de desmatamento em anos específicos como 2013, 2015, 2019 e 2020. Além disso, a perda da vegetação nativa foi maior para o Bioma Cerrado até o ano de 2018, e maior para o Bioma Amazônia nos anos de 2019 e 2020.

Evidentemente, ao se comparar a evolução do total de área desmatada no referido período, com a evolução do total de área, que foi objeto de recuperação ambiental, nota-se o aumento do passivo ambiental. Algo que pode ser explicado, dentre outros fatores, pela baixa efetividade dos Programas de Regularização Ambiental (PRA), em relação à quantidade de imóveis analisados.

Para além dos resultados vinculados ao modelo lógico, foram levantados pelo menos três possíveis indicadores associados ao CAR: - *Crédito mais sustentável para produtores rurais;* - *Aumento da grilagem;* e, - *Deslocamento do desmatamento dos imóveis rurais para áreas públicas.*

Sobre o primeiro, importa destacar a fragilidade das consultas realizadas pelas instituições financeiras sobre a situação dos imóveis, haja vista que elas têm se limitado a exigir, apenas, a apresentação do número de inscrição no CAR.

Quanto ao segundo, verificou-se ocorrências de uso equivocado do CAR para fins de regularização fundiária, o que é vedado pelo Código Florestal (art. 29, § 2º). Além disso, há evidências de que 29% do total de florestas públicas encontram-se registradas como propriedade particular, o que ressalta a urgência de realizar uma força tarefa para acelerar a análise dos cadastros no CAR.

Por fim, a respeito do terceiro indicador, infere-se que os resultados positivos do CAR estão sendo contrabalanceados por resultados negativos dessa mesma política, por meio do aumento da perda de vegetação nativa fora dos imóveis rurais (em terras públicas).

Em relação à avaliação de impacto do CAR na “*Redução da perda da vegetação nativa nos imóveis rurais*”, buscou-se mensurar o efeito causal da inscrição no CAR, sobre a perda da vegetação nativa (desmatamento) no interior dos imóveis rurais inseridos no Bioma Amazônia e no Bioma Cerrado, a partir da aplicação de dois métodos quantitativos, o DID e o GPS.

Destacadamente, sobre os resultados obtidos a partir do método DID, as estimativas revelam que pode ter ocorrido impacto do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais, mas que a sua caracterização como positivo ou negativo depende do grupo de análise, que é definido pela sua entrada na política pública (cadastro), e pela sua classificação por tamanho da área do imóvel (pequeno, médio ou grande).

Observando o Bioma Amazônia, houve uma queda no desmatamento em 2015 e incremento nos anos de 2019 e 2020. Todavia, esse resultado não se esgota em si mesmo, pois foi observada uma pequena redução do desmatamento dois anos após o cadastramento no CAR, para todos os imóveis inscritos entre 2014 a 2018. Analisando por tamanho de imóvel, aqueles categorizados como “pequenos” demonstram impacto de redução do desmatamento para todos os imóveis cadastrados entre 2014 a 2019, sobretudo nos primeiros anos da política. Os imóveis considerados médios e grandes apresentaram aumento do desmatamento nos anos de 2018 e 2019, respectivamente.

Quanto ao Bioma Cerrado, as estimativas sugerem que houve impacto do CAR em todos os grupos de imóveis cadastrados entre os anos de 2014 a 2019, os quais aumentaram o desmatamento. Em 2018 também é possível observar um aumento não desejado do desmatamento na ordem de 0,0097 km² em média.

Para os imóveis pequenos constata-se redução do desmatamento, em especial para o grupo que se inscreveu em 2015. No efeito de grupo para aqueles inscritos entre 2014 a 2017; assim como 2014 a 2016 e 2014 a 2015; observa-se que a redução do desmatamento ocorre no terceiro período, depois no terceiro e quarto; e por fim no terceiro, quarto e quinto períodos subsequentes. Nos

imóveis médios ocorre redução do desmatamento para os grupos que entraram entre 2014 e 2017, aumentando quando se analisa o ano de 2018. Para os grandes, de forma análoga, ocorre redução em 2016 e aumento do desmatamento em 2018.

Por fim, é importante deixar claro que pode haver desmatamento nos imóveis para atividades produtivas, desde que dentro dos limites permitidos pelo novo Código Florestal. Assim, para verificar se realmente os imóveis estão dentro das regras estabelecidas, é necessário um estudo que realize os mesmos procedimentos, entretanto, levando em consideração o índice de conformidade ambiental.

Acerca dos resultados encontrados na aplicação do método GPS, ressalta-se a relação negativa observada entre a intensidade do tratamento (percentual de área cadastrada no CAR) e o comportamento do desmatamento no interior dos imóveis dos municípios brasileiros. Importante salientar que a aplicação desse método não pretende indicar relação causal, sendo necessários estudos posteriores.

IV. RECOMENDAÇÕES

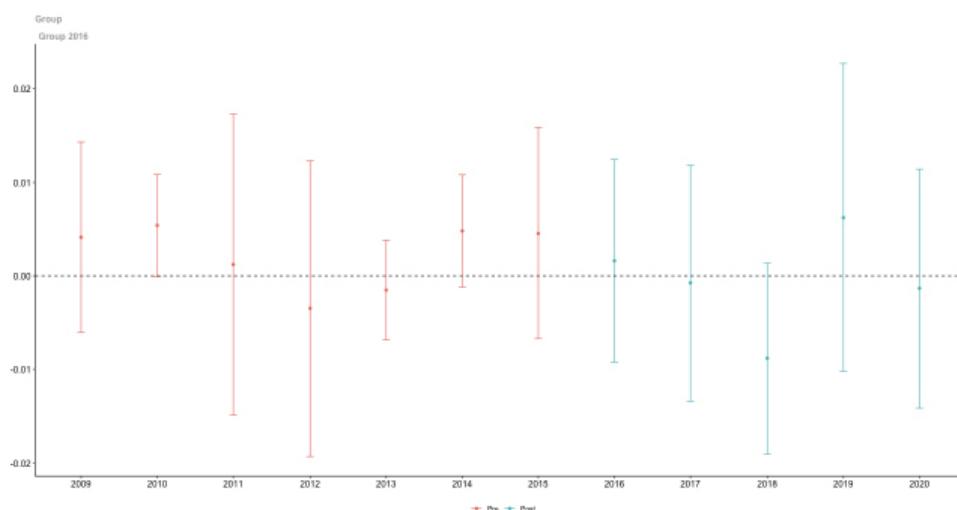
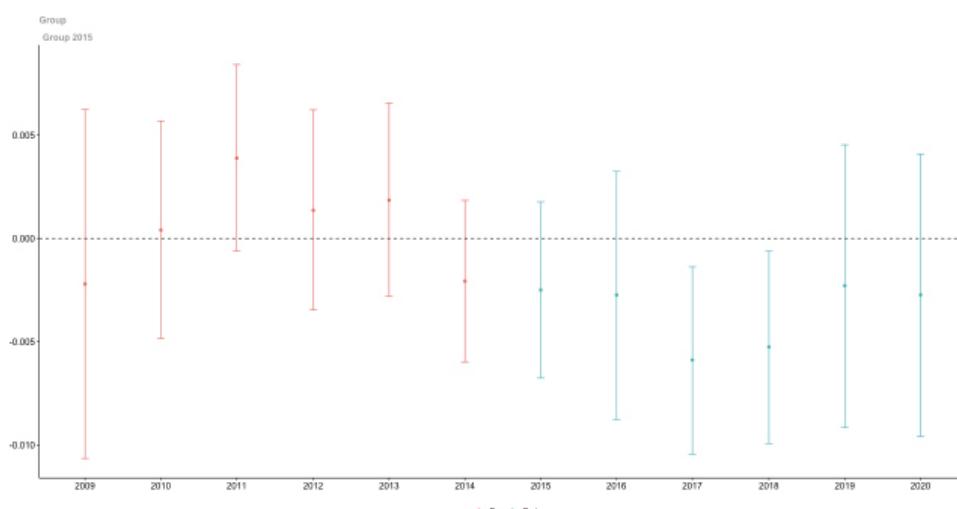
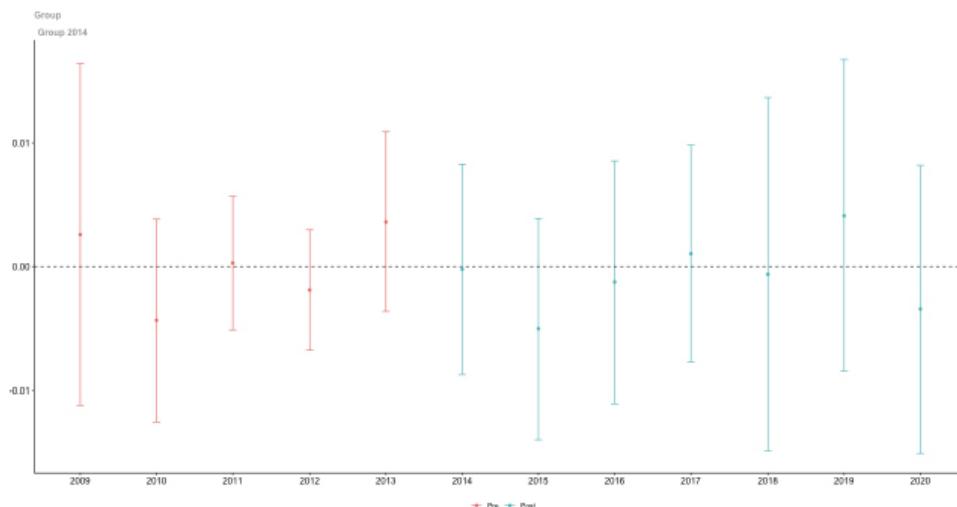
- 1.** Que o SFB execute ações a partir da utilização de evidências, de forma sistemática, disponíveis em estudos, avaliações, monitoramento por meio de indicadores, e outros instrumentos de coleta de dados e informações confiáveis, na construção e implementação de políticas públicas e, especificamente, no monitoramento e futuras avaliações da Política Pública do CAR, e seus desdobramentos na Programa de Regularização Ambiental.
- 2.** Que as autoridades competentes adotem ações efetivas (proativas, em larga escala) com base nos dados disponíveis no SICAR, garantindo a identificação de crimes ambientais relacionados à supressão de vegetação nativa, assim como para sanção aos responsáveis, inclusive em relação à sobreposição de terras públicas com as áreas de propriedades declaradas no SICAR.
- 3.** Que o SFB analise a possibilidade de utilização dos dados já cadastrados no Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF), para validação das informações e dados inseridos no CAR, como forma de acelerar a análise dos cadastros do SICAR, ou seja, que haja integração operacional entre as bases de dados dos dois Sistemas.
- 4.** Que o SFB reveja as opções de extração de dados, haja vista a utilização de “captchas” na página do SICAR quando o usuário deseja realizar o download das informações. Os “captchas” dificultam a utilização de ferramentas inteligência artificial para extração dos dados, impactando diretamente na acessibilidade dos dados à sociedade civil e grupos interessados em realizar estudos a partir das informações do Cadastro Ambiental Rural.

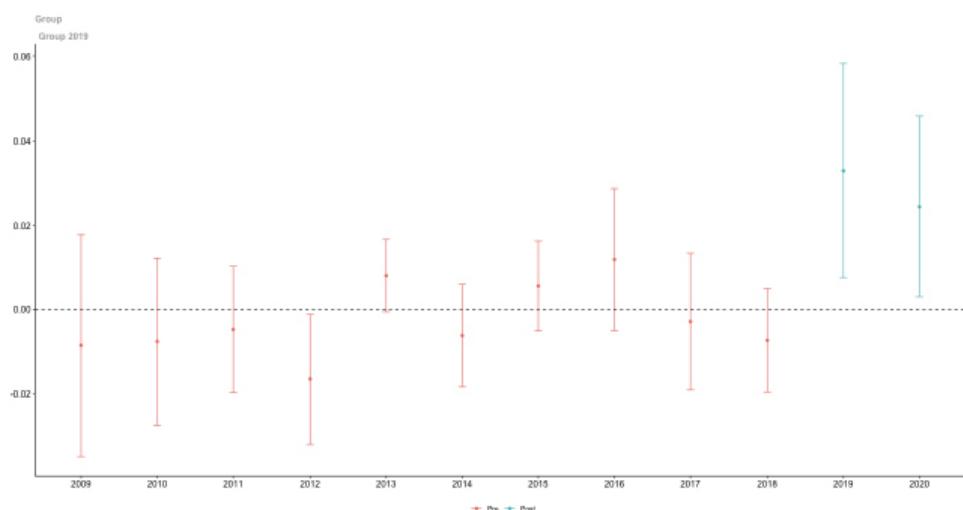
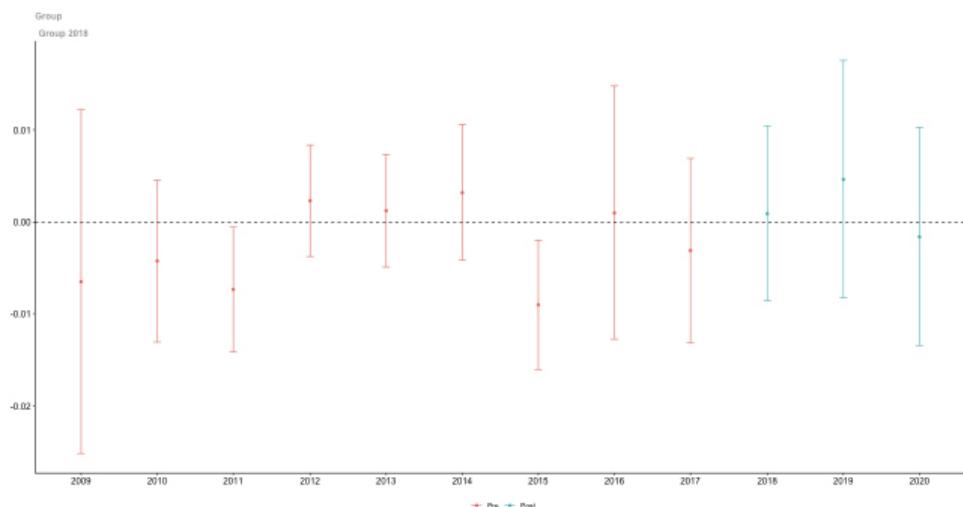
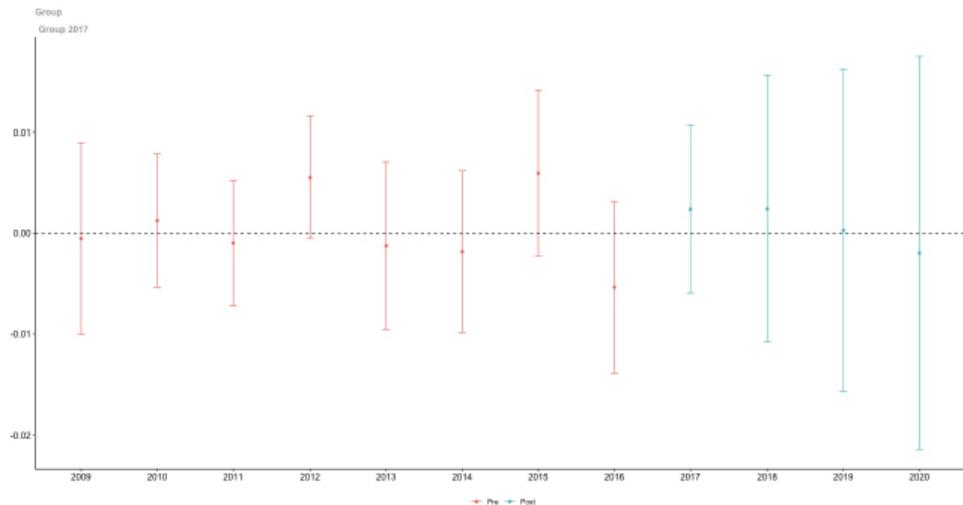
V. REFERÊNCIAS

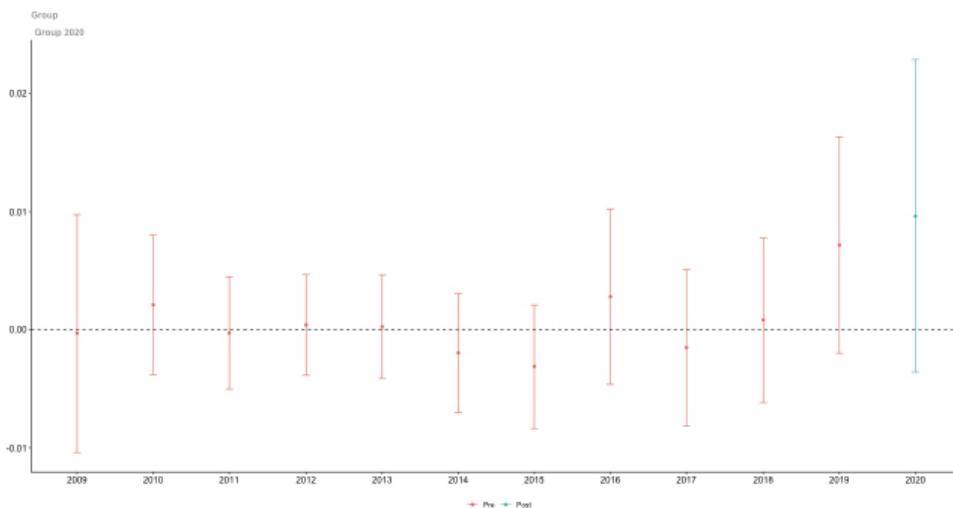
- ALENCAR, Ane *et al.* Amazônia em chamas: o novo e alarmante patamar do desmatamento na Amazônia. IPAM Amazônia, p. 1-21, 2022. Disponível em: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2022/02/Amaz%C3%A9nia-em-Chamas-9-pt_vers%C3%A3o-final-2.pdf>.
- BRASIL. Casa Civil. Avaliação de políticas públicas: guia prático de análise ex post. Brasília: Casa Civil da Presidência da República, 2018. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=34504>.
- CALLAWAY, Brantly; SANT'ANNA, Pedro HC. Difference-in-differences with multiple time periods. *Journal of Econometrics*, v. 225, n. 2, p. 200-230, 2021.
- CAZULA, Leandro Pansonato. O Cadastro Ambiental Rural (CAR) nas estratégias de grilagem de terras na Amazônia: o caso da gleba Pacoval, Pará. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- CORSEUIL, Carlos Henrique; FOGUEL, Miguel Nathan; RUSSO, Felipe Mendonça. Avaliação de impacto do Programa de Geração de Emprego e Renda (Proger). Texto para Discussão, 2021.
- FG ASSIS, Luiz Fernando *et al.* TerraBrasilis: a spatial data analytics infrastructure for large-scale thematic mapping. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 8, n. 11, p. 513, 2019.
- GERTLER, Paul J. *et al.* Avaliação de Impacto na Prática, segunda edição. World Bank Publications, 2018.
- HIRANO, Keisuke; IMBENS, Guido W. The propensity score with continuous treatments. *Applied Bayesian modeling and causal inference from incomplete-data perspectives*, v. 226164, p. 73-84, 2004.
- IPAM (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia). "Florestas públicas não destinadas e grilagem", sem data. Disponível em: <<https://ipam.org.br/florestas-publicas-nao-destinadas-e-grilagem/>>. Acesso em 31 de março de 2022.
- MOREIRA, Eliane. O cadastro ambiental rural: a nova face da grilagem na Amazônia. Associação Brasileira dos Membros do Ministério Público de Meio Ambiente, v. 7, 2016. Disponível em: <<https://abrampa.org.br/abrampa/site/index.php?ct=conteudoEsq&id=230&modulo=NOT%C3%8DCIA>>. Acesso em: 31 mar. 2022
- SOUZA, Géssica Cardoso *et al.* Cadastro Ambiental Rural: Uma análise exploratória de indicadores ambientais. 2022a. Disponível em: <<http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/7416>> Acesso em 26 de abr de 2023.
- SOUZA, Géssica Cardoso *et al.* Cadastro Ambiental Rural: impactos sobre desmatamento e a conformidade ambiental dos imóveis rurais. 2022b. Disponível em: <<https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/7592>> Acesso em 26 de abr de 2023.

VI. APÊNDICE

Figura 5- Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Amazônia

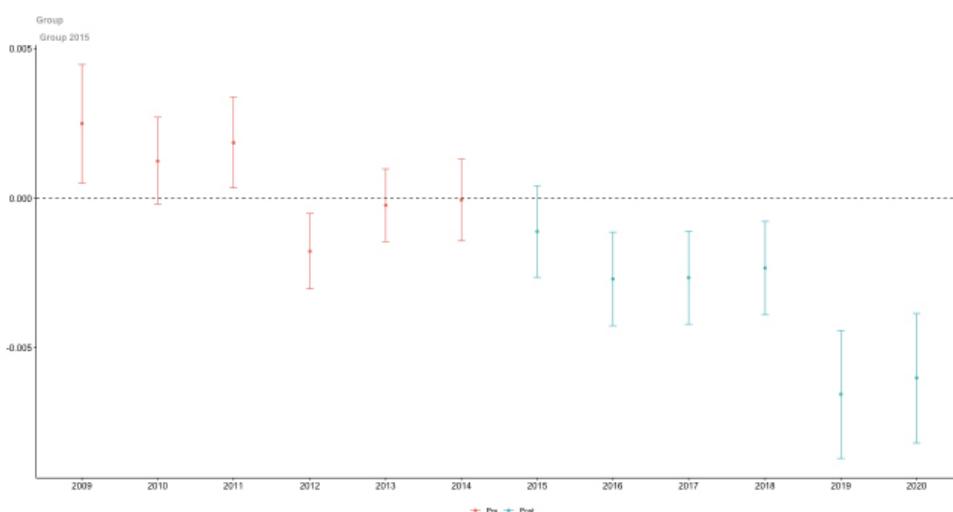
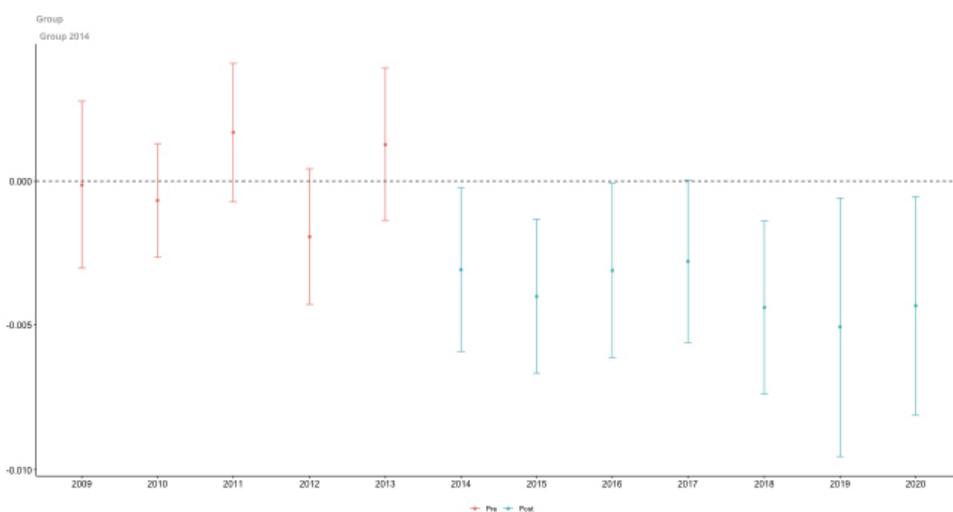


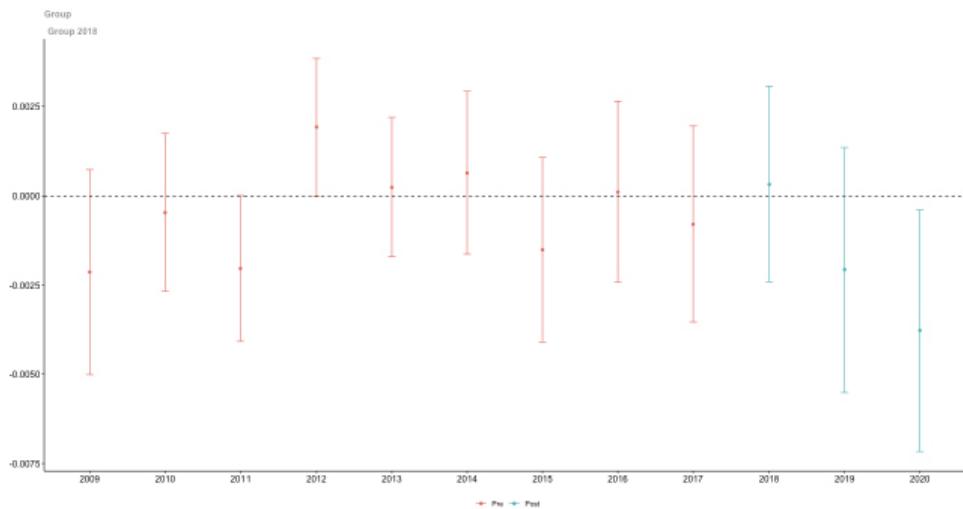
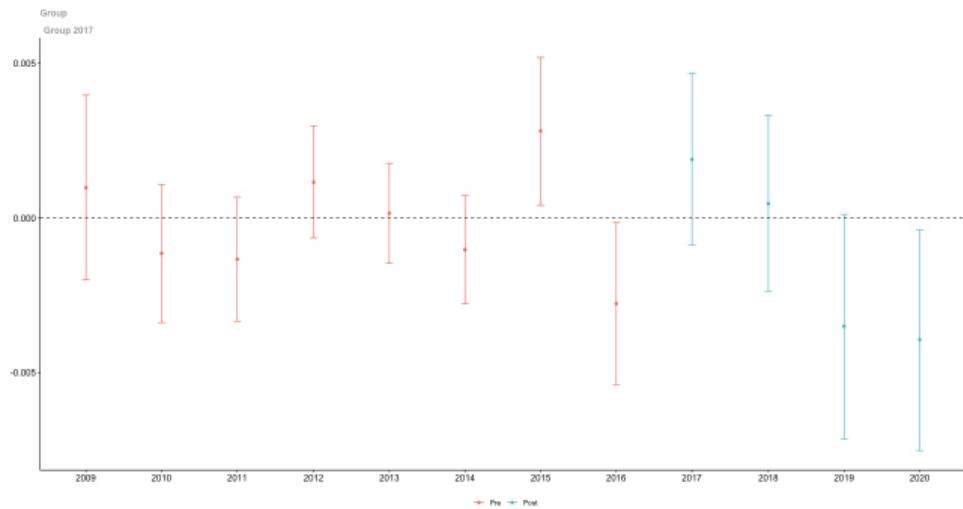
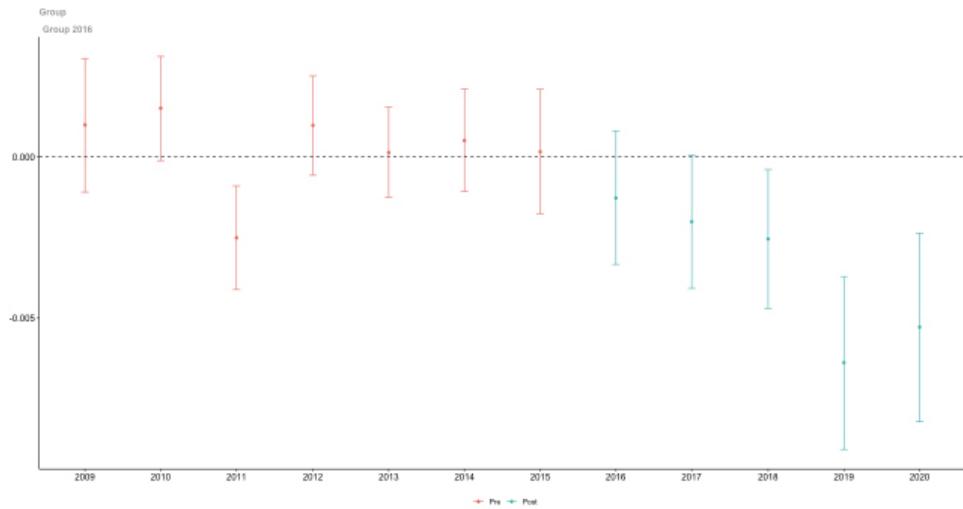


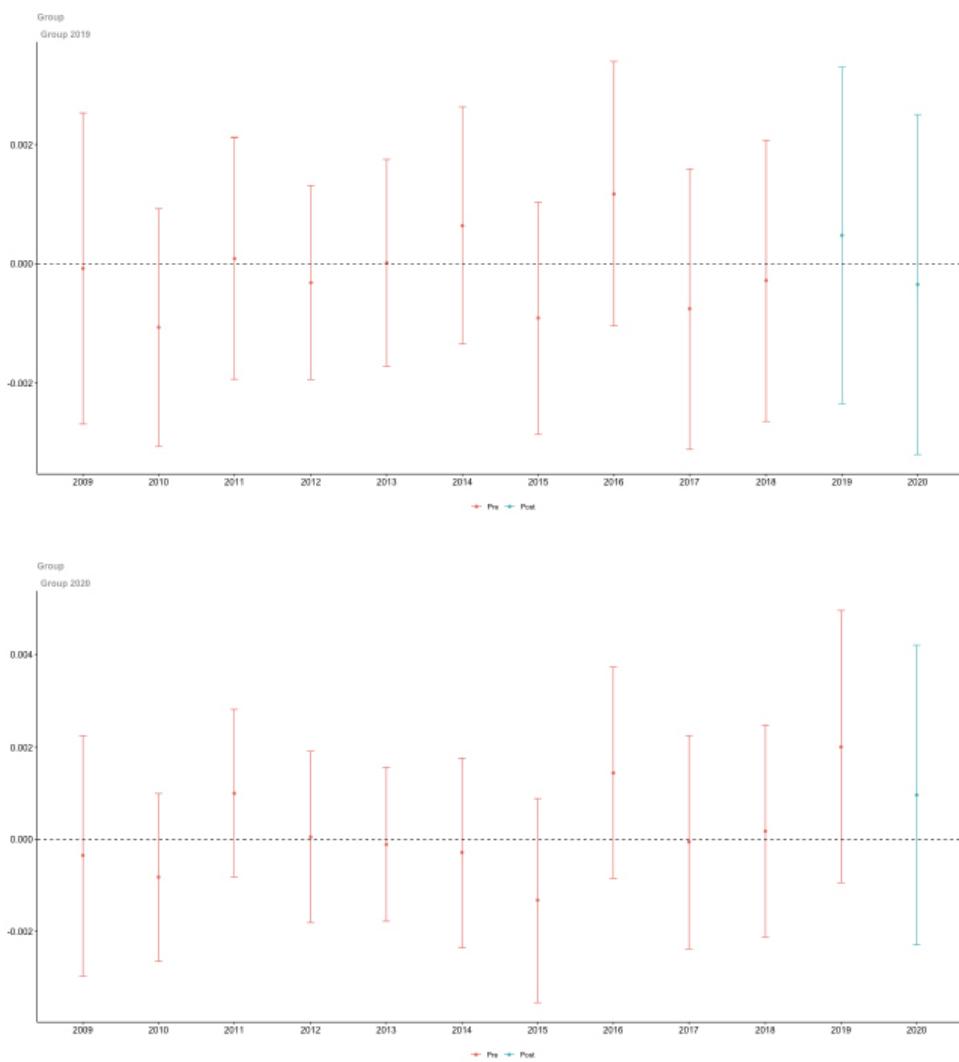


Fonte: Elaboração própria

Figura 6 - Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais pequenos que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Amazônia

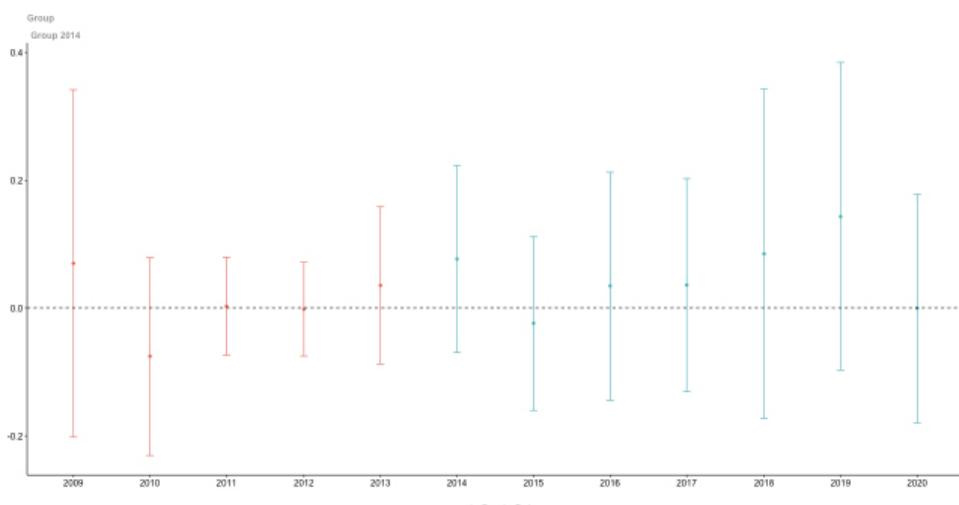


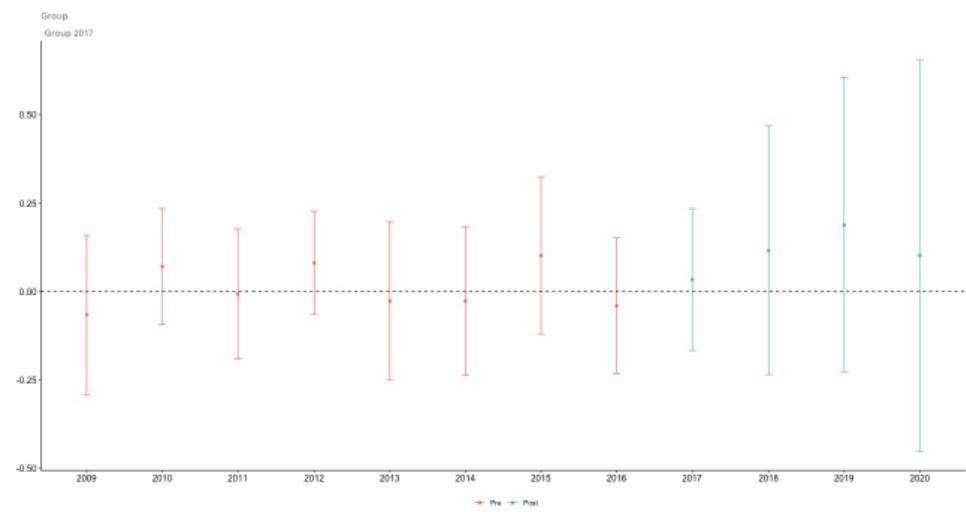
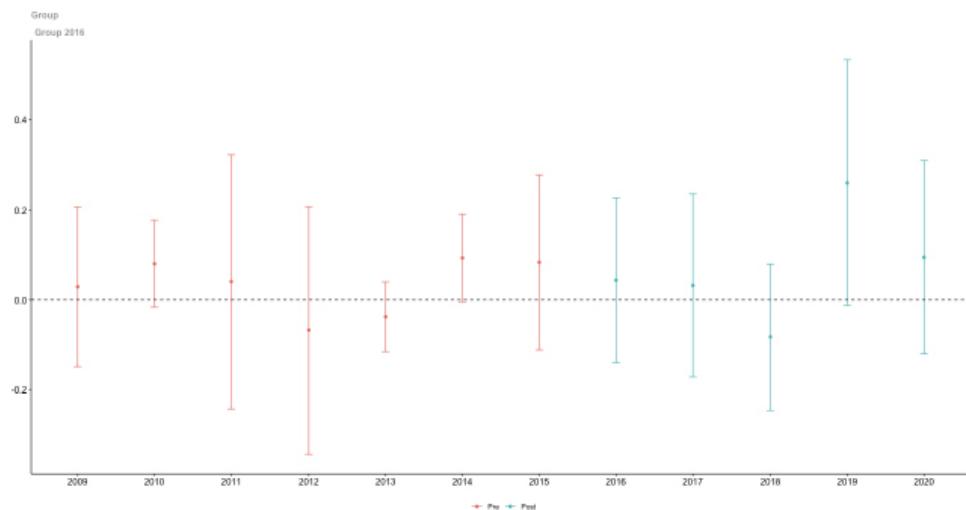
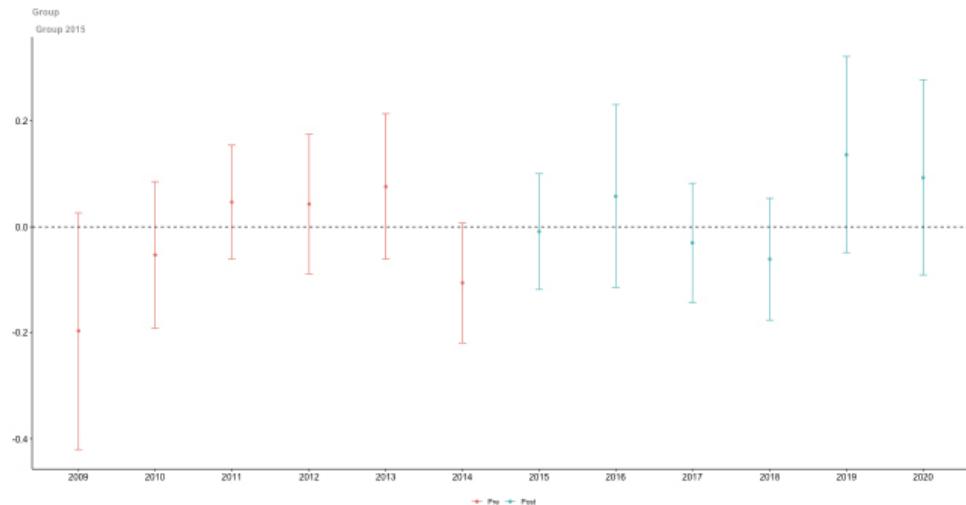


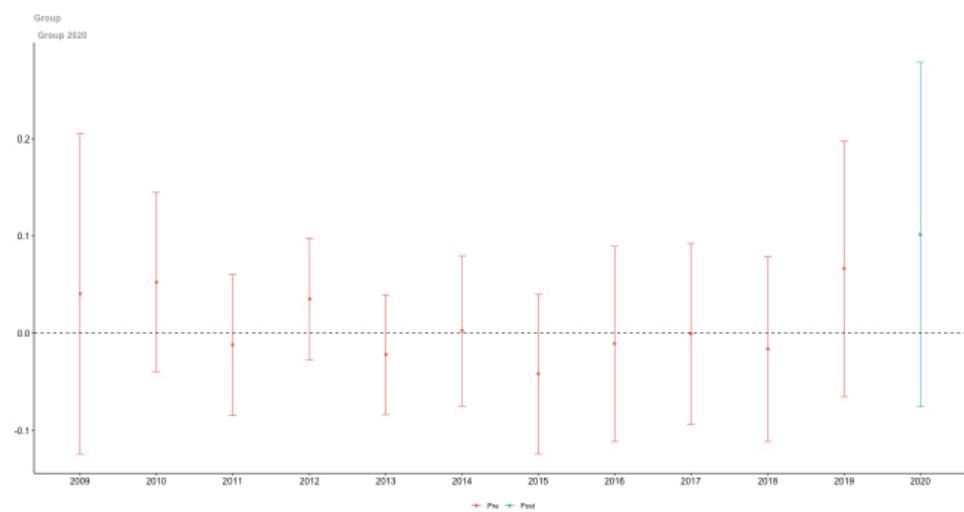
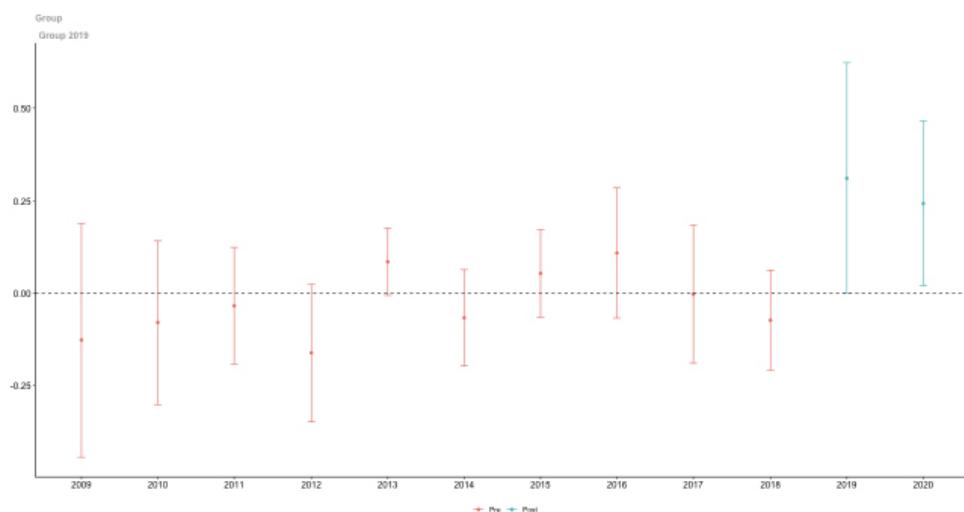
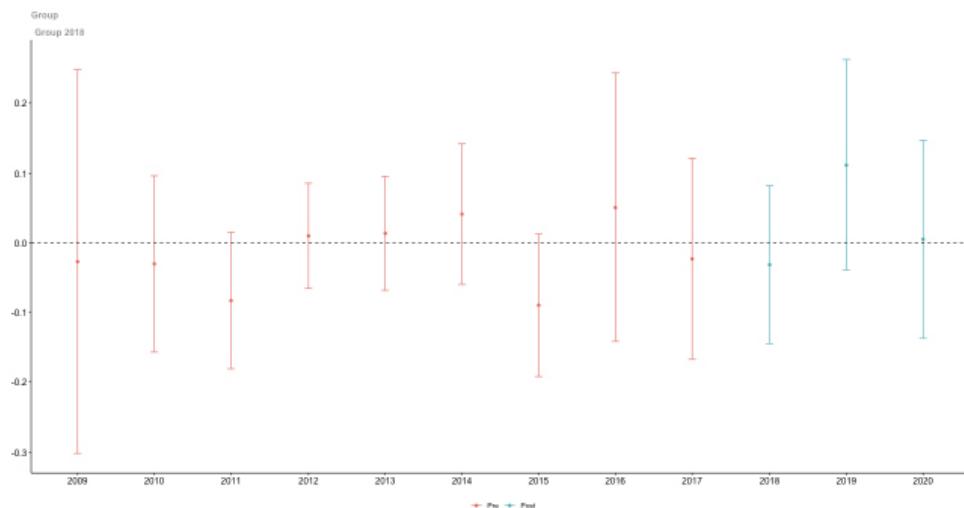


Fonte: Elaboração própria

Figura 7- Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais médios que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Amazônia

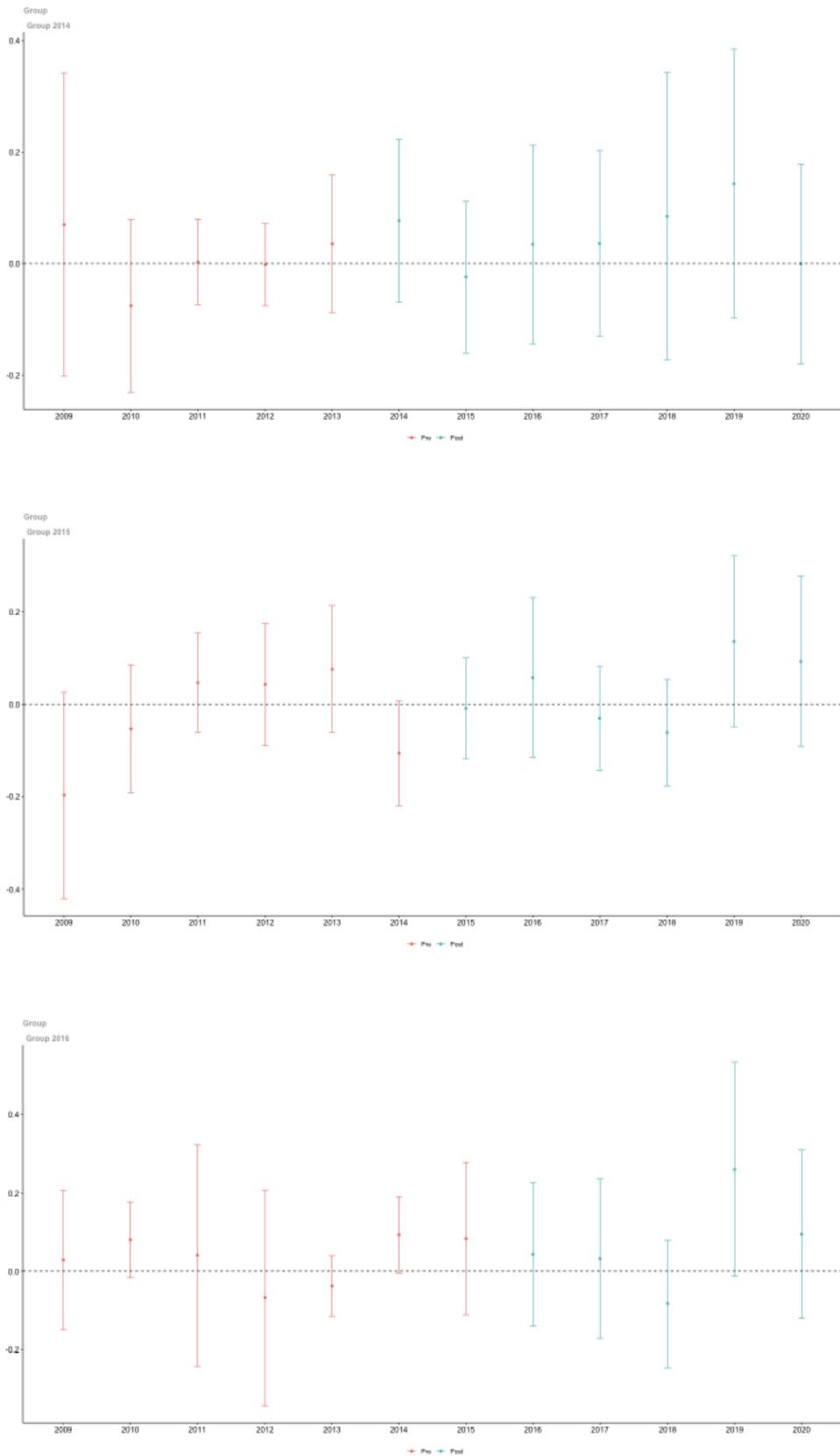


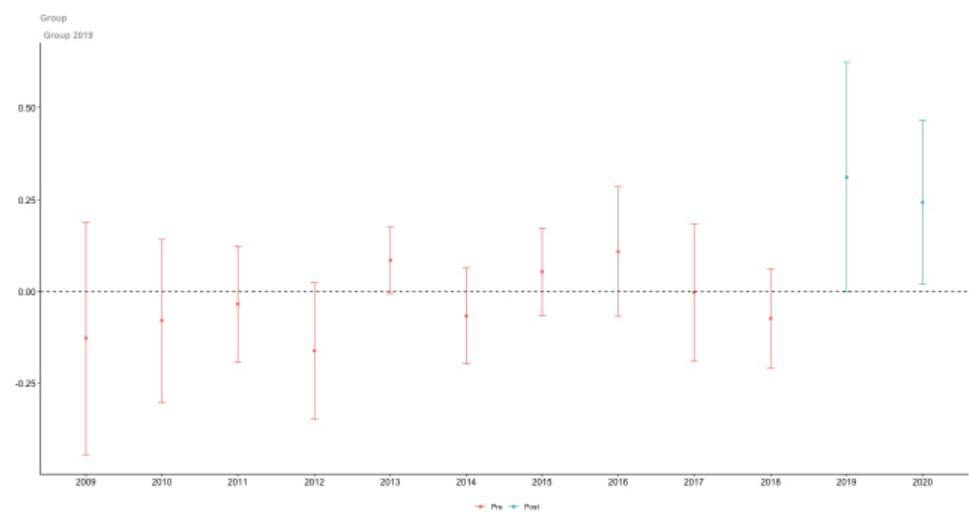
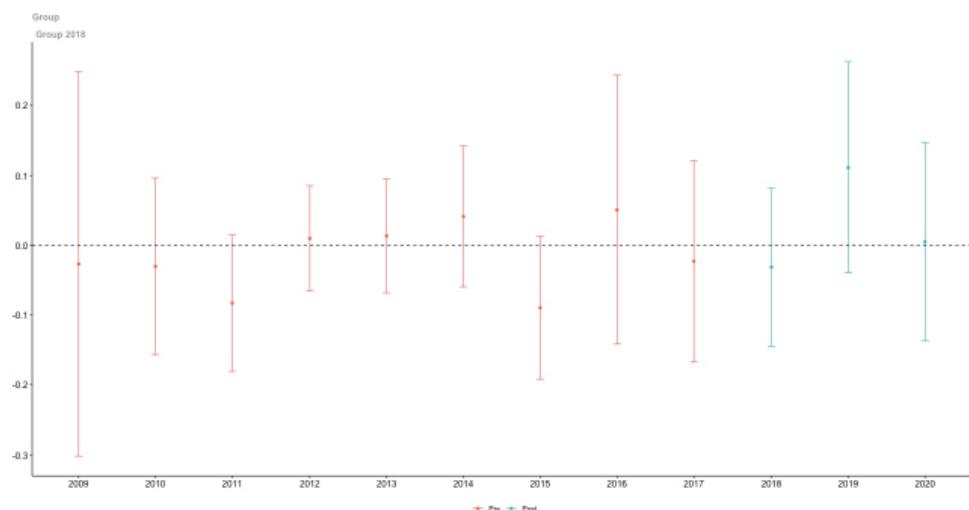
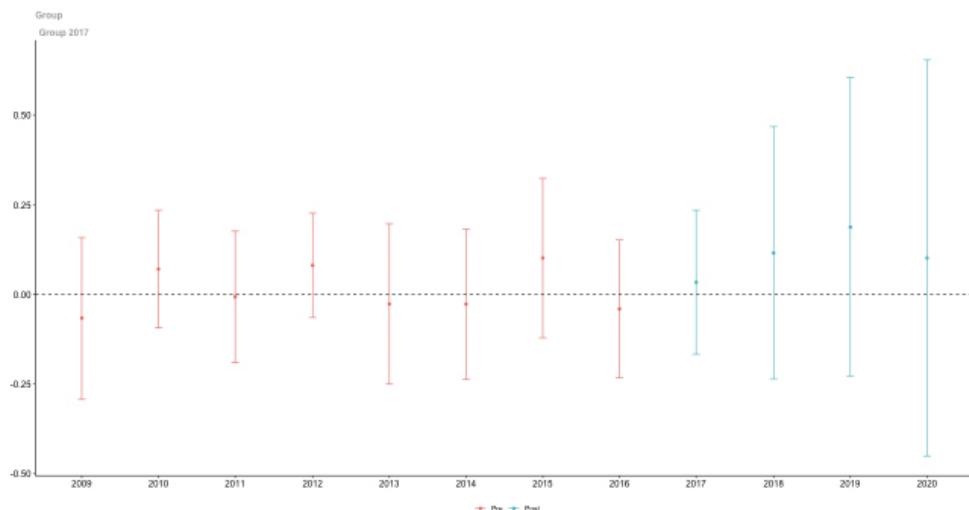


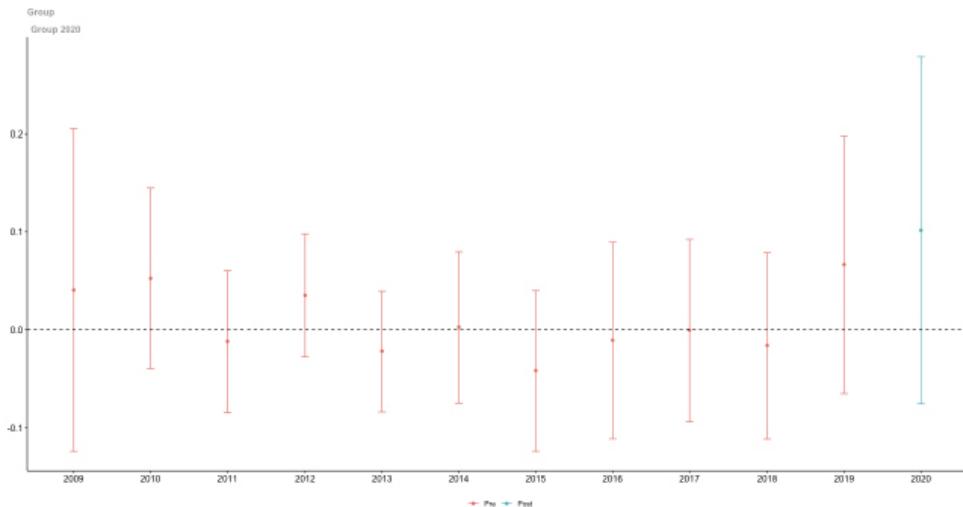


Fonte: Elaboração própria

Figura 8 - Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais grandes que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Amazônia

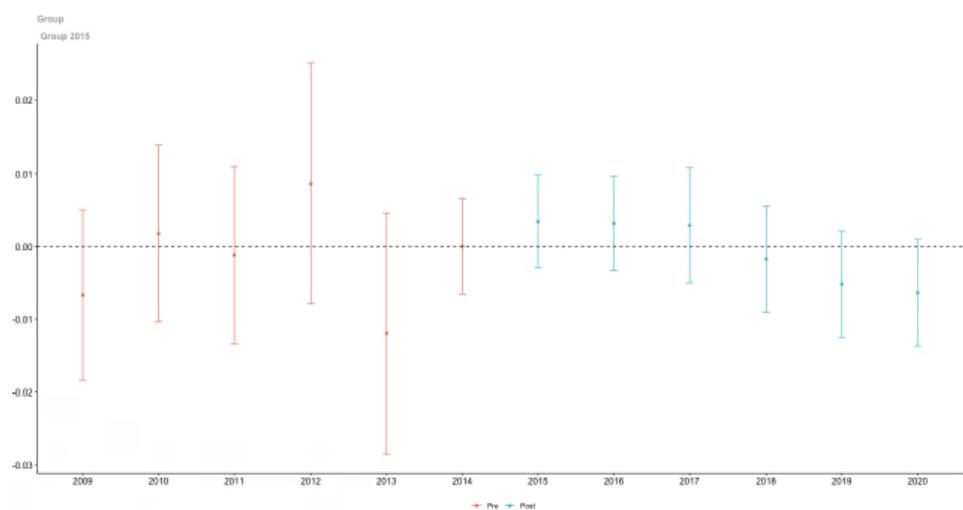
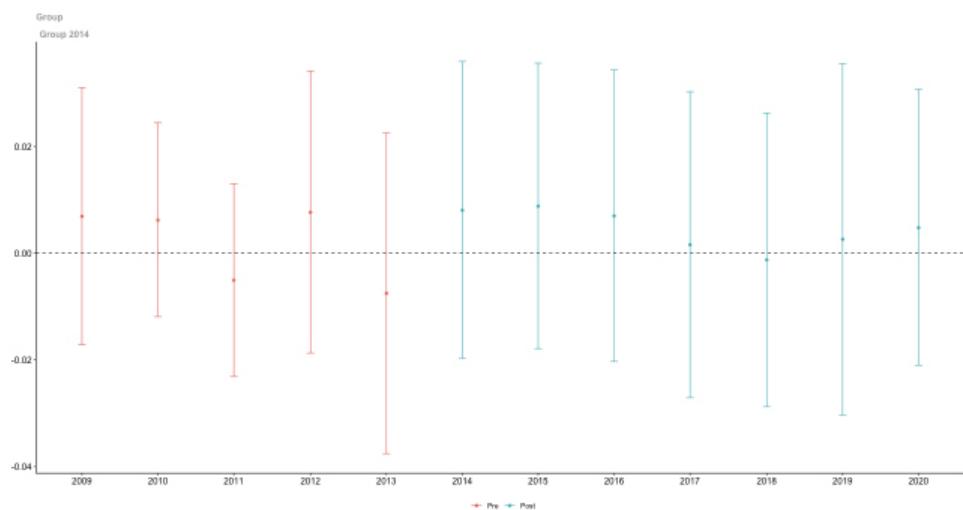


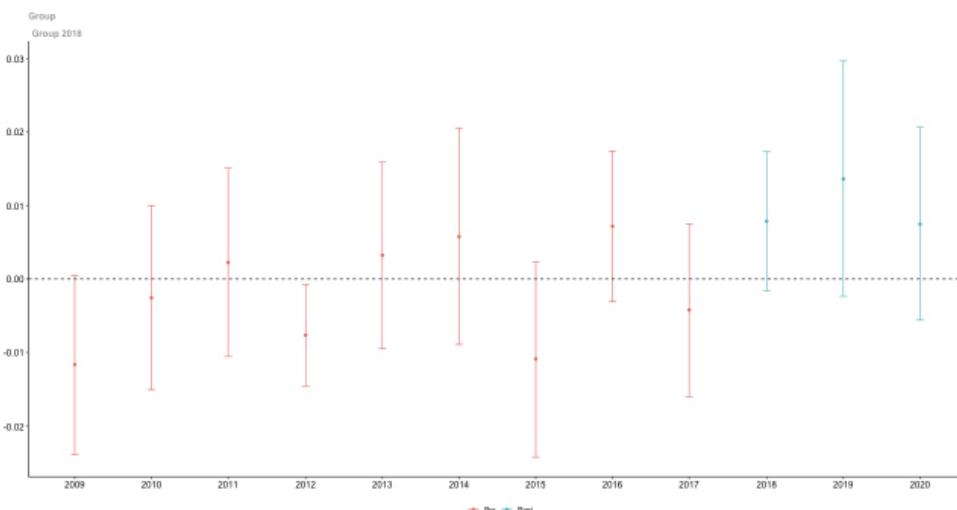
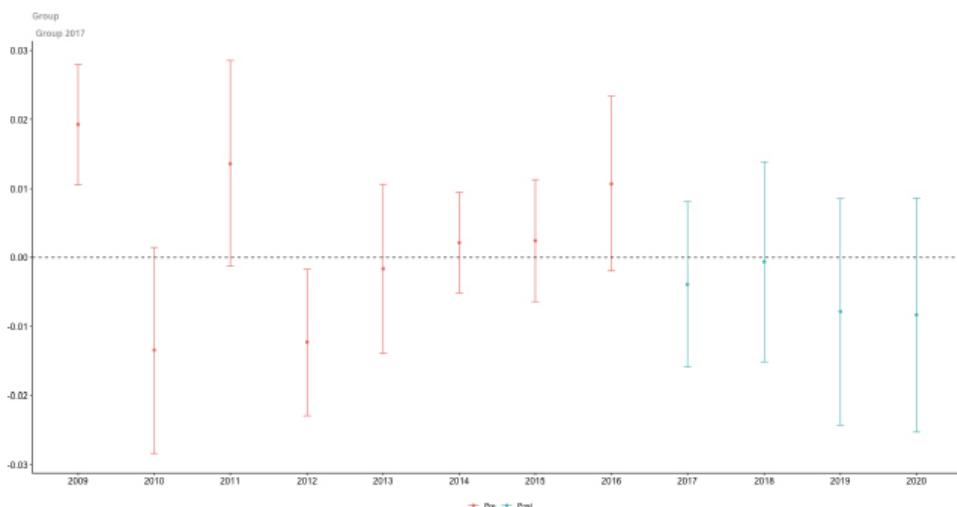
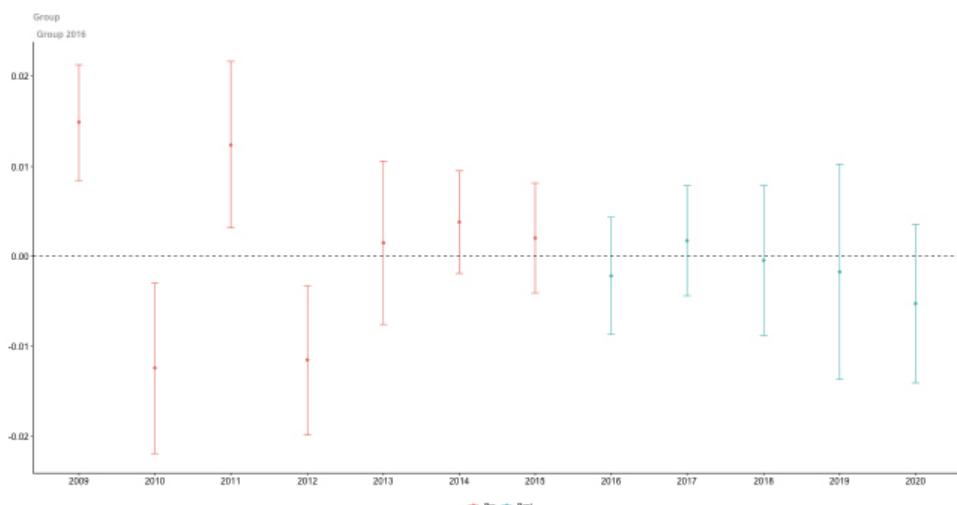


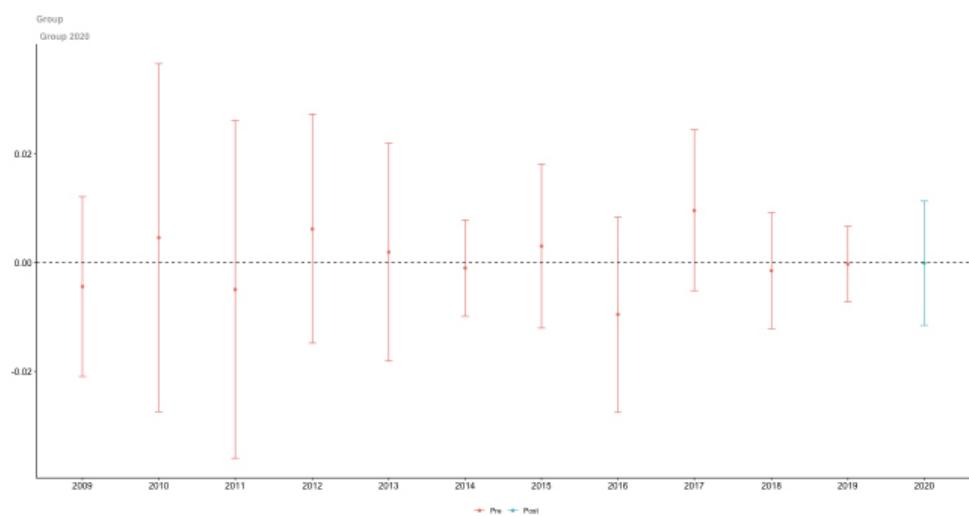
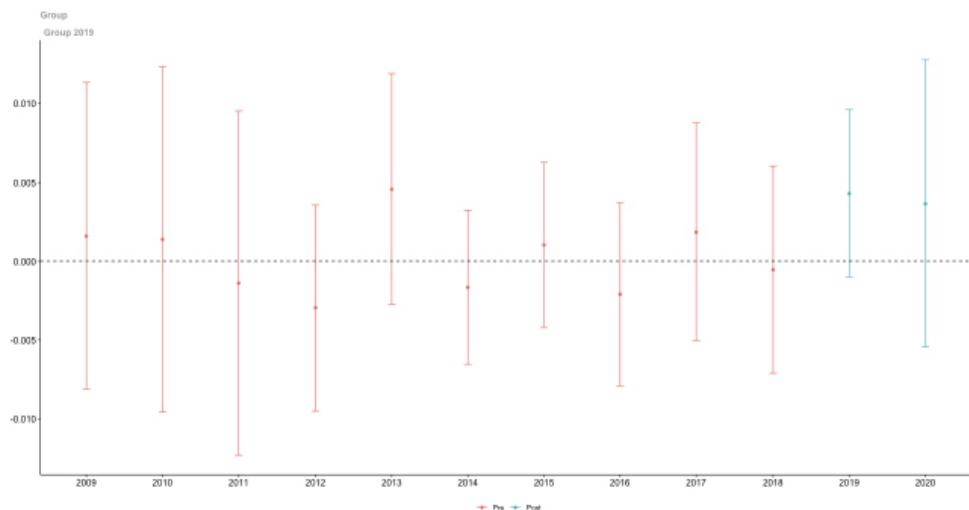


Fonte: Elaboração própria

Figura 9 - Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Cerrado

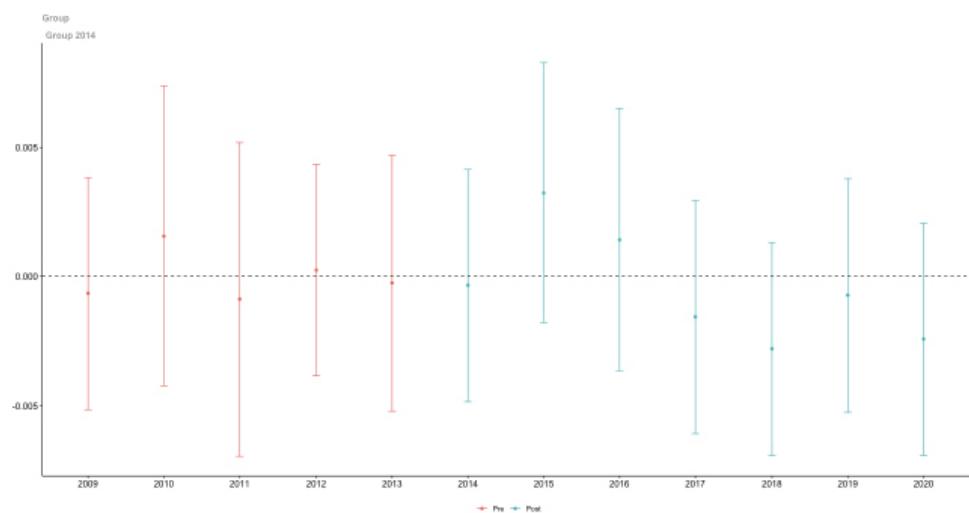


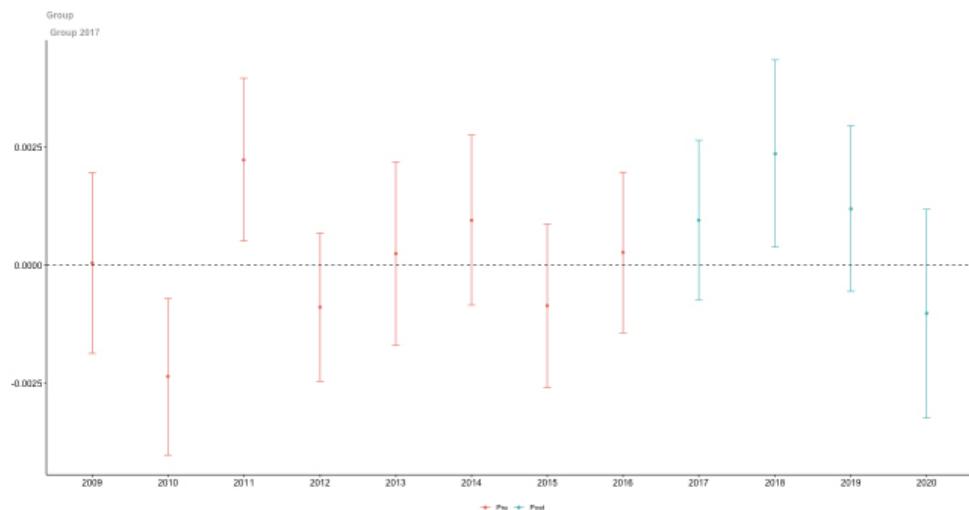
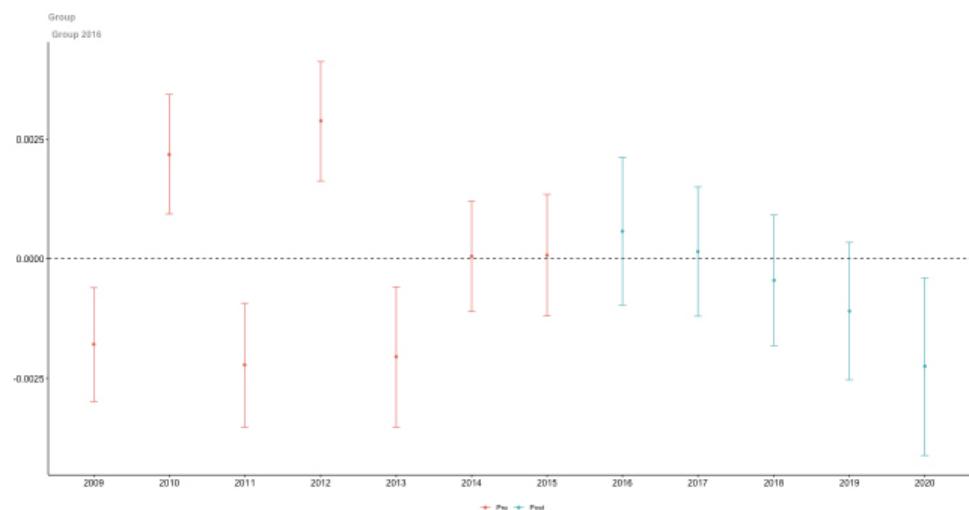
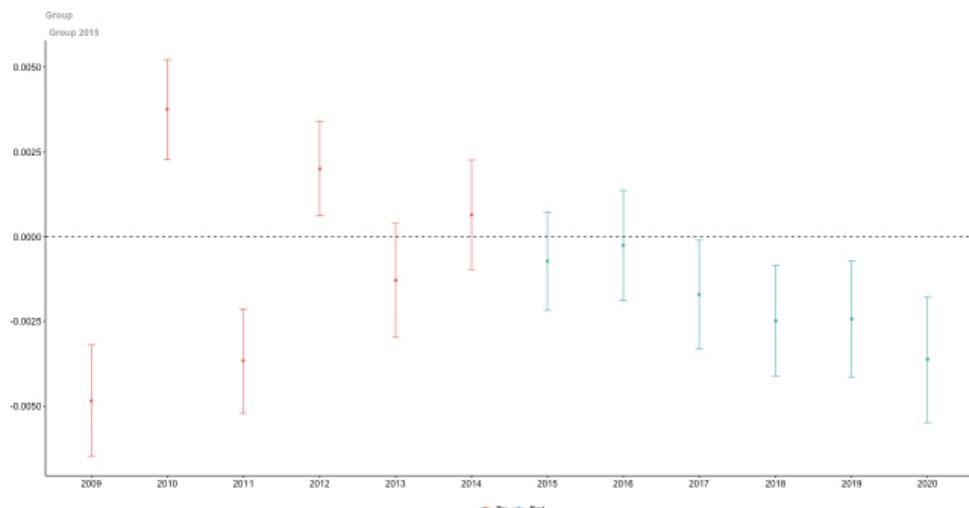


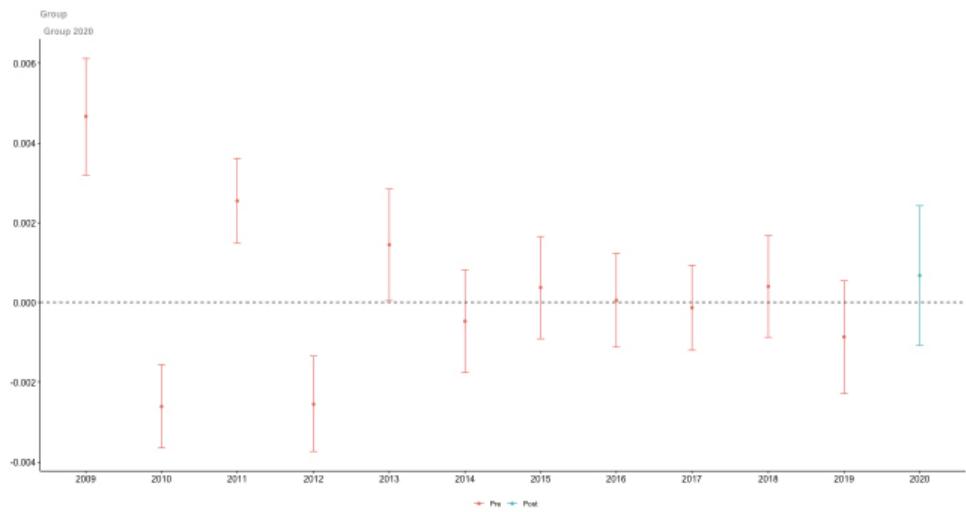
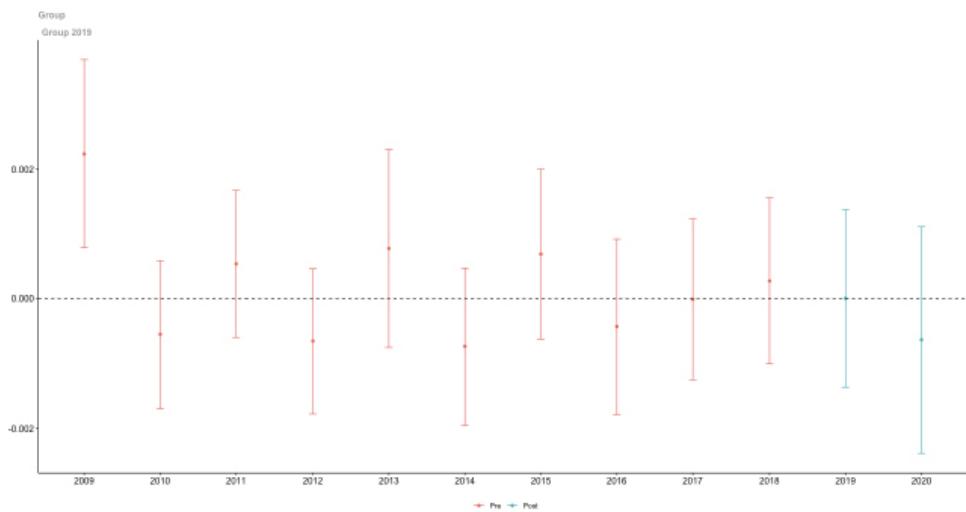
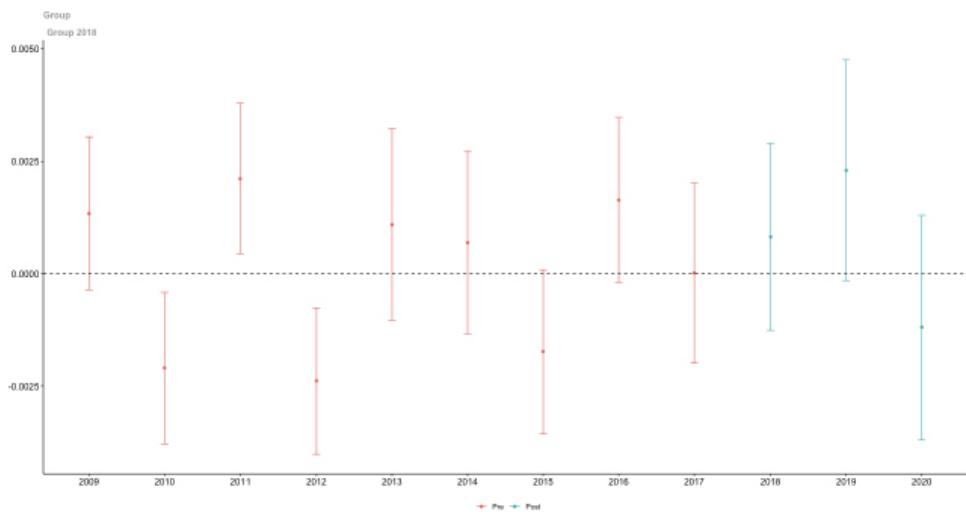


Fonte: Elaboração própria

Figura 10 - Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais pequenos que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Cerrado

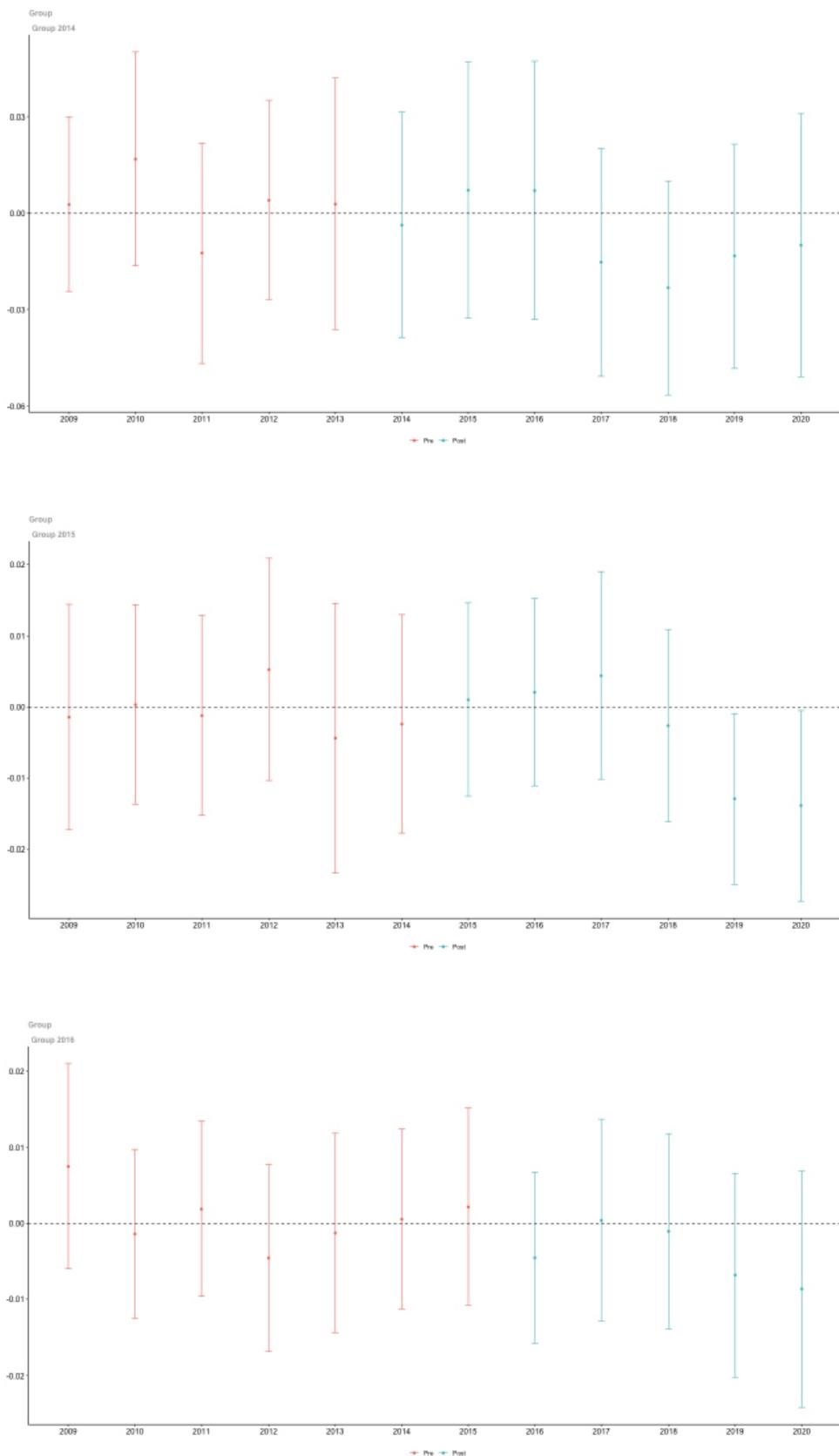


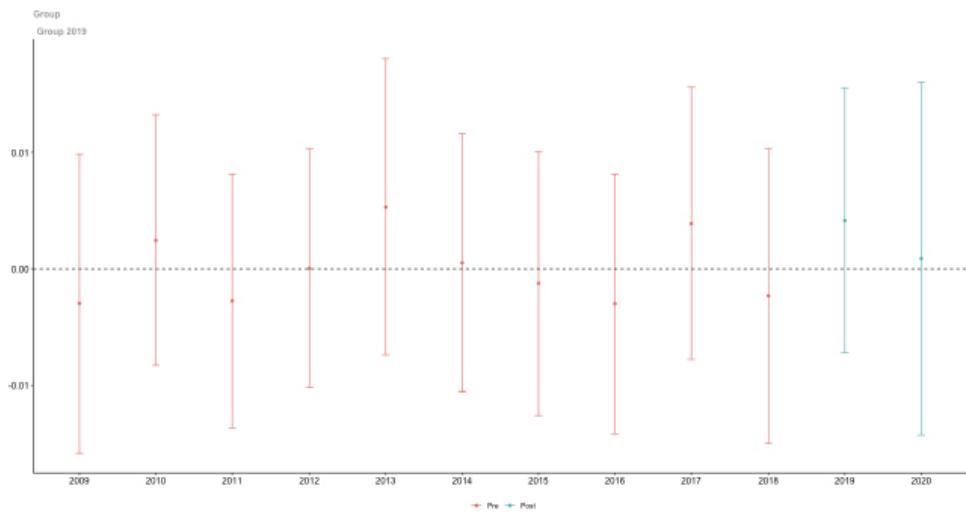
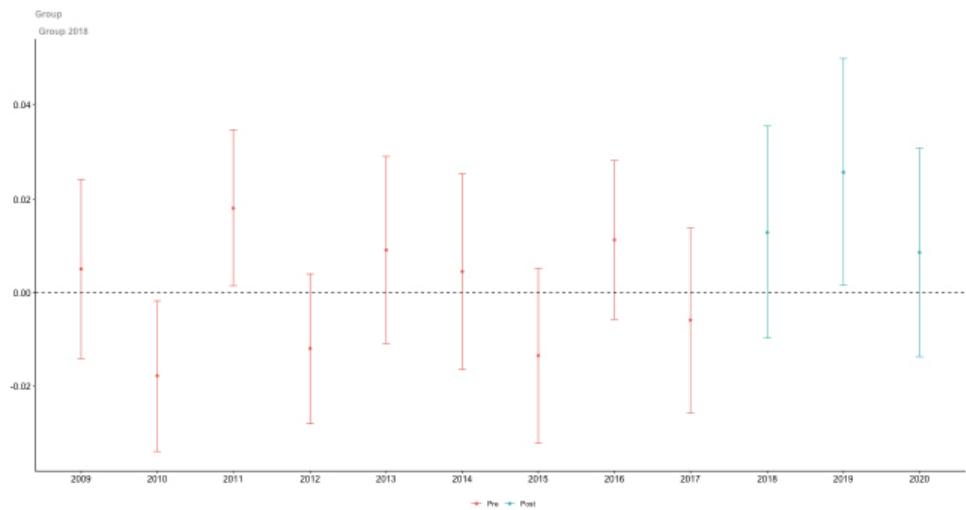
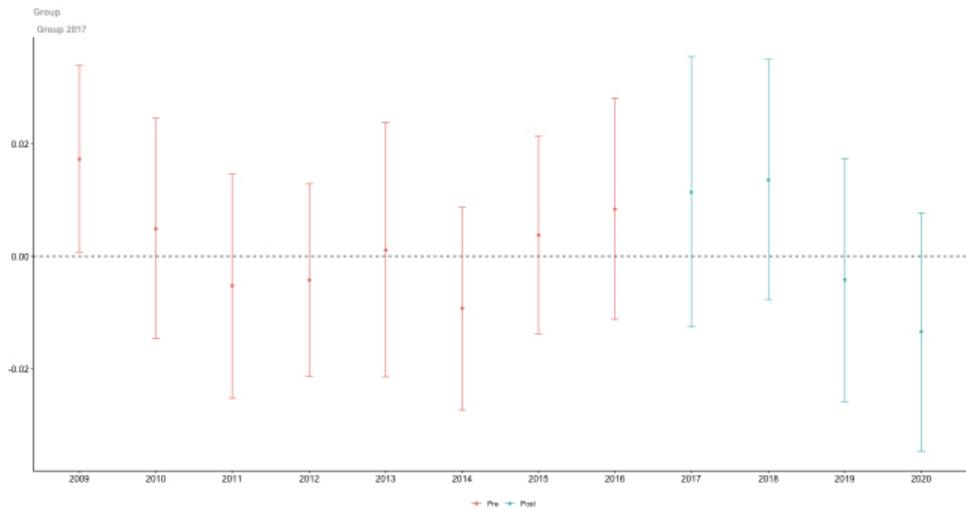


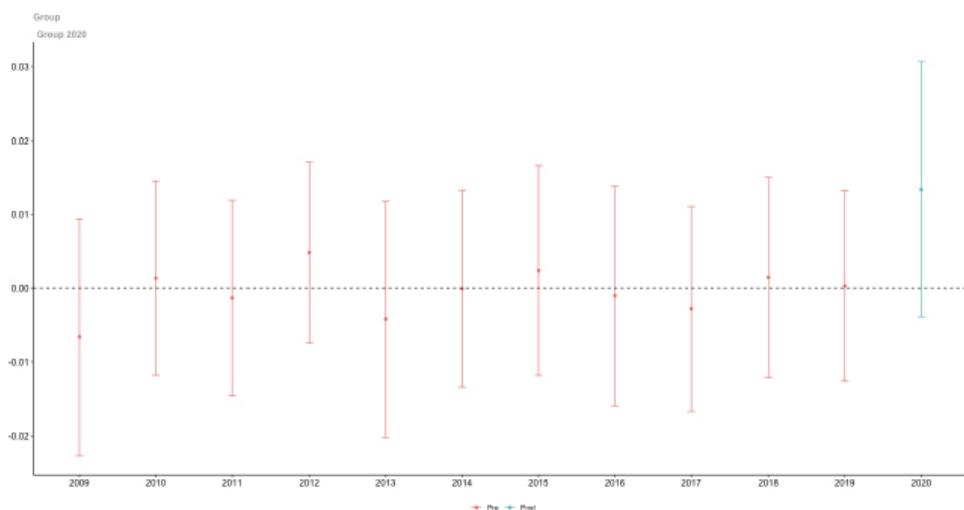


Fonte: Elaboração própria

Figura 11 - Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais médios que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Cerrado

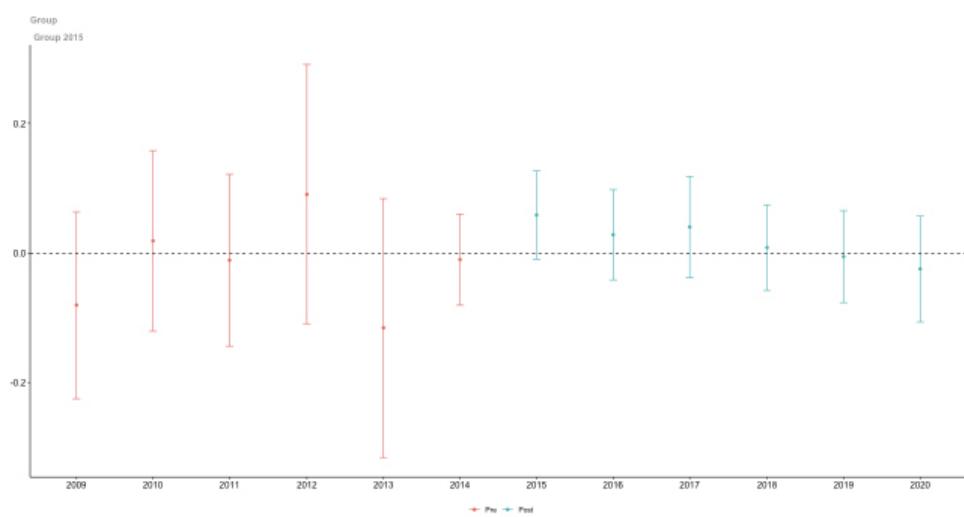
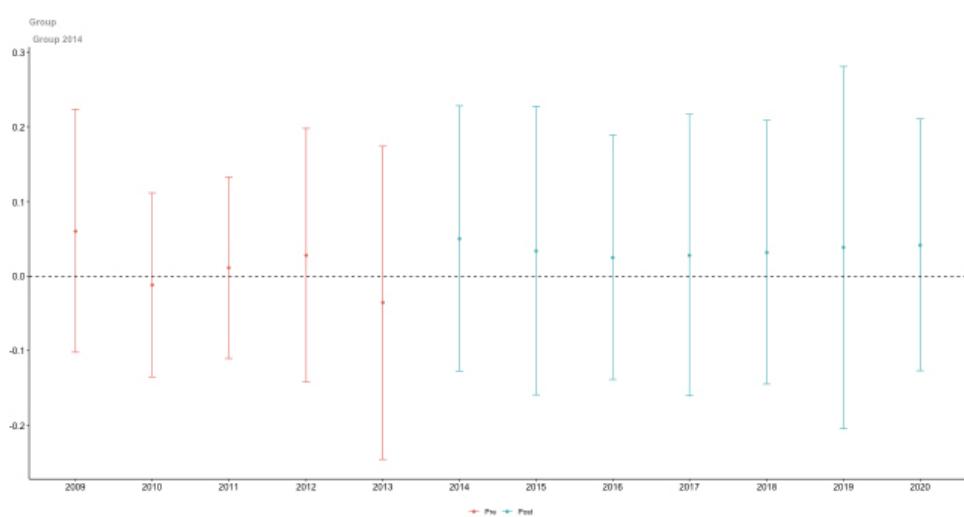


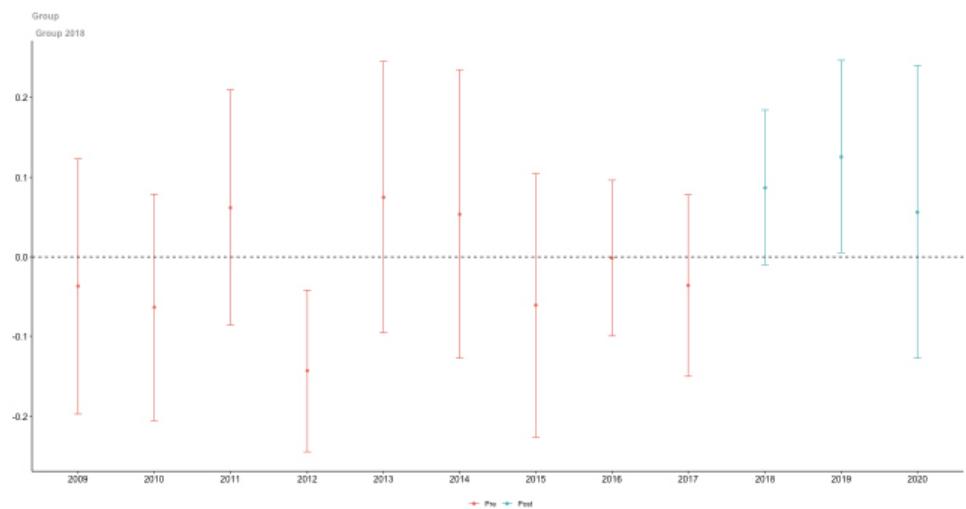
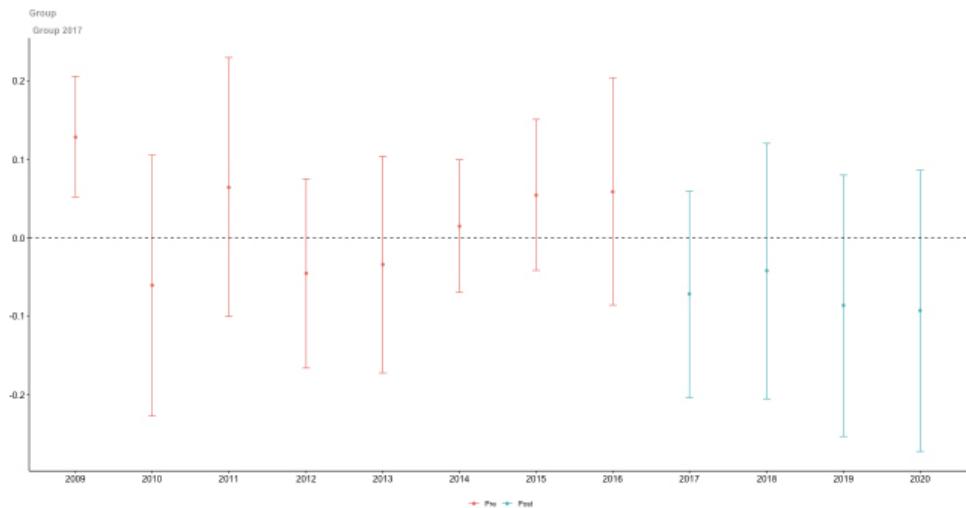
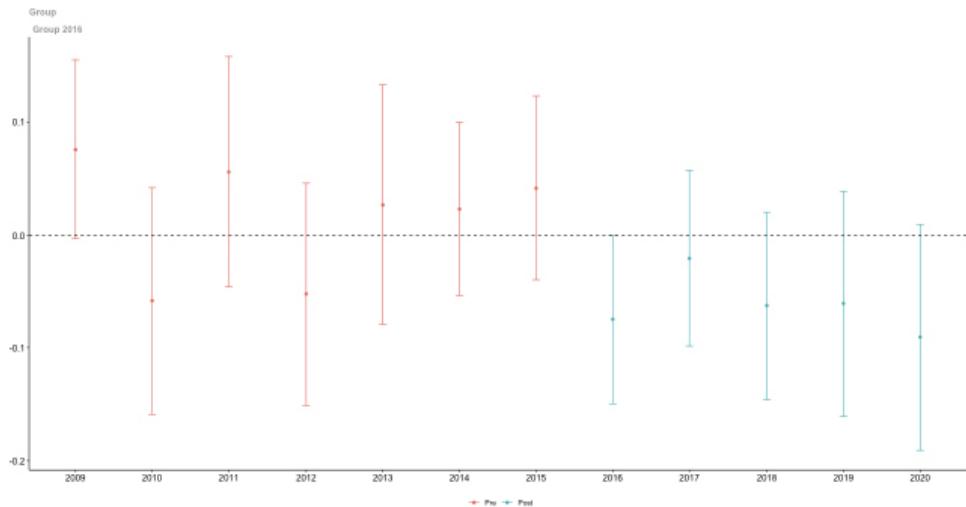


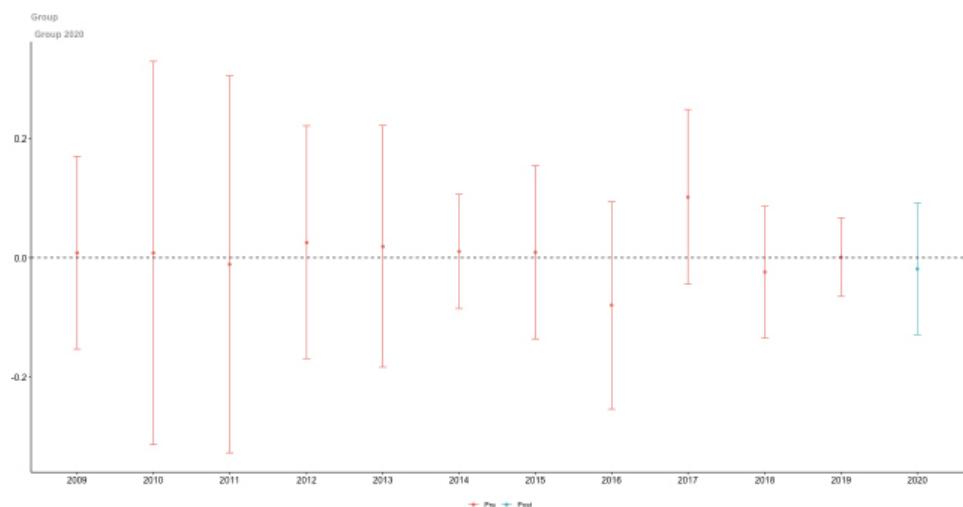
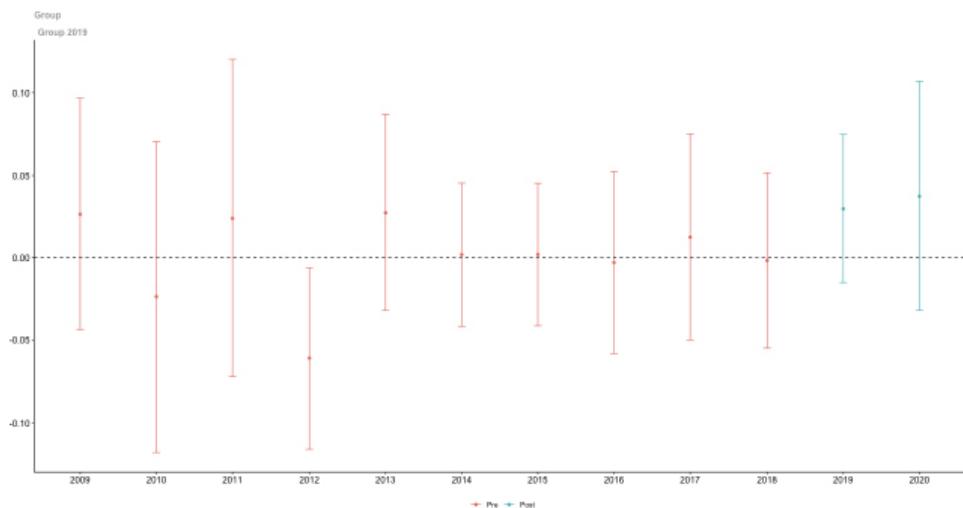


Fonte: Elaboração própria

Figura 12 - Teste de tendências paralelas do CAR sobre o desmatamento nos imóveis rurais grandes que se inscreveram na política a partir de 2014, localizados no Bioma Cerrado







Fonte: Elaboração própria



A wide-angle aerial photograph of a rural landscape, showing a patchwork of green and brown agricultural fields. The fields are organized into long, narrow strips, likely due to irrigation or harvesting patterns. In the distance, small clusters of houses and buildings are visible. The sky above is filled with large, white, billowing clouds against a bright blue sky.

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA
E PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL



UNIÃO E RECONSTRUÇÃO