

**ANDREZA DA SILVA PEREIRA DA CONCEIÇÃO**

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA LEI PELO REGULADOR NA AMAZÔNIA  
LEGAL BRASILEIRA ENTRE 2002 E 2019**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao  
Curso de Economia da Universidade de São  
Paulo como requisito parcial para a obtenção do  
título de graduação.

Orientador: André Chagas

**SÃO PAULO**

**2021**

**ANDREZA DA SILVA PEREIRA DA CONCEIÇÃO**

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA LEI PELO REGULADOR NA AMAZÔNIA  
LEGAL BRASILEIRA ENTRE 2002 E 2019**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao  
Curso de Economia da Universidade de São  
Paulo como requisito parcial para a obtenção do  
título de graduação.

Orientador: André Chagas

**SÃO PAULO**  
**2021**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

Da Silva Pereira da Conceição, Andreza

Avaliação da Aplicação da Lei Pelo Regulador na Amazônia Legal Brasileira  
Entre 2002 e 2019 – São Paulo - SP, 2021.

73 páginas

Área de concentração: Economia do Meio Ambiente.

Orientador: André Chagas

Trabalho de Conclusão de Curso da Graduação

1.Amazônia; 2. Desmatamento; 3. Regulador

Dedico este trabalho à minha mãe e ao pai, Andrea e Luiz, e as minhas irmãs Luiza e Dandara, pelo tempo que deixamos de estar juntos para a confecção deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

A agradeço ao Prof. Dr. André Chagas, pela dedicação nas correções e orientações neste período de aprendizado.

“Como negra, não quero mais ser objeto de estudo, e sim o sujeito da pesquisa”

Djamila Ribeiro.

## SUMÁRIO

|  |  |
|--|--|
| <b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>                                  | <b>vi</b>                              |
| <b>Resumo .....</b>  | <b>vii</b>                             |
| <b>Abstract.....</b>   | <b>viii</b>                            |
| <b>1 Introdução.....</b>   | <b>9</b>                               |
| 1.1 Introdução .....   | <b>Erro! Indicador não definido.</b>   |
| <b>2 Revisão de literatura .....</b>                               | <b>13</b>                              |
| 2.1 Amazônia e Desmatamento. ....                                  | 13                                     |
| 2.2 Economia do Crime: Monitoramento e Enforcement Ambiental. .... | 15                                     |
| 2.3 Contexto Institucional. ....                                   | 23                                     |
| <b>3 Material e Método .....</b>                                   | <b>37</b>                              |
| 3.1 Descrição dos Dados .....                                      | <b>38Erro! Indicador não definido.</b> |
| 3.2 Metodologia.....   | 42                                     |
| 3.3 Análise Estatística .....                                      | 44                                     |
| <b>4 RESULTADOS.....</b>   | <b>4950</b>                            |
| <b>5 CONCLUSÕES .....</b>  | <b>63</b>                              |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>66</b>                              |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |           |                                      |
|--|-----------|--------------------------------------|
| <b>FIGURA 1 - EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA ENTRE 2000 E 2020.....</b>                   | <b>25</b> | <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b> |
| <b>GRÁFICO 1 - EVOLUÇÃO DA QUANTIDADE DE EMBARGOS E SUAS RESPECTIVAS ÁREAS NA AMAZÔNIA LEGAL .....</b> | <b>29</b> | <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b> |
| <b>GRÁFICO 2 - EVOLUÇÃO DAS INFRAÇÕES CONTRA A FLORA E MULTAS APLICADAS NA AMAZÔNIA LEGAL.....</b>     | <b>31</b> | <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b> |
| <b>GRÁFICO 3 - EVOLUÇÃO DAS INFRAÇÕES CONTRA A FLORA E ÁREA DESMATADA NA AMAZÔNIA LEGAL.....</b>       | <b>33</b> |                                      |
| <b>TABELA 1 - VARIÁVEIS DO MODELO.....</b>   | <b>38</b> |                                      |
| <b>TABELA 2 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS PARA O PERÍODO ENTRE 2002 E 2019.....</b>                       | <b>45</b> |                                      |
| <b>TABELA 3 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS PARA O PERÍODO ENTRE 2002 E 2003.....</b>                       | <b>45</b> |                                      |
| <b>TABELA 4 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS PARA O PERÍODO ENTRE 2004 E 2008.....</b>                       | <b>46</b> |                                      |
| <b>TABELA 5 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS PARA O PERÍODO ENTRE 2009 E 2010.....</b>                       | <b>46</b> | <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b> |
| <b>TABELA 6 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS PARA O PERÍODO ENTRE 2011 E 2015.....</b>                       | <b>47</b> |                                      |
| <b>TABELA 7 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS PARA O PERÍODO ENTRE 2016 E 2019.....</b>                       | <b>47</b> |                                      |
| <b>TABELA 8 - TABELA DE RESULTADOS NAS REGRESSÕES - QUANTIDADE DE AUTOS DE INFRAÇÃO .....</b>          | <b>51</b> | <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b> |
| <b>TABELA 9 - TABELA DE RESULTADOS NAS REGRESSÕES - QUANTIDADE DE PROPRIEDADES EMBARGADAS .....</b>    | <b>56</b> | <b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b> |



## RESUMO

### AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA LEI PELO REGULADOR NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA ENTRE 2002 E 2019

Este trabalho avaliou a atuação do regulador no que diz respeito à aplicação da lei (enforcement) no combate a crimes contra flora na Amazônia Legal Brasileira (ALB) entre 2002 e 2019. Para isso, foi estimado uma regressão de efeitos fixos cuja variável dependente para enforcement foram os autos infracionais registrados pelo IBAMA. As principais variáveis explicativas representam as mudanças regulatórias que impactaram a postura da autarquia federativa – a exemplo o DETER e a política de municípios prioritários. O Brasil foi exemplo para mundo em redução de emissões de carbono fruto da diminuição no desmatamento entre 2004 e 2012 (Carvalho et al., 2019). Entretanto, desde então, as taxas oficiais divulgadas mostram que a perda florestal está em tendência crescente – em 2019, esta perda foi 147% acima da registrada em 2012, segundo dados divulgados pelos INPE. A contribuição deste trabalho consiste em diagnosticar se o IBAMA teve seu poder atuação reduzido nos últimos anos no que tange à aplicação da lei e quais os impactos dessa inflexão nos aumentos recentes em perda florestal na ALB.

**Descritores:** Amazônia, Desmatamento, Infrações Ambientais, *Enforcement*

## **ABSTRACT**

### **AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA LEI PELO REGULADOR NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA ENTRE 2002 E 2019**

This work evaluated the regulator's performance regarding enforcement of the law in combating crimes against flora in the Brazilian Legal Amazon (ALB) between 2002 and 2019. For this, a fixed effects regression was estimated whose dependent variable for enforcement were the infraction notices registered by IBAMA. The main explanatory variables represent the regulatory changes that impacted the posture of the federative autarchy – such as DETER and the policy of priority municipalities. Brazil was an example for the world in reducing carbon emissions because of the decrease in deforestation between 2004 and 2012 (Carvalho et al., 2019). However, since then, official rates released show that forest loss is on an increasing trend – in 2019, this loss was 147% above that recorded in 2012, according to data released by INPE. The contribution of this work consists in diagnosing whether IBAMA has had its power of action reduced in recent years regarding law enforcement and what are the impacts of this inflection on recent increases in forest loss in the ALB.

**Key words:** Amazon Forest, Deforestation, Environmental Violations, Enforcement

## **1 INTRODUÇÃO**

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a atuação do regulador no que diz respeito à aplicação da lei no combate a crimes contra flora na Amazônia Legal Brasileira (ALB) entre 2002 e 2019. O Brasil foi exemplo mundial em redução de emissões de carbono fruto da diminuição no desmatamento entre 2004 e 2012. Entretanto, desde então, as taxas oficiais divulgadas mostram que a perda florestal está em tendência crescente. Portanto, a hipótese central que motiva este trabalho é a de que o papel do IBAMA foi enfraquecido após 2012. Apesar do aumento no desmatamento entre 2015 e 2019 quando comparado ao período anterior, tanto as multas totais quanto o valor médio das multas caíram. Vale destacar que a partir de 2015 o DETER aprimora o sistema de monitoramento – assim, seria esperado um maior poder de ação do regulador na região. Por outro lado, a crise econômica a partir de 2014 pode ter afetado o poder de ação da entidade, principalmente por diminuição de orçamento. Assim, foram estimadas duas regressões de efeitos fixos cuja, um considerando a variável dependente como a quantidade de os autos infracionais registrados pelo IBAMA e a outra considerando a variável dependente como a quantidade de propriedades embargadas. As principais variáveis explicativas representaram as mudanças regulatórias que impactaram a postura da autarquia federal – por exemplo, o DETER (Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real) e a política de municípios prioritários. A contribuição deste trabalho consistiu em diagnosticar se o IBAMA teve seu poder de atuação reduzido.

A Amazônia guarda a maior floresta tropical do mundo. Sua gestão sustentável é tópico central do debate internacional sobre mudanças climáticas e biodiversidade. Preservar o território é estratégico para impedir o avanço da temperatura média global, garantir estoque de água doce, frear o surgimento de zoonoses, proteger comunidades tradicionais que dependem disso para subsistência e manutenção de ritos culturais. O Brasil foi exemplo para mundo em redução de emissões de carbono fruto de diminuição no desmatamento entre 2004 e 2012 (CARVALHO et al., 2019). Entretanto, desde então, as taxas oficiais divulgadas pelo INPE mostram que a perda florestal está em tendência crescente – em 2019, essa perda foi 147% acima da registrada em 2012, segundo dados do INPE (2020). Portanto, compreender os fatores que contribuíram para este aumento é fundamental

para o País retomar o caminho do desenvolvimento sustentável. Contudo, poucos trabalhos avaliaram as razões desta inflexão na queda de infrações contra flora do ponto de vista do enforcement.

Alguns estudos sugerem que a crise econômica brasileira iniciada em 2014 teve um importante papel no aumento de crimes ambientais. Dobrovolski et al. (2018), elenca como resultado da crise a diminuição de orçamento para agendas sociais e ambientais, aumento da pobreza, cortes de despesa em educação e pesquisa. De acordo Abessa et al. (2019), os cortes em orçamento e demissão de técnicos do IBAMA em 2019 contribuíram para o enfraquecimento do poder de atuação da autarquia. A contribuição deste trabalho consiste em diagnosticar se o IBAMA teve seu poder atuação reduzido nos últimos anos no que tange à aplicação da lei e quais os impactos dessa inflexão em perda florestal na ALB.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 AMAZÔNIA E DESMATAMENTO

A Amazônia brasileira tem se tornado progressivamente central na discussão sobre mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável. O bioma contém a maior floresta tropical do mundo, localizada majoritariamente em território brasileiro. Devido ao enorme volume de biomassa nela armazenado, sua preservação e uso sustentável se tornaram essenciais para conter o avanço do aquecimento global e de doenças de origem infecciosa transmitidas por animais a humanos (zoonoses) (NOGUEIRA et al., 2008). Segundo Pan et al. (2011), o desmatamento em florestas tropicais corresponde de 14 a 20% das emissões globais de gases de efeito estufa.

Como explica Houghton (2005), as árvores quando queimadas liberam carbono na forma de CO<sub>2</sub>. Segundo ele, apenas uma pequena parte do elemento químico continua retido na madeira destinada a casas e outras estruturas. Outros gases como monóxido de carbono e metano também são emitidos na atmosfera durante a queima ou decomposição da biomassa. Em seguida, o uso da terra desmatada para criação de gado ou de plantação agrícola libera metano e óxido nitroso, respectivamente. Dessa forma, este processo contribui diretamente para o aumento do efeito estufa e, portanto, agravamento das mudanças climáticas

Preservar as florestas é um desafio para a maioria das nações. Laurence (1999) estuda as principais suas causas e consequências de crimes ambientais em florestas tropicais situadas na América, África e Ásia. O autor elenca que a fragilidade de instituições e de políticas locais de proteção ambiental é um dos fatores que dificulta a punição dos violadores. Agrava-se ao fato de que estas infrações, na maioria das vezes, estão associadas a outros crimes, como garimpo ilegal, invasão de terras indígenas, tráfico de drogas etc. Portanto, conter o desmate criminoso têm efeitos que transcendem a questão do meio ambiente per se. Como destaca Silva Junior et al. (2021) o desmatamento tem efeitos perversos, sobretudo quando associado a queimadas cujos efeitos intensificam a concentração de partículas finas no ar, prejudiciais ao sistema respiratório.

De acordo com Vinhas et al. (2019), o desmatamento ilegal na região Amazônica acontece essencialmente de duas formas: por corte raso ou por degradação florestal. No primeiro, o processo começa com a etapa de “brocagem”, onde se corta o dossel e lianas antes do período chuvoso. Após o período chuvoso, em que as árvores se degradam, inicia-se o processo de derrubada daquelas de maior porte. Por fim, na estação seca, entre julho e setembro, a biomassa que ficou no solo é queimada. O segundo tipo, desmatamento por degradação ambiental, ocorre em passos mais lentos – nele primeiro é retirado madeiras mais nobres, depois a madeira a ser destinada para construção civil; e, por fim, as árvores de madeira leve restando apenas as de baixo valor comercial ou as que cumprem o papel de despistar as autoridades na detecção via satélite, tais como palmeiras.

Os resultados obtidos por Oliveira et al. (2011) confirmam a relação causal entre as variáveis rebanho bovino, soja, crédito rural e extração de produtos madeireiros com o incremento anual do desmatamento na ALB. Segundo trabalho, a demanda por carne bovina é um dos principais fatores preponderantes para o desmate florestal. O artigo também avalia se a hipótese da Curva de Kuznet Ambiental (CKA) se verifica para o caso da Amazônia Legal no que tange o índice de degradação econômica (área anual desmatada) e o crescimento econômico (medido pelo PIB per capita).

Conclui-se a não verificabilidade da hipótese da CKA, mas sim uma relação entre desmatamento e crescimento econômico em “N” invertido. Ou seja, no início da ocupação o desmate não gera renda; depois que a atividade ali instalada passa a ser lucrativa, ela se expande pela retirada da vegetação original em outras áreas. Quando os níveis de renda estão bem elevados, as pessoas têm mais acesso à educação e a atividades alternativas mais produtivas, ou seja, reduz-se a expansão sob a floresta. Segundo o autor, a maioria dos municípios da região da Amazônia Legal estão na fase crescente da curva.

Neste raciocínio, diversos pesquisadores buscaram compreender os determinantes do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (ALB) e o papel do regulador em garantir o uso sustentável das florestas. Tal como explicado por Margulis (2003), entre 1970 e 1980, a ocupação na região amazônica foi induzida por incentivos



governamentais associados à construção de rodovias e abertura de estradas; hoje, este processo é impulsionado pela expansão da pecuária e, em menor escala, da agricultura. De acordo com ele, isso ocorre em razão da alta rentabilidade privada da pecuária e do baixo custo de transporte. Vale destacar que o cultivo agrícola é uma atividade menos interessante na região dado os altos índices pluviométricos, quando comparado a outros locais no Brasil. Dessa maneira, conforme Chomitz e Thomas (2003), a probabilidade de desmatar é tanto menor quanto maior a precipitação média na região. Margulis (2003) também afirma que devido a complexa rede de interesses envolvida no processo de ocupação da terra, cabe uma “estratégia de cooperação institucional” entre as principais entidades responsáveis por garantir a aplicação efetiva da lei.

## 2.2 ECONOMIA DO CRIME: MONITORAMENTO E ENFORCEMENT AMBIENTAL

A abordagem econômica da criminalidade se baseia em análises de custo-benefício. Assim, pessoas tornam-se criminosas não porque diferem em suas motivações básicas das pessoas não criminosas, mas porque diferem em seus respectivos custos e benefícios (BECKER; LANDES, 1974). Nessa abordagem, pressupõe-se a existência de uma função relacionando o número de ofensas cometidas por uma pessoa com a probabilidade de ela ser detida, a punição, a severidade da punição e outras variáveis como o custo de oportunidade de outras atividades legais e ilegais. Segundo Becker & Landes (1974), os ganhos relacionados ao crime podem ser materiais ou psicológicos. Os ganhos materiais podem ser ganhos monetários obtidos de roubo, fraude, venda de drogas e os ganhos psíquicos podem ser desde preferência pelo perigo até satisfação de um desejo. Da mesma forma, têm-se custos materiais, psicológicos, custo esperado de punição e custo de oportunidade. O custo de oportunidade está associado ao benefício líquido de outras atividades legais, ou seja, quanto maior ele for, maior o custo de se envolver em atividades ilícitas.

Esta teoria desenvolvida primeiramente por Gary Becker (1968) assume que o criminoso potencial responde também ao custo esperado de punição ponderado

pela probabilidade de ser pego, condenado e encarcerado. Tal custo, como explica Becker & Landes (1974), engloba sanções formais (aprisionamento, multas); sanções informais (estigma social, danos à reputação) e gastos com o processo de defesa (honorários advocatícios, por exemplo). Dessa forma, é possível estimar o custo esperado os multiplicando por suas respectivas probabilidades de se efetivarem.

Tal como explicado por este trabalho, estudos empíricos em economia do crime se deparam com diversos desafios mensuração. O primeiro deles refere-se ao fato de que os resultados são a nível agregado não sendo possível saber o efeito de dissuasão de determinada política no indivíduo. O segundo consiste em identificar apropriadamente o efeito causal. Por exemplo, ao calcular a relação entre desmatamento ilegal e multas aplicadas contra este crime, pode-se verificar uma relação positiva e se concluir, equivocadamente, que multas mais altas geram mais desmatamento. Contudo, faz sentido supor que as multas estão altas porque as taxas de desmatamento estão. Por fim, um terceiro desafio é distinguir o efeito dissuasão (deterrence) do efeito incapacitação (incapacitation). Isso é importante pois pode levar a conclusões de que determinada política teve efeito impeditivo contra o crime dada a queda no número de ofensas quando, na verdade, como a política aumentou o encarceramento, diminuiu-se a oferta de criminosos disponíveis para cometer atos ilícitos.

Neste sentido, desenvolve-se a teoria sobre a economia da aplicação da lei (law enforcement) cuja base centra-se na ideia de que a justiça é eficiente (BECKER; LANDES, 1974). A aplicação da lei, portanto, objetiva maximizar o bem-estar social dissuadindo atos infracionais. No modelo, o nível ótimo de dissuasão ocorre quando o custo marginal de um impedimento adicional do ato criminal se iguala ao seu benefício social. Entretanto, faz-se essencial destacar que o nível ótimo de poluição ou conformidade ambiental depende diretamente das diversas estruturas que atuam para se fazer cumprir as normas ambientais pré-definida por parte de empresas e indivíduos. As principais estruturas podem ser formais (leis ou instituições regulatórias) ou informais (pressão da comunidade, incentivos de mercado).

Nos modelos de regulação ótima, assume-se informação perfeita e zero custo transacional. Essa, entretanto, não é a realidade encarada pelas agências/instituições

regulatórias. Segundo Afsah et al. (1996), esses pressupostos facilmente não valem pois existem problemas de informação assimétrica, burocracia, recursos humanos e suporte político. A informação assimetria está relacionada com a qualidade do monitoramento: no caso do desmatamento, mesmo hoje com rastreamento via satélite, fatores como cobertura de nuvens atrapalham a perfeita observação das áreas florestais em processo de destruição. A burocracia, por outro lado, a exemplo, está associada ao recebimento de informação da agência de monitoramento: no Brasil, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) emite alertas de desmatamento e os envia ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, mas existe um delay entre a consolidação das imagens e seu envio – a comunicação entre as duas instituições pode nem sempre ser fluída o suficiente. Terceiro, os recursos são escassos: limitações orçamentárias podem implicar em poucos técnicos para fiscalizar milhares de km<sup>2</sup> de floresta, por exemplo. E por fim, as agências regulatórias estão suscetíveis a interesses e visões políticas que nem sempre conversam com as necessidades dessas instituições em garantir certo nível ótimo de regulação. Explorar os determinantes da performance do regulador, portanto, pode auxiliar os formadores de política pública na alocação ótima dos recursos a fim de aperfeiçoar a sua capacidade de enforcement.

A maioria dos modelos que estudam monitoramento e aplicação da lei ambiental assume que o regulador escolhe a probabilidade de detecção da infração e a magnitude da sanção. Como explica Shimshack (2014), aumentar a severidade da sanção não impõe custo adicional ao regulador; ao contrário, o faz economizar recursos. Ou seja, probabilidade de detecção baixa e sanção alta pode atingir o mesmo nível de dissuasão que probabilidade alta e multa baixa, mas por um custo menor.

Cohen (2000) artigo faz uma revisão das principais pesquisas empíricas que avaliam a efetividade de políticas de monitoramento ambiental e aplicação da lei em dissuadir indivíduos e firmas do cometimento de crimes ambientais e em induzir determinado nível de performance ambiental. Conclui-se que os violadores de políticas ambientais endogenizam a probabilidade de serem pegos e o nível de severidade da pena caso sejam pegos. Para uma análise empírica, entretanto, é importante considerar o quanto os agentes conhecem as leis e normas ambientais.

Do ponto de vista de política pública, a obra ressalta a importância de desagregar os diversos instrumentos de enforcement a fim de mensurar precisamente seus impactos, uma vez que a entidade reguladora pode optar por realocar recursos ao invés de solicitar mais recursos.

Shimshack (2005) estuda o impacto do monitoramento e de instrumentos de aplicação da lei na performance do compliance ambiental com foco nos efeitos de spillovers da reputação do regulador. O estudo revela que o impacto de uma multa contra infração de poluição na água reduz aproximadamente em 2/3 as taxas de infrações no estado um ano depois de aplicada a multa. Este resultado sugere que o impacto de uma sanção tem efeitos que transbordam a firma autuada, haja vista sua contribuição para reforçar a fama do regulador no entorno e, assim, dissuadir novas ofensas por parte de outros agentes. Dessa forma, o artigo se preocupa em mensurar o efeito específico sobre o agente e o efeito geral sobre a reputação. Adicionalmente, é avaliado a eficácia da multa em relação a outros instrumentos de enforcement – sanções não monetárias parecem não ter um efeito significativo sob compliance. Como estratégia empírica, o trabalho mira a indústria de papel e celulose nos Estados Unidos, valendo-se de dados em painel a nível da firma com efeitos aleatórios e cuja variável dependente é um indicador de compliance ambiental que assume valor 0 ou 1. As principais variáveis explicativas estão associadas às multas aplicadas ao longo de 9 anos. A fim de capturar o efeito de reputação do regulador, são utilizadas dummies que indicam se a firma está em uma dada jurisdição regulatória em que, um ano antes, alguma outra firma foi multada; e dummies que indicam se uma dada firma foi multada no anterior.

Almer & Goeschl (2010) verifica qual o poder de impedir novos crimes a execução judicial pode ter em quinze estados alemães durante o intervalo de dez anos (1995 a 2005). As principais variáveis explicativas da taxa de crimes ambientais incluem número de julgamentos, condenações e encarceramentos. As principais evidências encontradas por este trabalho mostram que sanções criminais geram efeito impeditivo sobre novas ofensas ambientais. Outra importante contribuição, consiste no diagnóstico de que julgamentos legais são mais significativos em frear novos crimes do que a probabilidade de ser condenado ou a magnitude da multa na Alemanha.

Arima (2014) avalia o impacto da segunda fase do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm-II) sob a redução do desmatamento na Amazônia Legal verificado entre 2009-2011 via Política de Municípios Prioritários (PMP) e a consequente redução nas emissões de carbono. Entre as iniciativas do PPCDAm II estão o embargo de propriedades com desmatamento ilegal, criação da lista de MPs, e o fortalecimento de inspeções pelo IBAMA. Para este trabalho, foram utilizados dois modelos econométricos: matching e diferença em diferenças. O primeiro mede a propensão a desmatar baseado no desmatamento passado e, assim, calcula-se quanto de floresta foi poupada. O outro avalia a diferença entre as taxas de desmatamento entre dois períodos para cada grupo (de tratamento e de controle) sob os diferentes níveis de enforcement definidos pela política.

Inicialmente, Arima (2014) levanta a hipótese de que a queda verificada no desmatamento entre 2008 e 2009 estivesse associada à recessão econômica no período devido à redução da demanda internacional por commodities agrícolas. Entretanto, após este período a queda continuou e a área anual desmatada alcançou o mínimo histórico em 2012, desde o início do monitoramento pelo INPE. Assim, faz sentido supor a importância de políticas governamentais implementadas ao longo dos anos na melhoria dessas estatísticas. Arima (2014) mostra que, de fato, a recessão não teve impacto significativo haja vista, neste período tanto a pecuária quanto as plantações de soja continuaram a se expandir. O artigo conclui que o maior enforcement foi responsável por evitar entre 2304 e 10.653 km<sup>2</sup> de novas áreas desmatadas, além de 1,44×10<sup>-1</sup>Pg de emissões de carbono em três anos. Arima (2014) também aponta que, em razão de melhor infraestrutura de transporte e, portanto, maior facilidade de serem monitoradas pelo regulador, as cidades mais próximas à capital tendem ser mais responsivas às políticas. Contudo, uso da perda florestal defasada na regressão já considera essa diferença de infraestrutura entre os municípios.

Assunção et al. (2015) utiliza dados em painel de municípios da Amazônia Legal no período de 2002 a 2009 para investigar a contribuição dos preços agrícolas e políticas de conservação na redução do desmatamento verificado nos anos 2000. Nesse sentido, pressupõe-se que um aumento nos preços de produtos agrícolas gera

incentivo aos produtores rurais aumentarem a produção via expansão de novas terras agricultáveis. Por outro lado, o PPCDAm lançado em 2004 e a Política de Municípios Prioritários iniciada em 2008 apresentam como importantes estratégias de redução de perda florestal. Assim, a estratégia empírica do artigo baseia-se em um modelo de efeitos fixos de tempo e de localidade cujas principais variáveis explicativas são: índice de preços de produtos agrícolas defasados, índice de preços de gado defasados, e duas variáveis de política, representando as inflexões mencionadas anteriormente. A fim de garantir uma variação cross-sectional para as mudanças regulatórias, representadas por dummies de tempo (2004 e 2008), foi criada uma variável proxy para a restrição de terra a nível municipal. Tal variável mensura, portanto, a porcentagem de área de terra não disponível legalmente para produção agrícola de toda a área do município. Por fim, conclui-se que o desmatamento reage aos preços associados à produção agropecuária e que as políticas de conservação mencionadas, de fato, contribuíram para frear o desmatamento mesmo controlando pelos preços. Por fim, simulações contrafactuais sugerem o papel positivo dessas políticas para redução do desflorestamento entre 2005 e 2009.

Gallego et al. (2017) investiga se as sanções aplicadas pelo IBAMA de fato desencorajam os atuais e os potenciais infratores e se existe algum padrão temporal ou espacial afetando as violações. Com o objetivo de separar casos intermediários dos casos de maior dano ao meio ambiente, os pesquisadores dividem as ofensas em três categorias: avisos, infrações e outliers. Tal classificação considera como “aviso” o que o Decreto 6.514/2008 define como infração administrativa, na qual pode ser imputada ao autuado multa de até R\$ 1.000,00. A categoria “infrações” engloba multas maiores do que R\$ 1.000,00 e menores do que R\$ 2.500.000,00 – enquanto “outliers” são autos cuja multa aplicada pode variar entre R\$ 2.500.000,00 e R\$ 50.000.000,00 (máximo permitido pelo Decreto). O trabalho utiliza um modelo de dados em painel dinâmico espacial cujas variáveis dependentes são: número de avisos, infrações e outliers; total de autos, valor dos avisos, infrações e outliers; bem como o valor total. Para controle, o estudo considera população; variáveis de produção agropecuárias, como produção agrícolas, rebanho etc.; e variáveis de valor adicionado dos principais setores.

Os resultados de Gallego et al. (2017) apontam para a existência de dependência espacial e temporal no que tange as violações em todas as categorias de multas. Ou seja, municípios com um histórico de alto número de violações passadas ou cercados por municípios com altas taxas de autuações, serão alvo do regulador para vistorias rotineiras. Shimshack (2014) aponta que isso pode levar a uma falsa relação positiva entre violações ambientais e as ações do IBAMA, sugerindo sua pouca eficácia. Os resultados verificados mostram que IBAMA deveria aplicar, no curto prazo, um total de 3,2 milhões em multas nas localidades vizinhas para desencorajar novos crimes. No longo prazo, depois de construída a fama do regulador, esse montante poderia ser reduzido para 1,4 milhões. O artigo conclui que as sanções monetárias são importantes em desencorajar novas ofensas, atuando como um "efeito de dissuasor pedagógico".

Gandour & Rocha (2017) também avalia o impacto do monitoramento sob as taxas de desmatamento anual municipais. A maioria dos estudos em criminalidade, para endereçar o típico problema da endogeneidade, costumam utilizar o número de multas/autos infracionais defasados no ano  $t-1$  para o desmatamento do ano  $t$ . Entretanto, Gandour & Rocha (2017) aponta que este método não é o mais satisfatório por não permitir potenciais persistências na atividade ilegal. Para lidar com isso, a estratégia empírica consistiu em utilizar a média anual cobertura de nuvens por município, disponibilizada pelo INPE, como instrumento da variação das multas aplicadas pelo IBAMA. Assim, a regressão de efeitos fixos do primeiro estágio estimou o número de multas aplicadas contra a cobertura de nuvens e precipitação por município. A fim de lidar com heterogeneidade associada ao tamanho dos municípios, considerou-se o incremento anual normalizado como variável dependente – na comparação com o log da variável de incremento anual, concluiu-se que os resultados não foram afetados pela escolha de normalização. Os resultados revelam que, entre 2007 e 2011, o desmatamento teria sido 75% maior caso não houvesse quaisquer aplicações de multas – o que reforça os findings da literatura sobre a eficácia do monitoramento e da aplicação da lei na redução de crimes ambientais.

A pesquisa também performa uma análise de custo-benefício através da metodologia back-of-the-envelope dos gastos do IBAMA e INPE em relação a preservação das florestas e redução da emissão de gás carbônico. Os números

apontam para conclusão de que os custos de monitoramento e law enforcement na Amazônia mais que compensam quando considerado o preço do carbono no mercado internacional.

Uhr & Uhr (2014) testa o papel do regulador e sua reputação no combate a infrações ambientais contra flora para o Brasil entre 2000 e 2001. Também se investiga qual o impacto do monitoramento feito por agentes privados, tais como organizações sem fins lucrativos. Em termos prático, busca-se estimar o efeito da aplicação de multas, bem como de suas respectivas magnitudes, na oferta de infrações – sob a hipótese de que, ao fazer isso, o regulador aumenta a probabilidade ( $p$ ) de autuação e condenação percebida pela firma autuada, mas também de potenciais violadores no entorno. Assim, o fama do regulador teria um efeito spillovers sob as outras firmas – ou, em vias agregadas a nível estadual, sob outros estados. No que tange o entendimento sobre a contribuição dos agentes privados, são incluídas variáveis como quantidade de ONGs ambientais (proxy para monitoramento) e quantidades de votos no Partido Verde (proxy para sanções informais). As ONGs agem através do monitoramento de firmas potenciais violadoras e denúncias aumentando  $p$ ; enquanto setores da sociedade para os quais a questão ambiental é relevante podem pressionar o regulador para que ele adote uma postura mais rígida frente aos crimes ambientais. Para endereçar o problema da causalidade reversa entre desmatamento e nível de enforcement, Uhr & Uhr (2014) utilizou-se um modelo autorregressivo cujas as principais variáveis explicativas englobaram: multas aplicadas no estado (magnitude) em  $t-1$  e  $t-2$ ; multas médias aplicadas em estados vizinhos, multas médias aplicadas em estados da mesma região geográfica em  $t-1$ .

Finalmente, os resultados de Uhr & Uhr (2014) apontam para a eficácia das multas na contenção de crimes contra flora no estado e em seus vizinhos no ano subsequente. Além disso, pode-se inferir dos números encontrados que a sociedade exerce um papel complementar importante na oferta de infrações. Nesse sentido, segundo o trabalho, faz-se essencial considerar variáveis de socioeconômicas e institucionais das comunidades nos modelos de estimação.



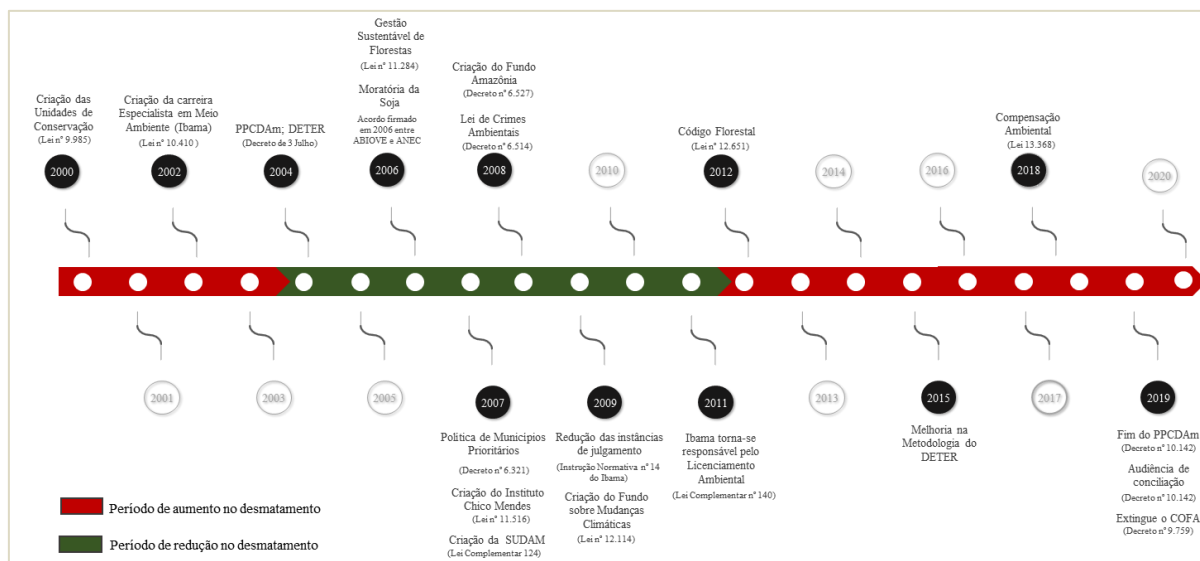
## 2.3 CONTEXTO INSTITUCIONAL

No Brasil, o principal responsável pela fiscalização e aplicação das leis ambientais é o IBAMA. O IBAMA é uma autarquia federal de direito público criada pela Lei nº 7.735 de 1989 e vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA). As duas décadas anteriores a criação da entidade foram marcadas por diversos conflitos ambientais – um deles, resultado do conflito entre comunidades tradicionais e seringueiros, culminou na morte do ambientalista Chico Mendes. O IBAMA surge, portanto, com a proposta de conciliar as diferentes visões sobre a pauta e fortalecer a aplicação da lei ambiental no País. Sucede-se, a partir de então, importantes avanços na legislação ambiental, como a criação do Ministério do Meio Ambiente (1992), a Lei de Crimes Ambientais (1998) e o estabelecimento do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000). Em 2002, a Lei nº 10.410 cria a carreira de Especialista em Meio Ambiente no âmbito do MMA, ICMBio e IBAMA com o objetivo de tornar o quadro de funcionários destas instituições mais técnico. Os cargos mais baixos, Técnico Ambiental e Técnico Administrativo, requerem certificado de conclusão de ensino médio. Todos os demais cargos de Analista e Gestor, requisitam no mínimo ensino superior. Este quadro composto por profissionais mais especializados sugere uma elevação da qualidade dos trabalhos desempenhado por essas instituições ao longo dos anos.

Zhao et al. (2014) divide as regulações ambientais em dois tipos: as de comando e controle (RCC) e regulação baseada em incentivos de mercado. As políticas regulatórias de comando e controle são baseadas em uma abordagem administrativa, ou seja, em uma atuação direta do poder público através da imposição de padrões ambientais, inspetorias, multas, sanções etc. Esse tipo de regulação é especialmente importante em países em desenvolvimento cuja deficiência em capacidade regulatória, falta de meios financeiros e políticos dificultam a implementação de incentivos de mercado. Segundo Afsah et al. (1996), a imposição de penalidade ao violador tem efeito dissuasor não apenas em países ricos da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento), mas também em países em desenvolvimento – em ambos os contextos, as firmas têm lucro e custo afetados quando alvo de multa, além de custos reputacionais frente a sociedade. No contexto

brasileiro, as RCC têm sido fundamentais para reduzir o desmatamento ilegal no país, em especial na Amazônia.

Figura 1 - Evolução da Legislação Ambiental Brasileira entre 2000 e 2020



Nota: Este esquema foi elaborado pela autora baseado em decretos, leis, portarias, instruções normativas e outros atos legais relacionados à flora, bem como que afetam a atuação do Regulador no enforcement ambiental. Portanto, esta linha do tempo não engloba todos os atos legais relacionados ao meio ambiente durante o período definido.

Do ponto de vista regulatório, o Brasil apresentou, ao longo dos anos 2000 políticas significativas (Figura 1), de impacto na performance ambiental. Aprovada em 2000, a Lei nº 9.985 de 18 julho institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) que engloba um conjunto de unidades de conservação (UCs) no âmbito federal, estadual e municipal. A Lei define treze objetivos principais para o SNUC dentre os quais, destacam-se alguns: contribuir para manutenção da diversidade biológica; proteger espécies ameaçadas de extinção, paisagens naturais, recursos naturais, características físicas, paleontológicas e culturais; promover o desenvolvimento sustentável e atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental. As unidades de conservação se dividem em dois grupos: Unidades de Proteção Integral (UPI), com cinco subcategorias, e Unidades de Uso Sustentável (UUS), com sete subcategorias. Ao primeiro grupo, cabe a preservação natureza com permissão para o uso indireto de recursos naturais e ao segundo, promover o uso sustentável garantindo a conservação da natureza. Paiva et al. (2020) analisa o uso da cobertura vegetal em áreas protegidas da Amazônia no estado do Maranhão em 1984, 1996, 2008 e 2017. O estudo conclui que, apesar da

destruição ilegal dessas áreas, queimadas e invasões, a existência das UCs é uma estratégia efetiva para preservação da biodiversidade e de recursos naturais na região, se associada a ações governamentais de comando e controle, e monitoramento.

Em 2004, frente a um histórico de taxas crescentes de desmatamento na Amazônia Legal, foi criado o Plano de Ação para Preservação e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) com o objetivo de frear a destruição do bioma e promover o desenvolvimento sustentável na região (MMA, 2004). Uma das frentes da primeira fase do plano (2004 a 2008) visou combater os crimes ambientais através de ações de monitoramento e controle. Foi também instituído um sistema de “alerta” DETER (Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real) que consiste na detecção via satélite de áreas em processo de desmatamento. O objetivo deste sistema é, por meio do monitoramento intensivo, oferecer ao IBAMA informações mais precisas de onde atuar a fim de otimizar a alocação de recursos da autarquia. Vale destacar que antes desta inovação, o poder público dependia de denúncias voluntárias, o que dificultava a atuação de combate ao desmatamento em tempo hábil por parte dos agentes fiscalizadores (GANDOUR; ROCHA, 2017). A primeira fase do Plano também previu treinamento de pessoal e contratação de pessoas mais qualificadas para as entidades responsáveis por sua execução. Arima et al. (2014) aponta o programa como o principal responsável pela queda do desmatamento verificado entre 2009 e 2011. Em 2012, o incremento no desmatamento alcançou o mínimo deste o início do monitoramento pelo INPE – foram 4.512 km<sup>2</sup> de floresta original retiradas, 84% a menos que o pico histórico em 2004, segundo dados do Programa de Monitoramento da Floresta Amazônia Brasileira por Satélite (PRODES).

Em julho de 2006, em resposta a pressões de varejistas, organizações não governamentais e comunidade internacional, os principais comerciantes de soja assinaram voluntariamente um acordo se comprometendo a não adquirir soja cultivada em terras ilegalmente desmatadas na ALB a partir daquela data (GIBBS et al., 2015). Este acordo ficou conhecido como Moratória da Soja (MS) e vigora até os dias atuais. Como explica Harding et al. (2021), a MS aumenta os custos de produzir soja em áreas recentemente desmatadas, além de gerar incentivos ao uso alternativo

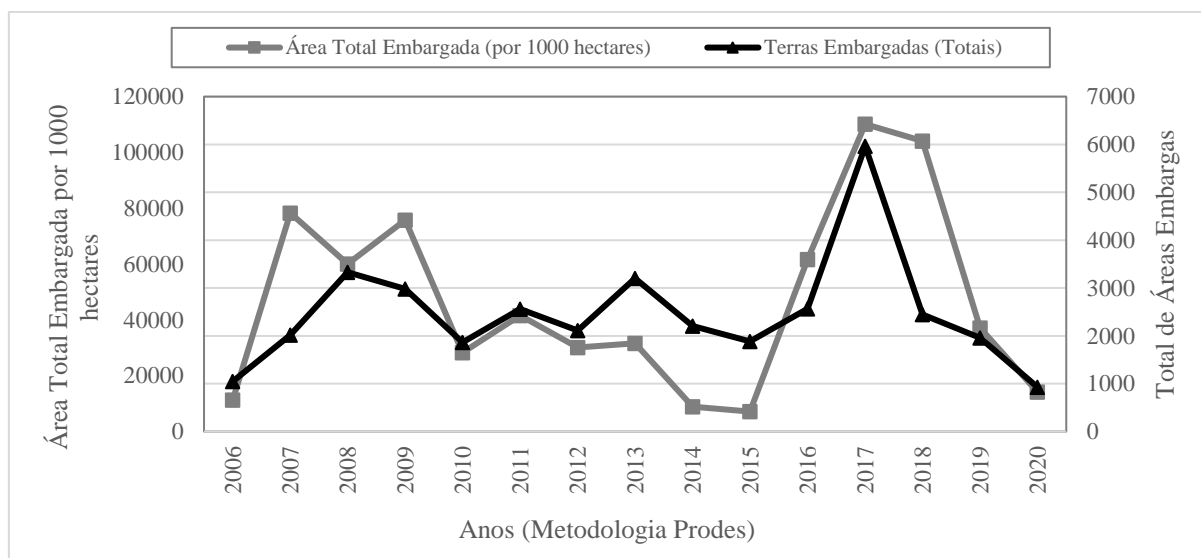
destas terras, para o plantio de outras culturas, por exemplo. Ao contrário dos resultados encontrados por Gibbs et al. (2015), Harding et al. (2021) mostra que a MS não reduziu o impacto dos preços de commodities sobre o desmatamento. Finalmente, um estudo recente de Amaral et al. (2021) confirma que a iniciativa foi eficiente em estimular o uso de terras anteriormente convertidas em uso agrícola ao invés de áreas cobertas com floresta original. Os resultados também sugerem que a expansão da produção de soja após a MS se deve a elementos estruturais, como segurança legal, crédito, expectativa de longo prazo e avanços produtivos, considerando que o setor é intensivo em capital e mão de obra qualificada. Assim, a MS não teve influência sob a produção média de soja.

O Decreto nº 6.514 de 2008 regulou os tipos de infrações ambientais e definiu as sanções administrativas associadas a cada uma. Segundo Gallego et al. (2017), a nova regulamentação é mais compreensiva e rígida do que a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/98). A exemplo, a lei define uma seção para os tipos de ofensas administrativas contra a flora. Para cada artigo dessa subseção são definidas multas e penalidades. Conforme as regras impostas, as multas variam entre R\$ 50,00 a R\$ 50.000.000,00. Elas também podem ser proporcionais a gravidade e a capacidade econômica do infrator (multa aberta) ou um valor fixo por unidade (multa fechada). As penalidades incluem destruição, doação, venda de equipamentos, apetrechos e/ou embarcações apreendidos pelo IBAMA após decisão que confirme o auto da infração. Fica claro que o arcabouço legal de comando e controle trazido pelo Decreto nº 6.514 de 2008 permite um maior poder de atuação do IBAMA no que tange à aplicação da lei, especialmente contra o desmatamento ilegal no País.

Adicionalmente, esse mesmo decreto reforça o dispositivo previsto no Decreto nº 6.321 de 2007 sobre o embargo de obra, atividades e áreas danificadas por causa de infração ambiental. Neste sentido, o Decreto nº 6.514 de 2008 afirma que a sanção administrativa de embargo objetiva “impedir a continuidade do dano ambiental, propiciar a regeneração do meio ambiente e dar viabilidade à recuperação da área degradada” apenas nas áreas cuja infração ambiental foi efetivamente identificada. A multa por descobrir o embargo pode variar entre R\$ 10.000,00 e R\$ 1.000.000,00. A Gráfico 1 mostra a evolução de áreas embargadas a partir de 2006.

Um ano antes, havia sido baixado o Decreto nº 6.321 que instituiu ao MMA à edição anual de uma lista contendo os municípios prioritários para a alocação de recursos a fim de combater a destruição florestal. A lista é definida com base em três critérios, área total de floresta desmatada; área total de floresta desmatada nos últimos três anos e aumento da taxa de desmatamento em pelo menos três dos últimos cinco anos. Além disso, o Ministério também é responsável por editar e atualizar a lista de municípios monitorados e sob controle – para ingressar nesta lista, o município deve manter a taxa de desmatamento anual abaixo do limite estabelecido em portaria pelo MMA e possuir oitenta por cento do território com imóveis rurais devidamente monitorado, como prever o art. 4º do mesmo Decreto. A legislação destaca que são priorizados planos, programas e projetos voltados à região e aos municípios recorrentes na lista “para fins de incentivos econômicos e fiscais”. Neste novo contexto institucional que começa a valer a partir de 2008, o IBAMA concentrou esforços de monitoramento e aplicação da lei nas localidades prioritárias. Outras medidas administrativas não necessariamente no escopo da regulação foram tomadas: comprometimentos de governos locais com a redução do desmatamento, mudanças na aprovação de crédito subsidiado, por exemplo (ARIMA et al., 2014; ASSUNÇÃO; ROCHA, 2019). Barreto & Silva (2010) estimam que as áreas embargadas pelo IBAMA aumentaram 53% entre 2007 e 2009 contra 11% em municípios fora da lista.

Gráfico 1 - Evolução da quantidade embargos e suas respectivas áreas na Amazônia Legal



Nota: Elaborada pela autora utilizando dados disponibilizados pelo MMA/IBAMA. Os valores foram agrupados em anos, conforme metodologia PRODES em que o ano corresponde ao período de 1º de agosto a 31 de julho.

Em fevereiro de 2008, o Banco Central do Brasil publica a Resolução nº 3545 a qual torna obrigatória a apresentação do Certificado de Imóvel Rural (CCIR) para a concessão de crédito rural às atividades agropecuárias na Amazônia Legal. Além do documento, exige-se que o imóvel não tenha áreas embargadas por desmatamento ilegal e tenha documento comprobatório de regularidade ambiental. Assim, a medida condiciona o acesso ao crédito pelos agricultores e pecuaristas a um determinado nível de performance ambiental e, portanto, funciona com um caráter restritivo. Assunção (2019) avalia o efeito do crédito rural sob o desmatamento à luz da Resolução. Para isso, utiliza-se o método de estimação de Diferença-em-Diferenças em que é explorado as diferenças entre os municípios dentro da “borda” da Amazônia Legal e os municípios fora da borda entre o período de 2003 e 2011. Os resultados apontam para a redução do desmatamento ilegal via aplicação da Resolução nº 3545. Tal como explicado por Assunção (2019), em mercados incompletos variações exógenas no acesso ao crédito tem um efeito sob a produção agrícola e portanto, sob o desmatamento. Vale destacar que a forma como políticas de crédito afeta o desmatamento tem caráter ambíguo. Os recursos podem ser utilizados para expandir

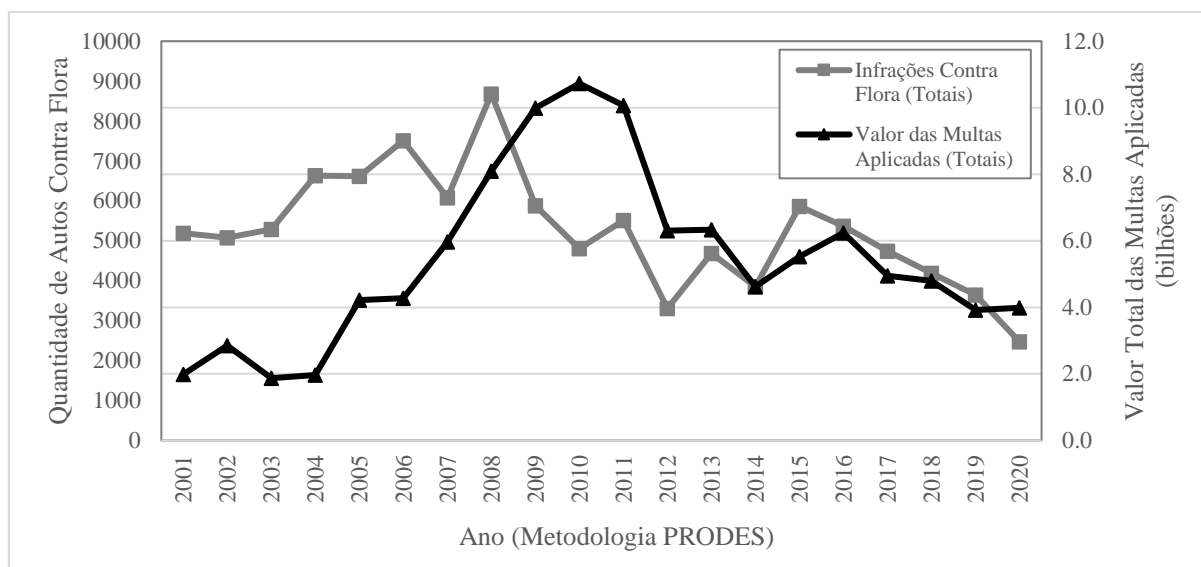
a fronteira de produção agropecuária ou serem alocados em investimentos em capital e em aumento de produtividade – o cenário esperado depende dos preços relativos de intensificação da produção e desmatamento ilegal (ASSUNÇÃO et al., 2019).

Para Abessa et al. (2019), a aprovação do novo Código Florestal (CF) pela Lei 12.651 de 2012 representou um importante contraponto a muitos parlamentares e lobistas. O CF estabeleceu o Cadastro Ambiental Rural (CAR) cujo objetivo foi registrar todos os imóveis rurais a fim de compor uma base de informações de caráter ambiental e rural – do ponto de vista de fiscalização e monitoramento, a criação do CAR facilita o trabalho de entidades de controle e monitoramento. O sistema vem sendo usado pelo Banco Central do Brasil para políticas de concessão de crédito rural e em outros acordos para preservar as florestas (HARDING; HERZBERG; KURALBAYEVA, 2021). Por outro lado, o Código serviu de gatilho para a submissão de vários projetos em favor do agronegócio e da mineração (ABESSA; FAMÁ; BURUAEM, 2019). A mesma lei também anistiou aqueles anteriormente multados por violações contra a flora. Desde então, as taxas de desmatamento oficiais aumentaram a valores superiores aos registrados em 2009.

Antes de 2015, o DETER gerava alertas com uma área mínima mapeável de 25 hectares e com imagens de 250 metros de resolução. A partir de 2015, a metodologia foi aprimorada – o sistema passa a produzir imagens de área desmatada com resolução espacial de 64 metros e a área mínima detectada é reduzida para 3 hectares. Além disso, a expansão do campo de visão do sensor WFI, permite que a cada 5 dias a mesma região seja novamente mapeada (contra os 15 dias antes de 2015). Portanto, espera-se que mais áreas sejam detectadas – seja pela melhor resolução ou pela diminuição da área mínima e, portanto, mais avisos emitidos. A melhoria, desta maneira, deve fornecer mais informação para as operações de comando e controle realizadas pelo IBAMA.



Gráfico 2 - Evolução das infrações contra a flora e multas aplicadas na Amazônia Legal



Nota: Elaborada pela autora utilizando dados disponibilizados pelo MMA/IBAMA. Os valores foram agrupados em anos, conforme metodologia PRODES em que o ano corresponde ao período de 1º de agosto a 31 de julho. As multas totais estão a valores de dezembro de 2020.

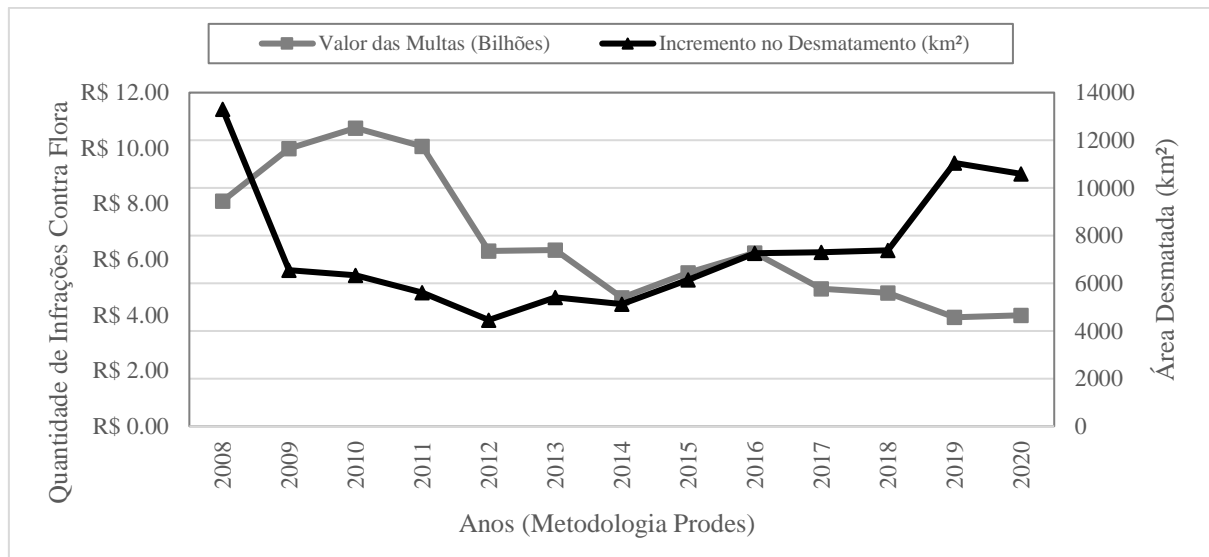
Por outro lado, com a crise econômica iniciada em 2014 e agravada em 2015, o orçamento total do IBAMA ficou comprometido pelas limitações impostas pelo Governo Federal de corte de gastos. A instituição passou a apresentar dificuldades de arcar com contas básicas, como contas de luz, água, telefone e internet. As fiscalizações por parte de técnicos também foram prejudicadas devido dificuldades no custeio de hospedagem, alimentação, mas também pagamento de serviços de helicópteros (VILLAYERDE, 2015). O orçamento total aprovado para o IBAMA era inicialmente de R\$ 298,4 milhões – 1,4 milhão do que o de 2014, mas menor quando considerado a inflação do período. Conforme apura Villaverde (2015), a autarquia julgava necessário um montante de R\$ 400 milhões para realizar todas as ações planejadas para aquele – contudo, com o contingenciamento de despesas, o orçamento foi revisado para R\$ 243,7 milhões. Como resultado, reduziram-se programas de capacitação, locação de veículos, número de brigadistas e serviços aéreos.

A Gráfico 2 mostra a evolução do número de autos registrados e multas aplicadas pelo IBAMA contra a flora entre 2001 e 2020, considerando o ano PRODES.

Observa-se os autos infracionais registrados pela entidade caíram consideravelmente a partir de 2008, oscilando até 2015 quando começa a decair de continuamente até 2020. Já as multas totais alcançam seu pico em 2010 quando sofrem uma queda consideravelmente de 2011 para 2012. De 2014 a 2016, ocorre uma elevação das multas totais de 4,63 bilhões para 6,24 bilhões em 2016, porém logo volta a cair quase linearmente até 2020. Apesar desta queda recente nas autuações e multas totais aplicadas, a área desmatada anual na ALB vem crescendo deste 2014 (Gráfico 3) e mais substancialmente a partir de 2018 – o que sugere uma mudança estrutural na postura do Regulador. Tal mudança pode ter sido induzida, entre outros aspectos, pela diminuição no orçamento da entidade devido dificuldades financeiras associadas a crise econômica recente e crise política que teve como marco o impeachment da então Presidente Dilma Rousseff em 2016.

Tal situação de instabilidade orçamentária levou, em 2016, o Fundo Amazônia, criado sob o Decreto nº 6.527 de 2008, a aprovar projeto nomeado “Fortalecimento do Controle e do Monitoramento Ambiental para o Combate ao Desmatamento Ilegal na Amazônia” cuja previsão destina R\$ 56.295.964,63 para o IBAMA utilizar em suas ações de monitoramento e controle na ALB. Segundo a descrição do projeto, os recursos foram utilizados para “pagamento de aluguel de caminhonetes e helicópteros nas ações de fiscalização em campo” nas regiões mais críticas em desmatamento, conforme alertas emitidos pelo DETER (FUNDO AMAZÔNIA, 2020).

Gráfico 3 - Evolução das infrações contra a flora e área desmatada na Amazônia Legal



Nota: Elaborada pela autora utilizando dados disponibilizados pelo MMA/IBAMA e INPE. Os valores de autos de infrações foram agrupados em anos, conforme metodologia PRODES em que o ano corresponde ao período de 1º de agosto a 31 de julho.

Rodrigues-Filho et al. (2015) analisa o papel das mudanças políticas via eleições presidenciais nas inflexões administrativas no comportamento de instituições responsáveis por frear o desmatamento ilegal na Amazônia Legal. A principal hipótese desse trabalho sustenta que, logo após grandes eleições, há um enfraquecimento institucional, muitas vezes associados ao turnover de pessoal e mudanças de diretrizes. A exemplo, logo após as eleições presidenciais de 2002, as licenças ambientais emitidas pelo IBAMA caíram substancialmente, apesar de durante todo o período da nova gestão ter apresentado tendência crescente. Apesar da dificuldade de mensuração do impacto das eleições sob a atuação das instituições, o estudo fornece elementos que ajudam a interpretar eventuais razões de mudança no comportamento do Regulador no enfrentamento a crimes ambientais.

Em 2019, o Decreto nº 10.142 suspende o PPCDAm depois de 15 quinze anos de existência do Plano que estava com a quarta fase em andamento. Entretanto, o Ministério do Meio Ambiente não apresentou uma alternativa ao PPCDAm, mesmo com aumentos contínuos no desmatamento na região. No mesmo ano, sob Decreto nº 9.760, é criada uma etapa adicional entre a lavratura do auto infracional pelo IBAMA e o processo sancionador da infração. Nesse sentido, caso o autuado deseje poderá

optar por uma audiência de conciliação a fim de entender as razões pela qual o auto foi lavrado e ser apresentado de soluções para encerrar o processo como, parcelamento, desconto no pagamento, conversão da multa em serviços de preservação etc. Antes deste Decreto, após lavrado o auto, o autuado tinha até 20 dias para se manifestar, e então, o processo de sanção era iniciado. Em documento enviado ao Tribunal de Contas da União, o IBAMA revela que, desde a vigência do Decreto, 14,9 mil autos, apenas 5 audiências conciliatórias foram realizadas – número muito baixo, mesmo considerando a pandemia do novo coronavírus iniciada em março de 2020 (DE ALENCAR, 2021). Segundo Suely Vaz de Araújo, ex-presidente do IBAMA, a nova etapa no processo sancionador desmoraliza as multas uma vez que, devido ao grande volume de autuações, a audiência pode levar anos para acontecer.

A lei de conversão multas em serviços ambientais é prevista deste 1998 pela Lei nº 9.605/1998 que estabelece que “a multa simples pode ser convertida em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente”. Apenas em 2019, entretanto, é elaborado o Programa de Conversão de Multas Ambientais (PCMA) o qual busca detalhar a modalidade indireta de conversão. A MP nº900/2019 da União, por intermédio do MMA, “a contratar instituição financeira oficial, dispensada a licitação, para criar e gerir fundo privado com o objetivo de receber os recursos decorrentes de multa simples a ser convertida em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente” – tal medida levanta preocupação quanto ao risco de que tal desburocratização do processo de conversão favoreça ações corruptas.

A crise sanitária emergida em 2020, como razão da pandemia da COVID-19, traz novos contornos ao debate ambiental. Como destaca Brancalion et al. (2020), 94.583 km<sup>2</sup> de alertas de desmatamento foram detectados no primeiro mês após governos locais implementarem medidas de confinamento. No Brasil, o número de focos de queimadas subiu 12,73% quando comparado ao ano anterior. O desmatamento tem efeitos perversos, sobretudo quando associado a queimadas que podem se transformar em incêndios de grandes proporções. A queima de biomassa aumenta a concentração de partículas finas no ar, piorando problemas respiratórios e, conseqüentemente, agravando os impactos da COVID-19 - especialmente sobre indígenas, comunidades tradicionais e rurais (SILVA JUNIOR et al., 2021).

Apesar de não haver necessariamente uma relação causal entre a pandemia e o desmatamento, as restrições orçamentárias impostas pela crise prejudicam áreas responsáveis pelo combate às infrações ambientais (BRANCALION et al., 2020). Vale et al. (2021) também avaliam os efeitos da pandemia no enfraquecimento da legislação ambiental e da aplicação da lei. Neste período, mostram os autores, foram propostos 57 atos legislativos que enfraquecem políticas ambientais e a atuação de entes federativos na aplicação da lei. Apesar deste aumento do desmatamento ilegal em 2020, houve redução de 72% dos autos registrados pelo IBAMA em agosto quando comparado a março do mesmo ano. Os pesquisadores também chamam atenção para demissões de pessoal que estavam diretamente a frente de operações de comando e controle para frear crimes contra o bioma amazônico.

Este trabalho busca avaliar mais precisamente se, após a mínima histórica atingida em incremento anual na perda de floresta amazônica em 2012, houve uma inflexão na atuação do regulador em termos de monitoramento e enforcement. O Brasil foi exemplo mundial em redução de emissões de carbono fruto da diminuição no desmatamento entre 2004 e 2012. Entretanto, desde então, as taxas oficiais divulgadas mostram uma tendência crescente em perda florestal. Assim, será estimada uma regressão de efeitos fixos cuja variável dependente serão os autos infracionais registrados pelo regulador (no caso, o IBAMA). As principais variáveis explicativas representarão as mudanças regulatórias que impactaram a postura da autarquia federal – por exemplo, o DETER e a política de municípios prioritários. A contribuição deste trabalho consiste em diagnosticar se o regulador teve seu poder de atuação reduzido e quais os impactos dessa inflexão nos aumentos recentes em perda florestal na ALB.

A ideia é que a autoridade ambiental, o IBAMA, ao lavrar autos e aplicar sanções administrativas, responde principalmente ao desmatamento observado (seja por denúncias voluntárias, alertas emitidos pelo INPE ou inspetorias realizadas) e às diretrizes de políticas, como a PMP que define municípios alvo para fiscalização com base no desmatamento histórico. Portanto, espera-se que tanto maior seja o desmatamento, maior a oferta de autos. Além disso, fatores heterogêneos a cada município, como infraestrutura local, vegetação, floresta original remanescente, hidrografia podem influenciar o trabalho do regulador – especialmente, no que tange,

mobilidade. Por fim, os recursos destinados à entidade fiscalizadora anualmente – sejam eles monetários ou não monetário, como capital humano qualificado, exerce um papel importante sob a sua capacidade de realizar as ações planejadas para o ano. Entretanto, assumindo que a heterogeneidade individual é pouco ou invariante ao longo dos anos, o método de efeito fixos eliminará sua influência no cômputo da estimação. A respeito do orçamento do regulador, ele é não varia entre os municípios por se tratar de uma instituição federal, logo pode ser ignorado durante a análise econométrica do modelo proposto. As variáveis de controle serão explicadas no próximo Capítulo – nele será descrita a base de dados, estatísticas descritivas e a metodologia empregada.

.

### **3 MATERIAL E MÉTODO**

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 DESCRIÇÃO DOS DADOS

Diversas bases de dados foram utilizadas neste trabalho, sendo todas públicas. A princípio, todos os dados foram agregados em frequência anual, considerando o ano base do PRODES que vai de 1º de agosto a 31º de julho – isso correu porque foram utilizadas bases de desmatamento do PRODES que utiliza essa metodologia. Para as bases originalmente de frequência mensal, a conversão para o ano base foi simples – entretanto, para bases anuais, como base de população, foi empregada uma regra de aproximação que considera o valor do ano PRODES como 5/12 do ano anterior mais 7/12 do ano corrente. A exemplo, a população do ano PRODES de 2018 será composta de 5/12 da população de 2017 mais 7/12 da população de 2018.

Tabela 1 - Variáveis do Modelo

| Variáveis                             | Descrição  | Sinal Esperado | Fonte  |
|---------------------------------------|--|----------------|--------|
| <i>Variáveis Dependentes</i>          |  |                |        |
| Autos de Infração                     | Quantidade de autos de infração registrados na AMC em t  |                | IBAMA  |
| Propriedades Embargadas               | Quantidade de terras embargadas na AMC em t  |                | IBAMA  |
| <i>Variáveis Explicativas</i>         |  |                |        |
| Autos de Infração                     | Quantidade de autos de infração em t-1   | Positivo       | IBAMA  |
| Desmatamento                          | Incremento no desmatamento anual em t-1  | Positivo       | INPE   |
| Avisos                                | Quantidade de avisos de desmatamento emitidos em t e em t-1  | Positivo       | INPE   |
| Nuvem                                 | Área em metros quadrados de cobertura de nuvem em t  | Negativo       | INPE   |
| Política de Municípios Prioritários   | Variável binária que assume 1 caso pelo menos um município da AMC esteja na Lista de Municípios Prioritários no ano t e 0 caso contrário | Positivo       | IBAMA  |
| População                             | População do Município na AMC  | Positivo       | IBGE   |
| Quantidade de terras                  | Quantidade de terras indígenas na AMC  | Negativo       | FUNAI  |
| Quantidade de Unidades de Conservação | Quantidade de unidades de conservação na AMC   | Negativo       | ICMBio |
| Consciência Ambiental                 | Razão entre votos para vereadores do Partido Verde e total de votos válidos na AMC   | Negativo       | TSE    |
| Massa salarial pc                     | Massa salarial per capita na AMC   | Positivo       | RAIS   |
| Massa salarial pc <sup>2</sup>        | Massa salarial per capita ao quadrado na AMC   | Negativo       | RAIS   |
| Rebanho bovino                        | Efetivo de cabeças de gado na AMC  | Positivo       | IBGE   |

Fonte: Elaborada pela autora

Para endereçar mudança nas malhas municipais, após a construção da base de dados a nível municipal, todas as variáveis foram agregadas em áreas mínimas comparáveis (AMCs) de acordo com as malhas disponibilizadas pelo IBGE. A Tabela 1 resume as variáveis utilizadas no modelo estimado.



A seguir será descrita todas as transformações e bases utilizadas.

#### *Infrações Registradas pelo Ibama*

As informações de autos de infração estão disponíveis na plataforma de dados abertos do IBAMA, em que cada linha da base de dados representa um auto infracional. Foram consideradas apenas autos de infração em municípios da Amazônia Legal cujo tipo se relaciona a agressões contra a flora. Além disso, foram filtrados apenas infrações cuja multa está dentro dos limites estabelecidos pela lei que vai de R\$ 50,00 a R\$ 50.000.000,00.

#### *Terras Embargadas*

A quantidade de terras, bem como área de terras embargadas foram retiradas da base de embargos do IBAMA,

#### *Avisos de Desmatamento*

Para informações sobre alertas de desmatamento, utilizou-se os dados do DETER disponibilizados pelo INPE. As áreas observadas que abrangem mais de um município foram divididas entre os municípios correspondentes, bem como a quantidade de avisos foi considerada pelo número de municípios englobados na área em específico.

Adicionalmente, o INPE também registra a área de cobertura de nuvem captada pelos satélites. Essas informações, disponibilizadas no mesmo formato dos avisos, foram tratadas de maneira similar.

#### *Desmatamento*

Utilizou-se os dados de desmatamento do Inpe divulgados pelo sistema PRODES. Segundo o IBGE, a Amazônia Legal no estado do Maranhão é composta por 181, entretanto 11 municípios estão na linha limite da Amazônia Legal, são eles: Buriti Bravo, Cachoeira Grande, Codó, Itacu, Morros, Paraibano, Presidente Vargas, São João do Soter, Senador Alexandre Costa, Timbiras e Vargem Grande. Esses

municípios foram desconsiderados do estudo por não serem acompanhados na série de desmatamento do PRODES.

### *Municípios Prioritários*

Anualmente, desde a implementação da Política de Municípios Prioritários, o IBAMA divulga uma Portaria com uma lista contendo os municípios prioritários que entraram e saíram da lista para aquele ano. Com base nessas listas, foi criado uma *dummy* que assume 1 caso o município esteja na lista de municípios prioritários em  $t$  e 0 caso não esteja.

### *Crédito Rural*

O Banco Central mensalmente divulga a “informação da Estatística Bancária Mensal [...] contemplando a posição mensal dos saldos das principais rubricas de balancetes dos bancos comerciais e dos bancos múltiplos com carteira comercial, por município”. Os saldos relativos à concessão de crédito rural foram agregados anualmente e utilizados como variáveis de controle.

### *População*

O IBGE fornece estimativas do total da população dos municípios com data de referência em 1º de julho, para o ano do calendário corrente. Para o período analisado, entretanto, a base apresentava valores faltantes para os anos de 2007 e 2010. Para preencher esses dados, foi utilizada a base de população censitária do IBGE. Como os dados de população são anuais, foi utilizada a regra de aproximação citada para transformação no ano base PRODES.

### *Produção Agrícola Municipal*

A pesquisa de Produção Agrícola Municipal (PAM), feita pelo Ministério da Agricultura, começou a ser gerada em 1938. Ela fornece conteúdo sobre área plantada total e área colhida total por município no ano referência para 64 produtos agrícolas (31 culturas temporárias e 33 permanentes). Para construir as variáveis de área plantada e área colhida no ano base PRODES implementou-se a regra de aproximação.

### *Produção Agropecuária Municipal*

Similar a PAM, a Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) fornece dados sobre efetivos da pecuária por município para a data de referência do levantamento. Dessa pesquisa, considerou-se apenas a variável de rebanho bovino devido a grande quantidade de *missing* para outras variáveis. Os poucos valores faltantes da variável de rebanho bovino foram preenchidos pela média entre a observação em  $t + 1$  e a observação em  $t - 1$  para o município específico.

### *Unidades de Conversação*

As informações de unidades de conservação são oriundas dos dados produzidos pelo ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). As unidades de conservação que abrangem mais de um município foram divididas entre os municípios correspondentes.

### *Terras Indígenas*

Informações a respeito de terras indígenas regularizadas e em processo de regulação podem ser encontradas no portal da FUNAI (Fundação Nacional do Índio). Considerou-se neste trabalho as variáveis de área e quantidade de terras homologadas e regularizadas por município. As áreas de terras indígenas que abrangem mais de um município foram divididas entre os municípios correspondentes.

### *Informação Eleitoral*

Todas as variáveis políticas vieram dos dados disponibilizados pelo Tribunal Superior Eleitoral (TSE). Tem-se a quantidade votos para eleições de vereadores em candidatos filiados ao partido verde. Com estes dados, construiu-se a variável de porcentagem de votos da população do município em candidatos do partido verde. Essa variável é importante para lidar com o problema da variável omitida que ocorre quando se ignora uma variável correlacionada com a variável dependente. Assim, setores da sociedade para os quais a questão ambiental é relevante podem pressionar o regulador para que ele adote uma postura mais rígida. Similar à abordagem de Uhr & Uhr (2014), Almer & Goeschl (2010) e Seroa da Motta (2006); incluiremos votos em

vereadores do partido verde e Rede Sustentabilidade como *proxy* para consciência ambiental da comunidade local (IPEA).

Com as informações do partido do prefeito e partido do presidente, foi criada uma variável *dummy* para indicar se o prefeito do município  $i$  no ano  $t$  é filiado ao mesmo partido do presidente do país no ano  $t$ .

### *Massa Salarial*

A massa salarial anual é a soma da massa salarial dos 12 meses, acrescido do 13º salário, isto é, o somatório do produto entre a remuneração média mensal pelo número de vínculos empregatícios ativos no mês. Essa variável veio da base de dados disponibilizada pela Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).

## 3.2 METODOLOGIA

Antes de estimar o modelo foi necessário lidar com algumas questões econométricas para garantir que a média condicional dos erros seja zero. Para endereçar o problema da causalidade reversa entre desmatamento e nível de enforcement utilizaremos um modelo autorregressivo, conforme abordagem de Uhr & Uhr (2014). Essa estratégia incorpora ao modelo variáveis defasadas de desmatamento sob o pressuposto que o regulador não altera sua conduta frente aos crimes correntes. Outro problema refere-se ao viés da variável omitida que ocorre quando ignoramos uma variável correlacionada com a variável dependente. Assim, setores da sociedade para os quais a questão ambiental é relevante podem pressionar o regulador para que ele adote uma postura mais rígida. Similar à abordagem de Uhr & Uhr (2014), Almer & Goelsch (2010) e Seroa da Motta (2006); incluiu-se a porcentagem de votos em vereadores do partido Verde como *proxy* para consciência ambiental da comunidade local.

Segundo Corrêa De Oliveira et al. (2011), a hipótese da Curva de Kuznets não se verifica na ALB. Na verdade, a relação entre desmatamento e crescimento econômico segue uma relação em “N” invertido. Segundo o autor, a maioria dos municípios na Amazônia Legal estão na fase crescente da curva em que as atividades instaladas são lucrativas e geram incentivos para expansão da produção via supressão da vegetação original. Conforme os níveis de renda vão aumentando, as pessoas terão mais acesso à educação, desenvolverão atividades mais produtivas e serão mais conscientes. Assim, será utilizado a massa salarial *per capita* para representar o nível de desenvolvimento do município – assim, municípios que estão na parte crescente da curva poderão sofrer mais inspeção por parte do regulador, por exemplo. Além disso, municípios com renda per capita alta devem apresentar maiores níveis educacionais da população – tem-se, portanto, uma consciência ambiental “mais elevada” e talvez maior pressão às autoridades no que tange punição contra violadores ambientais. Vale destacar que a opção por utilizar a massa salarial ao invés do PIB é exclusivamente devido a questões de disponibilidade de dados para o período.

Também foi adicionado ao modelo uma variável dummy para indicar se o prefeito do município  $i$  no ano  $t$  é filiado ao mesmo partido do presidente do país no ano  $t$ . O objetivo é capturar heterogeneidade de tratamento do regulador em função de possíveis influências políticas. Neste caso, podemos esperar que o IBAMA, ente federativo, sofra pressões políticas para ser mais ou menos leniente com o desmatamento nos municípios cujo prefeito corrente tem proximidade partidária com o presidente em curso. Por exemplo, se o prefeito e o presidente pertencem ao mesmo partido e este partido valoriza as questões ambientais, o IBAMA pode ser “duplamente” pressionado para atuar mais rigidamente no município. Entretanto, se o partido é mais leniente com a pauta, o oposto pode ocorrer.

Esse trabalho utilizará o modelo de regressão de efeitos fixos. Esse método é importante para endereçar o problema da heterogeneidade não observada. Dessa forma, quaisquer características invariantes ao longo do tempo como solo, tipo de vegetação, hidrografia (determinantes do desmatamento) serão eliminadas do cômputo da regressão. O objetivo deste trabalho será capturar o efeito das políticas

de combate ao desmatamento no comportamento do Regulador, com enfoque especial nas Políticas de Municípios Prioritários e no DETER.

Assim, estimou-se o seguinte modelo econométrico:

$$\gamma_{i,t} = \alpha + \beta_1 MP_{i,t} + \beta_2 A_{i,t} + \beta_3 D_{i,t-1} + \delta X'_{i,t} + \rho_t + c_i + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

onde  $i$  indexa a unidade de variação ( $i = 1, \dots, 738$ ), ou seja, os municípios da Amazônia Legal;  $t$  indexa a unidade de tempo ( $t = 2002, \dots, 2019$ );  $\gamma_{i,t}$  representa a quantidade de autos de infração registrados pelo IBAMA (proxy para *enforcement*);  $D$  representa o log do incremento no desmatamento;  $MP$  é uma *dummy* que assume 1 caso o município tenha sido prioritário e 0 caso não tenha sido;  $A$  representa a quantidade de avisos emitidos pelo DETER;  $X'_{i,t}$  contém as demais variáveis de controle conforme mencionado anteriormente;  $\rho_t$  e  $c_i$  representam os efeitos fixos de ano e município, respectivamente. Por fim,  $(\beta_1, \beta_2)$  são os parâmetros de interesse a serem estimados e  $\varepsilon_{i,t}$  é o erro idiossincrático.

### 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Nas Tabelas seguintes é possível visualizar as estatísticas descritivas das variáveis por período. O objetivo desta divisão é facilitar a análise da atuação do Regulador ao longo tempo. As divisões dos períodos foram escolhidas com base em ciclos eleitorais e intervalos de mudanças nas políticas de combate ao desmatamento.

Tabela 2 - Estatísticas Descritivas para o Período Entre 2002 e 2019

| <b>Variáveis</b>        | <b>Observações</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio-padrão</b> | <b>Mín</b> | <b>Máx</b>   |
|-------------------------|--------------------|--------------|----------------------|------------|--------------|
| Autos de Infração       | 13.284             | 7,4          | 24,7                 | 0.00       | 777.00       |
| Propriedades Embargadas | 13.284             | 2,7          | 12,6                 | 0.00       | 379.00       |
| Desmatamento            | 13.284             | 16,2         | 57,1                 | 0,0        | 1.407,9      |
| Avisos                  | 13.284             | 12,0         | 59,4                 | 0.00       | 1.51         |
| Nuvem                   | 13.284             | 2.861.656,0  | 11.277.871,0         | 0.00       | 240.960.731  |
| População               | 13.284             | 32.499,7     | 102.873,7            | 941,4      | 2.160.994,0  |
| Terras Indígenas        | 13.284             | 0,03         | 0,3                  | 0.00       | 9.00         |
| Unidades de Conservação | 13.284             | 0,03         | 0,2                  | 0.00       | 7.00         |
| Consciência Ambiental   | 13.284             | 2,9          | 4,9                  | 0.00       | 41.00        |
| Massa salarial pc       | 13.284             | 52.017,2     | 372.918,2            | 0,0        | 12.307.800,0 |
| Rebanho bovino          | 13.284             | 102.316,7    | 163.968,8            | 10.00      | 2.253.639    |

Nota: Elaborada pela autora.

Tabela 3 - Estatísticas Descritivas para o Período Entre 2002 e 2003

| <b>Variáveis</b>        | <b>Observações</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio-padrão</b> | <b>Mín</b> | <b>Máx</b>  |
|-------------------------|--------------------|--------------|----------------------|------------|-------------|
| Autos de Infração       | 3.69               | 9,6          | 26,3                 | 0.00       | 536.00      |
| Propriedades Embargadas | 3.69               | 1,7          | 7,0                  | 0.00       | 167.00      |
| Desmatamento            | 3.69               | 23,5         | 72,0                 | 0,0        | 1.407,9     |
| Avisos                  | 3.69               | 11,5         | 53,4                 | 0.00       | 1.49        |
| Nuvem                   | 3.69               | 3.037.435,0  | 11.668.691,0         | 0.00       | 222.821.594 |
| População               | 3.69               | 30.141,2     | 95.761,5             | 997,8      | 1.672.605,0 |
| Terras Indígenas        | 3.69               | 0,1          | 0,4                  | 0.00       | 5.00        |
| Unidades de Conservação | 3.69               | 0,1          | 0,3                  | 0.00       | 7.00        |
| Consciência Ambiental   | 3.69               | 2,2          | 4,7                  | 0.00       | 34.00       |
| Massa salarial pc       | 3.69               | 0,001        | 0,002                | 0,0        | 0,03        |
| Rebanho bovino          | 3.69               | 96.167,0     | 147.277,2            | 10,0       | 1.719.747,0 |

Nota: Elaborada pela autora.

Tabela 4 - Estatísticas Descritivas para o Período Entre 2004 e 2008

| <b>Variáveis</b>        | <b>Observações</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio-padrão</b> | <b>Mín</b> | <b>Máx</b>  |
|-------------------------|--------------------|--------------|----------------------|------------|-------------|
| Autos de Infração       | 3690               | 9,6          | 26,3                 | 0.00       | 536.00      |
| Propriedades Embargadas | 3690               | 1,7          | 7,0                  | 0.00       | 167.00      |
| Desmatamento            | 3690               | 23,5         | 72,0                 | 0,0        | 1.407,9     |
| Avisos                  | 3690               | 11,5         | 53,4                 | 0.00       | 1.49        |
| Nuvem                   | 3690               | 3.037.435,0  | 11.668.691,0         | 0.00       | 222.821.594 |
| População               | 3690               | 30.141,2     | 95.761,5             | 997,8      | 1.672.605,0 |
| Terras Indígenas        | 3690               | 0,1          | 0,4                  | 0.00       | 5.00        |
| Unidades de Conservação | 3690               | 0,1          | 0,3                  | 0.00       | 7.00        |
| Consciência Ambiental   | 3690               | 2,2          | 4,7                  | 0.00       | 34.00       |
| Massa salarial pc       | 3690               | 0,001        | 0,002                | 0,0        | 0,03        |
| Rebanho bovino          | 3690               | 96.167,0     | 147.277,2            | 10,0       | 1.719.747,0 |

Nota: Elaborada pela autora.

Tabela 5 - Estatísticas Descritivas para o Período Entre 2009 e 2010

| <b>Variáveis</b>        | <b>Observações</b> | <b>Média</b> | <b>Desvio-padrão</b> | <b>Mín</b> | <b>Máx</b>    |
|-------------------------|--------------------|--------------|----------------------|------------|---------------|
| Autos de Infração       | 1.476              | 7,2          | 22,7                 | 0.00       | 533.00        |
| Propriedades Embargadas | 1.476              | 3,3          | 10,2                 | 0.00       | 213.00        |
| Desmatamento            | 1.476              | 8,7          | 28,0                 | 0,0        | 444,4         |
| Avisos                  | 1.476              | 5,3          | 19,5                 | 0.00       | 299.00        |
| Nuvem                   | 1.476              | 8.955.345,0  | 22.362.641,0         | 35.657,6   | 240.960.731,0 |
| População               | 1.476              | 31.737,7     | 99.977,5             | 1.090,7    | 1.765.046,0   |
| Terras Indígenas        | 1.476              | 0,1          | 0,5                  | 0.00       | 9.00          |
| Unidades de Conservação | 1.476              | 0,02         | 0,2                  | 0.00       | 3.00          |
| Consciência Ambiental   | 1.476              | 3,8          | 5,3                  | 0.00       | 31.00         |
| Massa salarial pc       | 1.476              | 0,002        | 0,002                | 0,000      | 0,02          |
| Rebanho bovino          | 1.476              | 100.284,3    | 157.740,9            | 13,4       | 1.957.991,0   |

Nota: Elaborada pela autora.



Tabela 6 - Estatísticas Descritivas para o Período Entre 2011 e 2015

| Variáveis               | Observações | Média       | Desvio-padrão | Mín   | Máx           |
|-------------------------|-------------|-------------|---------------|-------|---------------|
| Autos de Infração       | 3690        | 6,3         | 24,5          | 0.00  | 660.00        |
| Propriedades Embargadas | 3690        | 3,2         | 13,8          | 0.00  | 353.00        |
| Desmatamento            | 3690        | 7,3         | 23,4          | 0,0   | 324,9         |
| Avisos                  | 3690        | 5,4         | 23,8          | 0.00  | 474.00        |
| Nuvem                   | 3690        | 3.662.114,0 | 9.828.742,0   | 0,0   | 141.322.334,0 |
| População               | 3690        | 33.956,2    | 106.397,2     | 990,0 | 2.035.889,0   |
| Terras Indígenas        | 3690        | 0,02        | 0,2           | 0.00  | 4.00          |
| Unidades de Conservação | 3690        | 0,01        | 0,1           | 0.00  | 2.00          |
| Consciência Ambiental   | 3690        | 3,6         | 4,9           | 0.00  | 31.00         |
| Massa salarial pc       | 3690        | 0,003       | 0,003         | 0,000 | 0,05          |
| Rebanho bovino          | 3690        | 108.450,6   | 175.284,9     | 15,4  | 2.253.639,0   |

Nota: Elaborada pela autora.

Tabela 7 - Estatísticas Descritivas para o Período Entre 2016 e 2019

| Variáveis               | Observações | Média     | Desvio-padrão | Mín    | Máx         |
|-------------------------|-------------|-----------|---------------|--------|-------------|
| Autos de Infração       | 2.952       | 6,1       | 25,1          | 0.00   | 777.00      |
| Propriedades Embargadas | 2.952       | 4,4       | 18,9          | 0.00   | 379.00      |
| Desmatamento            | 2.952       | 11,2      | 39,0          | 0,0    | 575,4       |
| Avisos                  | 2.952       | 30,1      | 104,7         | 0.00   | 1.51        |
| Nuvem                   | 2.952       | 25.344,6  | 140.010,9     | 0.00   | 3.049.640   |
| População               | 2.952       | 36.250,2  | 114.375,1     | 941.00 | 2.160.994   |
| Terras Indígenas        | 2.952       | 0,01      | 0,2           | 0.00   | 3.00        |
| Unidades de Conservação | 2.952       | 0,01      | 0,2           | 0.00   | 4.00        |
| Consciência Ambiental   | 2.952       | 3,6       | 5,3           | 0.00   | 41.00       |
| Massa salarial pc       | 2.952       | 0,003     | 0,003         | 0,000  | 0,03        |
| Rebanho bovino          | 2.952       | 116.114,8 | 188.813,7     | 11,8   | 2.250.402,0 |

Nota: Elaborada pela autora.



## **4 RESULTADOS**

## 4 RESULTADOS

Nessa seção, é apresentado os resultados do modelo econométrico apresentado. Para a estimação do modelo, poderia ser utilizado o método de Mínimo Quadrados Ordinários em que os dados seriam “empilhados” para cada município. O problema deste método é não levar em consideração a heterogeneidade individual de cada unidade, além disso, o teste de Breush-Pagan confirmou que os erros são serialmente correlacionados, o que torna o método ineficiente (UHR; UHR, 2014). Dessa forma, optou-se apenas por mostrar os resultados da estimação pelo método de Efeitos Fixos.

Como o teste de Hausmann, mostrou que a parte não observada está correlacionada às variáveis explicativas, o método de Efeitos Fixos, de fato, parece o mais apropriado para captar os efeitos desejados.

A primeira tabela (Tabela 9) de resultados mostra o impacto das variáveis explicativas sob a quantidade de autos de infração, considerando o modelo apresentado no capítulo anterior. A primeira regressão, a mais simples, revela que existe uma correção positiva e significativa entre a quantidade de autos registrados pelo Regulador no período anterior e a quantidade de auto registrado no período seguinte. A quantidade de avisos emitidos pelo Deter, segundo os resultados, é significativa e positiva – o que confirma estudos anteriores sobre a efetividade desses avisos em direcionar a atuação do IBAMA.

Na segunda regressão, a quantidade de avisos foi substituída por uma variável de interação entre a dummy de ano com a variável de quantidade de avisos. O objetivo dessa regressão é compreender como os alertas do INPE impactaram a variável dependente em cada período de interesse. Percebe-se que todos os coeficientes das variáveis de interação na segunda regressão são significantes, mas apenas para 2009 a 2021, o coeficiente aparece negativo. Vale destacar que em 2009

a economia havia sido afetada pela Crise Econômica de 2008 o que pode ter afetado o desempenho no período. Nas Tabelas 4 e 5, percebe-se que a média de avisos caiu em relação ao período anterior.

O coeficiente 0.016 da interação 2004 a 2008 é o menor coeficiente positivo durante o período, sugerindo talvez um período de adaptação pela implementação da política de alertas emitidos pelo INPE. Neste período, a metodologia de detecção de desmatamento via satélite era inferior à aplicada atualmente, permitindo apenas detecção de áreas a partir de 25 hectares e com resolução de imagem limitada.

Tabela 8 - Tabela de resultados nas regressões - Quantidade de autos de infração

|                            |    | <i>Variável dependente:</i>     |                     |                     |                     |
|----------------------------|----|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                            |    | Quantidade de autos de infração |                     |                     |                     |
|                            |    | (1)                             | (2)                 | (3)                 | (4)                 |
| Desmatamento em t-1        |    | 0.241<br>(0.161)                | 0.222<br>(0.157)    | 0.243<br>(0.161)    | 0.243<br>(0.152)    |
| Quantidade de autos em t-1 | de | 0.352***<br>(0.009)             | 0.350***<br>(0.008) | 0.351***<br>(0.009) | 0.344***<br>(0.008) |
| Quantidade de avisos       | de | 0.025***<br>(0.003)             |                     | 0.029***<br>(0.003) |                     |
| Área da cobertura de nuvem |    | 0.012<br>(0.035)                | -0.005<br>(0.034)   | 0.004<br>(0.035)    | -0.010<br>(0.033)   |

|                                  |                          |                         |                          |                         |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Município Prioritário            | -0.520<br>(5.710)        | -12.363**<br>(5.586)    |                          | -11.531**<br>(5.424)    |
| População                        | -0.00004***<br>(0.00001) | -0.0001***<br>(0.00001) | -0.00004***<br>(0.00001) | -0.0001***<br>(0.00001) |
| Terras indígenas                 | 0.503<br>(0.416)         | 0.601<br>(0.403)        | 0.505<br>(0.415)         | 0.356<br>(0.391)        |
| Unidade de conservação           | -0.228<br>(1.269)        | 1.582<br>(1.236)        | -0.224<br>(1.267)        | 0.657<br>(1.217)        |
| % de votos no PV                 | 1.996<br>(3.670)         | 0.846<br>(3.563)        | 1.112<br>(3.666)         | 1.869<br>(3.448)        |
| Área das UCs                     | 0.016<br>(0.108)         | -0.023<br>(0.105)       | 0.018<br>(0.108)         | -0.031<br>(0.102)       |
| Massa salarial                   | 1.176***<br>(0.301)      | 1.080***<br>(0.293)     | 1.175***<br>(0.301)      | 1.071***<br>(0.283)     |
| Rebanho bovino                   | 0.00004***<br>(0.00000)  | 0.00001<br>(0.00000)    | 0.00004***<br>(0.00000)  | 0.00001***<br>(0.00000) |
| Alinhamento partidário           | -0.030<br>(0.512)        | 0.313<br>(0.497)        | 0.019<br>(0.511)         | 0.331<br>(0.480)        |
| Interação aviso<br>(2004 a 2008) |                          | 0.016***<br>(0.006)     |                          |                         |

Interação aviso  
(2009 a 2010) -0.049\*\*

(0.022)

Interação aviso  
(2011 a 2015) 0.359\*\*\*

(0.014)

Interação aviso  
(2016 a 2019) 0.048\*\*\*

(0.004)

Interação MP  
(2009 a 2010) 44.526\*\*\*

(12.207)

Interação MP  
(2011 a 2015) 9.954

(6.480)

Interação MP  
(2016 a 2019) -26.960\*\*\*

(7.864)

Interação aviso  
2004 0.005

(0.006)

Interação aviso  
2005 0.049\*\*\*

(0.011)

---

|                   |       |                          |
|-------------------|-------|--------------------------|
| Interação<br>2006 | aviso | -0.036**<br><br>(0.017)  |
| Interação<br>2007 | aviso | 0.148***<br><br>(0.036)  |
| Interação<br>2008 | aviso | 0.414***<br><br>(0.032)  |
| Interação<br>2009 | aviso | 0.012<br><br>(0.026)     |
| Interação<br>2010 | aviso | -0.128***<br><br>(0.035) |
| Interação<br>2011 | aviso | 0.288***<br><br>(0.028)  |
| Interação<br>2012 | aviso | -0.140***<br><br>(0.041) |
| Interação<br>2013 | aviso | 0.699***<br><br>(0.031)  |
| Interação<br>2014 | aviso | 0.248***<br><br>(0.028)  |



|                   |       |          |         |
|-------------------|-------|----------|---------|
| Interação<br>2015 | aviso | 0.407*** | (0.016) |
| Interação<br>2016 | aviso | 0.108*** | (0.005) |
| Interação<br>2017 | aviso | 0.053*** | (0.007) |
| Interação<br>2018 | aviso | 0.028*** | (0.007) |
| Interação<br>2019 | aviso | 0.008    | (0.005) |

|                         |                             |                             |                             |                             |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Observações             | 12,546                      | 12,546                      | 12,546                      | 12,546                      |
| R <sup>2</sup>          | 0.154                       | 0.203                       | 0.157                       | 0.257                       |
| R <sup>2</sup> ajustado | 0.098                       | 0.151                       | 0.102                       | 0.207                       |
| Estatística F           | 164.309*** (df = 13; 11779) | 187.764*** (df = 16; 11776) | 136.777*** (df = 16; 11776) | 145.085*** (df = 28; 11764) |

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

Na Tabela 8 o coeficiente da variável de interação para o período de 2011 a 2015 para a segunda regressão apresentou o valor de maior magnitude. Este intervalo de tempo foi governado pela ex-Presidente Dilma Rousseff depois de oito anos de governo do ex-Presidente Lula. Esta mudança pode ter impactado a performance do IBAMA. Entretanto, esse período, como observado na seção de Estatísticas

Descritivas, o desmatamento volta a subir em relação ao período anterior de queda expressiva entre 2004 e 2012.

O que mais chama atenção é o coeficiente de interação para o período de 2016 a 2019 que caiu significativamente em relação ao período anterior (0.048\*\*\*). Esse resultado vai em linha oposta ao fato de que a média do desmatamento havia subido em relação ao período da interação anterior (comparar as Tabelas 5 e 6) e ao fato de que a metodologia utilizada pelo INPE se tornou mais precisa a partir de 2015. Por outro, como aponta Menegassi (2021), o orçamento do IBAMA caiu consideravelmente em 2014 em relação a 2013 e se manteve neste novo patamar até 2019 – o que pode ter afetado consideravelmente a capacidade de resposta do IBAMA frente aos alertas de desmatamento na Amazônia Legal.

A terceira regressão busca explorar a interação entre as *dummies* de período e a *dummy* de município prioritário. O coeficiente da interação entre 2009 e 2011 confirma o que estudos anteriores (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2015) que revelam a efetividade da política em orientar as ações do IBAMA. Entretanto, como mostra a Tabela 8, essa efetividade caiu ao longo do tempo chegando a ser negativa entre 2016 e 2019 – é importante, que trabalhos futuros explorem essa questão: A Política deixou de direcionar a atuação do IBAMA?

Por fim, a quarta regressão da Tabela 8 mostra os resultados considerando as interações de avisos ano a ano.

Tabela 1 - Tabela de Resultado das Regressões - Quantidade de Propriedades Embargadas

| <i>Variável Dependente:</i>           |     |     |     |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|
| Quantidade de Propriedades Embargadas |     |     |     |
| (1)                                   | (2) | (3) | (4) |

|                               |                        |                         |                        |                         |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Desmatamento<br>em t-1        | 0.144<br>(0.094)       | 0.188**<br>(0.091)      | 0.146<br>(0.094)       | 0.151**<br>(0.076)      |
| Quantidade de<br>autos em t-1 | 0.110***<br>(0.005)    | 0.096***<br>(0.005)     | 0.110***<br>(0.005)    | 0.064***<br>(0.004)     |
| Quantidade de<br>avisos       | 0.020***<br>(0.002)    |                         | 0.019***<br>(0.002)    |                         |
| Área da cobertura<br>de nuvem | -0.011<br>(0.020)      | -0.027<br>(0.020)       | -0.008<br>(0.020)      | -0.002<br>(0.016)       |
| Município<br>Prioritário      | 15.178***<br>(3.341)   | 2.243<br>(3.236)        |                        | -2.400<br>(2.720)       |
| População                     | 0.0001***<br>(0.00001) | 0.00005***<br>(0.00001) | 0.0001***<br>(0.00001) | 0.00004***<br>(0.00001) |
| Terras indígenas              | -0.131<br>(0.243)      | -0.148<br>(0.234)       | -0.131<br>(0.243)      | -0.054<br>(0.196)       |

|                                  |                       |                        |                       |                        |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| Unidade de conservação           | -4.392 <sup>***</sup> | -2.620 <sup>***</sup>  | -4.382 <sup>***</sup> | -0.981                 |
|                                  | (0.743)               | (0.716)                | (0.743)               | (0.610)                |
| % de votos no PV                 | -2.069                | -1.691                 | -2.033                | -0.541                 |
|                                  | (2.148)               | (2.064)                | (2.148)               | (1.729)                |
| Área das UCs                     | 0.152 <sup>**</sup>   | 0.095                  | 0.151 <sup>**</sup>   | 0.005                  |
|                                  | (0.063)               | (0.061)                | (0.063)               | (0.051)                |
| Massa salarial                   | -0.119                | -0.066                 | -0.120                | -0.070                 |
|                                  | (0.176)               | (0.169)                | (0.176)               | (0.142)                |
| Rebanho bovino                   | 0.0001 <sup>***</sup> | 0.00003 <sup>***</sup> | 0.0001 <sup>***</sup> | 0.00002 <sup>***</sup> |
|                                  | (0.00000)             | (0.00000)              | (0.00000)             | (0.00000)              |
| Alinhamento partidário           | -0.209                | -0.057                 | -0.223                | -0.044                 |
|                                  | (0.299)               | (0.288)                | (0.299)               | (0.241)                |
| Interação aviso<br>(2004 a 2008) |                       | -0.043 <sup>***</sup>  |                       |                        |
|                                  |                       | (0.003)                |                       |                        |
| Interação aviso<br>(2009 a 2010) |                       | 0.051 <sup>***</sup>   |                       |                        |
|                                  |                       | (0.013)                |                       |                        |

|               |       |           |           |
|---------------|-------|-----------|-----------|
| Interação     | aviso | 0.169***  |           |
| (2011 a 2015) |       | (0.008)   |           |
| Interação     | aviso | 0.052***  |           |
| (2016 a 2019) |       | (0.002)   |           |
| Interação     | MP    | -1.625    |           |
| (2004 a 2008) |       | (9.539)   |           |
| Interação     | MP    | 19.731*** |           |
| (2009 a 2010) |       | (7.153)   |           |
| Interação     | MP    | 10.544*** |           |
| (2011 a 2015) |       | (3.797)   |           |
| Interação     | MP    | 25.109*** |           |
| (2016 a 2019) |       | (4.608)   |           |
| Interação     | aviso |           | -0.030*** |
| 2004          |       |           | (0.003)   |

---

|                   |       |                          |
|-------------------|-------|--------------------------|
| Interação<br>2005 | aviso | -0.050***<br><br>(0.005) |
| Interação<br>2006 | aviso | -0.070***<br><br>(0.008) |
| Interação<br>2007 | aviso | 0.045**<br><br>(0.018)   |
| Interação<br>2008 | aviso | 0.139***<br><br>(0.016)  |
| Interação<br>2009 | aviso | 0.190***<br><br>(0.013)  |
| Interação<br>2010 | aviso | -0.031*<br><br>(0.017)   |
| Interação<br>2011 | aviso | 0.124***<br><br>(0.014)  |

---

|                   |       |                         |
|-------------------|-------|-------------------------|
| Interação<br>2012 | aviso | 0.190***<br><br>(0.021) |
| Interação<br>2013 | aviso | 0.650***<br><br>(0.016) |
| Interação<br>2014 | aviso | 0.341***<br><br>(0.014) |
| Interação<br>2015 | aviso | 0.119***<br><br>(0.008) |
| Interação<br>2016 | aviso | 0.063***<br><br>(0.003) |
| Interação<br>2017 | aviso | 0.226***<br><br>(0.003) |
| Interação<br>2018 | aviso | 0.047***<br><br>(0.004) |

|                             |                             |                             |                             |                             |         |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| Interação                   | aviso                       |                             |                             |                             | 0.006** |
| 2019                        |                             |                             |                             |                             | (0.002) |
| Observations                | 12,546                      | 12,546                      | 12,546                      | 12,546                      |         |
| R <sup>2</sup>              | 0.154                       | 0.220                       | 0.155                       | 0.454                       |         |
| Adjusted R <sup>2</sup>     | 0.099                       | 0.169                       | 0.100                       | 0.418                       |         |
| F Statistic                 | 164.959*** (df = 13; 11779) | 207.264*** (df = 16; 11776) | 134.993*** (df = 16; 11776) | 349.986*** (df = 28; 11764) |         |
| *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01 |                             |                             |                             |                             |         |

A Tabela 8 mostra os resultados das regressões, considerando a quantidade de propriedades embargadas pelo IBAMA como variável dependente. Na regressão (1) da Tabela 9 mostra que tanto os alertas emitidos pelo INPE quanto a política de Municípios Prioritários são significantes e positivos sob a quantidade de terras embargadas pelo Regulador. Sendo que a política de MP tem efeito consideravelmente maior sob a variável dependente. Na regressão (2), buscou-se estimar o efeito das variáveis de interação entre as dummies de período e a quantidade de alertas emitidos. Assim que como na Tabela 8, percebe-se que houve uma redução do impacto dos avisos de desmatamento emitidos pelo INPE sob o embargo de terras ao longo do tempo. No caso da política de MP (regressão (3)), foi o oposto - eficácia da política de orientar as ações do IBAMA relacionadas ao embargo de propriedades cresceu ao longo do tempo.

Na última regressão (4) verifica-se os resultados considerando as interações de avisos ano a ano.



## **5 CONCLUSÃO**

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a atuação do regulador no que diz respeito à aplicação da lei no combate a crimes contra flora na Amazônia Legal Brasileira (ALB) entre 2002 e 2019. O Brasil foi exemplo mundial em redução de emissões de carbono fruto da diminuição no desmatamento entre 2004 e 2012. Entretanto, desde então, as taxas oficiais divulgadas mostram que a perda florestal está em tendência crescente. Assim, foram estimadas duas regressões de efeitos fixos cuja, um considerando a variável dependente como a quantidade de os autos infracionais registrados pelo IBAMA e a outra considerando a variável dependente como a quantidade de propriedades embargadas. As principais variáveis explicativas representaram as mudanças regulatórias que impactaram a postura da autarquia federal – por exemplo, o DETER (Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real) e a política de municípios prioritários. A contribuição deste trabalho consistiu em diagnosticar se o IBAMA teve seu poder de atuação reduzido.

Os resultados parecem confirmar a hipótese levantada de que fato houve uma mudança na postura do Regulador. Foi mostrado que o coeficiente de interação (Tabela 8) para o período de 2016 a 2019 caiu significativamente em relação ao período anterior (0.048\*\*\*). Esse resultado vai em linha oposta ao fato de que a média do desmatamento havia subido em relação ao período da interação anterior (comparar as Tabela 6 e 7) e ao fato de que a metodologia utilizada pelo INPE se tornou mais precisa a partir de 2015. O mesmo ocorre com a Política de Municípios Prioritários (Tabela 8) em que o coeficiente de interação caiu sua magnitude ao longo do tempo.

Vale destacar que é importante que estudos futuros explorem mais essa evolução. Este trabalho, por exemplo, não explorou o efeito do orçamento anual do IBAMA per se na sua atuação. Apesar dessa questão ser resolvida pelo modelo de efeitos fixos, seria interessante uma análise de séries temporais multivariada que estudasse o impacto do orçamento atual sobre a quantidade de autos aplicados. Além

disso, este trabalho não avaliou qual o impacto da inflexão da postura do regulador nas taxas de desmatamento no período.

## REFERÊNCIAS

- ABESSA, D.; FAMÁ, A.; BURUAEM, L. The systematic dismantling of Brazilian environmental laws risks losses on all fronts. *Nature Ecology and Evolution*, v. 3, n. 4, p. 510–511, 1 abr. 2019.
- AFSAH, S.; LAPLANTE, B.; WHEELER, D. Controlling Industrial Pollution: A new paradigm. *Policy research working papers*. Washington, DC: [s.n.].
- ALMER, C.; GOESCHL, T. Environmental Crime and Punishment: Empirical Evidence from the German Penal Code. *Land Economics*, v. 86, n. 4, p. 707–710, 2010.
- AMARAL, D. F. et al. Expansion of soybean farming into deforested areas in the amazon biome: the role and impact of the soy moratorium. *Sustainability Science*, v. 16, n. 4, p. 1295–1312, 2021.
- ARIMA, E. Y. et al. Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. *Land Use Policy*, v. 41, p. 465–473, 2014.
- ASSUNÇÃO, J. et al. THE EFFECT OF RURAL CREDIT ON DEFORESTATION: EVIDENCE FROM THE BRAZILIAN AMAZON \*. *The Economic Journal*, v. 130, p. 290–330, 2019.
- ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: Prices or policies? *Environment and Development Economics*, v. 20, n. 6, p. 697–722, 1 dez. 2015.
- ASSUNÇÃO, J.; ROCHA, R. Getting greener by going black: The effect of blacklisting municipalities on Amazon deforestation. *Environment and Development Economics*, v. 24, n. 2, p. 115–137, 1 abr. 2019.
- BECKER, G. .; LANDES, W. Essays in the economics of crime and punishment – crime and punishment: an economic approach. *National Bureau of Economic Research*, v. 1, n. 2, p. 120–132, 1974.

BECKER, G. S. Crime and Punishment: An Economic Approach. Source: Journal of Political Economy, v. 76, n. 2, p. 169–217, 1968.

BRANCALION, P. H. S. et al. Emerging threats linking tropical deforestation and the COVID-19 pandemic. Perspectives in Ecology and Conservation, v. 18, n. 4, p. 243–246, 1 out. 2020.

CARVALHO, W. D. et al. Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. Perspectives in Ecology and Conservation, v. 17, n. 3, p. 122–130, 1 jul. 2019.

CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S. Determinants of land use in amazônia: a fine-scale spatial analysis. American Journal of Agricultural Economics, v. 85, n. 4, p. 1016–1028, 2003.

COHEN, M. A. Empirical Research on the Deterrent Effect of Environmental Monitoring and Enforcement. The Environmental Law Reporter, v. 30, p. 10245–10252, 2000.

CORRÊA DE OLIVEIRA, R. et al. Desmatamento e Crescimento Econômico no Brasil: uma análise da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 49, n. 3, p. 709–740, 2011.

DE ALENCAR, B. Menos de 2 % das multas aplicadas passaram por audiência de conciliação nos últimos 2 anos , aponta Ibama ao TCU. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2021/05/06/menos-de-2percent-das-multas-aplicadas-passaram-por-audiencia-de-conciliacao-nos-ultimos-2-anos-aponta-ibama-ao-tcu.ghtml>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

FUNDO AMAZÔNIA. Fortalecimento do controle e do monitoramento ambiental para o combate ao desmatamento ilegal na Amazônia. Disponível em: <<http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/projeto/Fortalecimento-do-Controle-e-do-Monitoramento-Ambiental-para-o-Combate-ao-Desmatamento-Ilegal-na-Amazonia/?contrato>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

GALLEGO, J. et al. A study of environmental infractions for Brazilian municipalities: a spatial dynamic panel approach. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<<https://uc.socioambiental.org/noticia/acoes-de-fiscalizacao-do-IBAMA-e-de-parceiros-levam-a->>.

GANDOUR, C.; ROCHA, R. DETErRing Deforestation in the Amazon: Environmental Monitoring and Law Enforcement. v. 55, n. 21, p. 48, maio 2017.

GIBBS, H. K. et al. Brazil's Soy Moratorium. *Science*, v. 347, n. 6220, p. 377–378, 2015.

HARDING, T.; HERZBERG, J.; KURALBAYEVA, K. Commodity prices and robust environmental regulation: Evidence from deforestation in Brazil. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 108, p. 102452, 1 jul. 2021.

HOUGHTON, R. Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions. *Tropical Deforestation and Climate Change*. Washington DC - USA: [s.n.].

LAURANCE, W. F. Reflections on the tropical deforestation crisis. *Biological Conservation*, v. 91, n. 2–3, p. 109–117, 1999.

MARGULIS, S. Causas do desmatamento da Amazônia brasileira. [s.l.] Banco Mundial, 2003.

MENEGASSI, D. Ministério do Meio Ambiente tem menor orçamento das últimas duas décadas. *Oeco*, n. 22, p. 1–12, 2021.

MMA. Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal. Brasília, DF: [s.n.]. Disponível em: <[http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/PPCDAM\\_fase1.pdf](http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/PPCDAM_fase1.pdf)>.

NOGUEIRA, E. M. et al. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, v. 256, n. 11, p. 1853–1867, 20 nov. 2008.

PAIVA, P. F. P. R. et al. Deforestation in protect areas in the Amazon: a threat to biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, v. 29, n. 1, p. 19–38, 2020.

PAN, Y. et al. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, v. 333, n. 6045, p. 988–993, 2011.

RODRIGUES-FILHO, S. et al. Election-driven weakening of deforestation control in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, v. 43, p. 111–118, 2015.

SEROA DA MOTTA, R. Analyzing the environmental performance of the Brazilian industrial sector. *Ecological Economics*, v. 57, n. 2, p. 269–281, 1 maio 2006.

SHIMSHACK, J. P. The economics of environmental monitoring and enforcement. *Annual Review of Resource Economics*, v. 6, n. 1, p. 339–360, 2014.

SILVA JUNIOR, C. H. L. et al. The Brazilian Amazon deforestation rate in 2020 is the greatest of the decade. *Nature Ecology and Evolution*, v. 5, n. 2, p. 144–145, 1 fev. 2021.

UHR, J. G. Z.; UHR, D. DE A. P. Infrações ambientais e a reputação do regulador: Análise em dados de painel para o Brasil. *Estudos Economicos*, v. 44, n. 1, p. 69–103, 2014.

VALE, M. M. et al. The COVID-19 pandemic as an opportunity to weaken environmental protection in Brazil. *Biological Conservation*, v. 255, p. 108994, mar. 2021.

VILLAYERDE, J. A grave crise do Ibama. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/blogs/joao-villaverde/a-grave-crise-do-ibama/>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

VINHAS, L. et al. Metodologia Utilizada nos Projetos PRODES e DETER, 2019. Disponível em: <[http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/Metodologia\\_Prodes\\_Deter\\_revisada.pdf](http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/Metodologia_Prodes_Deter_revisada.pdf)>

ZHAO, X. et al. Corporate behavior and competitiveness: impact of environmental regulation on Chinese firms. *Journal of Cleaner Production*, v. 86, p. 311–322, 2014.





