

# A Fiscalização Ambiental e o Desmatamento na Amazônia Legal: uma Análise para o Período de 2004 a 2019

## The Environmental Inspection and Deforestation in the Legal Amazon: an Analysis for the Period 2004-2019

Maria Analice dos Santos Sampaio<sup>i</sup>  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brasil

Ana Cléssia Pereira Lima de Araújo<sup>ii</sup>  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brasil

Filipe Augusto Xavier Lima<sup>iii</sup>  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brasil

Edward Martins Costa<sup>iv</sup>  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brasil

**Resumo:** Este artigo analisa a relação entre a fiscalização ambiental e o desmatamento na Amazônia Legal, utilizando como marco a criação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, instituído em 2004. Na metodologia, verificaram-se os autos de infração, que representam os delitos contra a flora, aplicados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis. A variável de resultado corresponde ao incremento anual no desmatamento extraída do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, incorporando também algumas variáveis explicativas, que podem estar associadas ao desmatamento, para o período de 2004 a 2019. Há, assim, uma relação positiva entre o incremento anual no desmatamento e na quantidade de multas aplicadas. Por outro lado, o valor das infrações influencia negativamente o incremento no desmatamento, indicando que um aumento de 1% no valor das multas aplicadas reduz o incremento anual no desmatamento em cerca de 4,81%.

<sup>i</sup> Mestre em Economia Rural. Doutoranda em Economia Rural (PPGER/UFC). analicesampaio@alu.ufc.br. <https://orcid.org/0000-0002-2223-1665>

<sup>ii</sup> Mestre em Economia Rural. Doutoranda em Economia Rural (PPGER/UFC). anaclessia.lima@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-1659-8070>

<sup>iii</sup> Doutor em Extensão Rural. Professor do Departamento de Economia Agrícola (DEA/UFC). filipeaxlima@ufc.br. <https://orcid.org/0000-0003-4235-1311>

<sup>iv</sup> Doutor em Economia. Professor do Departamento de Economia Agrícola (DEA/UFC). edwardcosta@ufc.br. <https://orcid.org/0000-0002-9187-8534>

**Palavras-chave:** Meio Ambiente; Infrações; Legislação Ambiental; Multas.

**Abstract:** This article analyzes the relationship between environmental inspection and deforestation in the Legal Amazon, using as a framework the creation of the Action Plan for the Prevention and Control of Deforestation in the Legal Amazon, instituted in 2004. The methodology looked at infraction notices, which represent crimes against the flora, issued by the Brazilian Institute for the Environment and Natural and Renewable Resources. The outcome variable corresponds to the annual increase in deforestation taken from the National Institute for Space Research, incorporating some explanatory variables that may be associated with deforestation, from 2004 to 2019. Thus, there is a positive relationship between the annual deforestation increase and the fines imposed. On the other hand, the value of the infractions negatively influences the increase in deforestation, indicating that a 1% increase in the value of the fines imposed reduces the annual increase in deforestation by around 4.81%.

**Keywords:** Environment; Infractions; Environmental Legislation; Fines.

## Introdução

Devido à grande biodiversidade, a floresta Amazônica tem atraído discussões da comunidade internacional, bem como de pesquisadores, além do poder público em suas múltiplas esferas, em vista do crescente debate sobre as causas e consequências das mudanças climáticas. A região tornou-se alvo de políticas de redução do desmatamento por ser uma importante medida para a diminuição das emissões de gases do efeito estufa (GEE), já que grande parte das emissões no Brasil, cerca de 60% do total, é proveniente da mudança no uso do solo e da floresta (CARVALHO, DOMINGUES, 2015).

O desmatamento ilegal, de acordo com a Lei nº 9.605 de 1998, que tipifica os crimes ambientais, é um delito contra a flora, e relaciona-se a desmatar, explorar economicamente ou degradar a floresta, plantada ou nativa, em terras de domínio público ou devolutas, sem a autorização do órgão competente (BRASIL, 1998). A partir dos anos 2000, observam-se avanços significativos na legislação ambiental, visando diminuir o desmatamento ilegal e monitorar as ações em áreas de vegetação em situação crítica no país (BRASIL, 1998; 2008).

Como exemplo, em 2004, foi criado o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), com o intuito de reduzir de maneira contínua o desmatamento, bem como criar condições de transição para um modelo de desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal. O Plano resultou estruturado em três eixos temáticos, são eles: i) um conjunto de ações integradas de ordenamento territorial e fundiário; ii) monitoramento e controle ambiental; e iii) fomento às atividades produtivas sustentáveis e infraestrutura (PPCDAm, 2004).

No que se refere à fiscalização ambiental, a partir desse plano, investimentos foram realizados para fortalecer a capacidade de fiscalização ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis (IBAMA). Também houve a contratação de fiscais, reforço na dotação orçamentária e financeira, aquisição de mate-

riais e equipamentos e melhoramento no sistema de monitoramento. Rajão *et al.* (2021) ressaltam que os fatores apontados provocaram significativas reversões das taxas de desmatamento, embora tenha sido crescente o número de autos de infração entre 2004 e 2012. Todavia, a partir de 2012, após implementação do novo Código Florestal, nota-se um aumento no desmatamento da Amazônia Legal, cujas taxas anuais tiveram um salto abrupto em 2019 e 2020.

Diante do exposto, com a intenção de averiguar se a coerção administrativa pode influenciar o comportamento dos infratores, desmotivando o desmatamento, o objetivo deste trabalho consiste em analisar a relação entre a fiscalização ambiental e o desmatamento na Amazônia Legal. Para isso, são utilizados dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) referentes ao incremento anual no desmatamento, bem como informações sobre a quantidade e valor das infrações cometidas contra a flora, divulgadas pelo IBAMA, no período de 2004 a 2019.

Alguns estudos buscam evidências do caráter instrutivo das multas, de forma a relacionar a aplicação delas, provenientes de infrações administrativas, à preservação ambiental. Urh e Urh (2014), por exemplo, ao testarem o papel regulador ao combate a infrações ambientais nos estados brasileiros, constataram que um aumento no valor das multas aplicadas em um estado, e em seus vizinhos, provoca uma redução no número de autos de infração nos anos subsequentes à aplicação da multa. No mesmo sentido, Gandour (2018) considera que a presença de fiscalização mais rigorosa inibe regionalmente o desmatamento ilegal, fazendo com que os infratores em potencial reduzam a área desmatada. Ademais, Assunção, Gandour e Rocha (2014) afirmam que a política ambiental de monitorar o desmatamento é fator relevante para reduzi-lo na Amazônia brasileira.

Além desta introdução, o artigo está dividido em mais quatro seções. Na segunda seção, é apresentada a revisão de literatura, dividida em dois subtópicos: no primeiro são exploradas questões sobre a legislação e fiscalização ambiental no Brasil, e o segundo engloba visões sobre o desmatamento na Amazônia Legal. Por conseguinte, na terceira seção, apresentam-se os materiais e métodos utilizados na pesquisa. Na quarta seção, são discutidos os resultados e, na última seção, têm-se as considerações finais acerca do tema desenvolvido.

## Revisão de Literatura

### *Legislação e Fiscalização Ambiental: Avanços e Desafios*

A Constituição Federal, de 1988, pauta-se no reconhecimento de direitos humanos fundamentais, dos quais se encontra o direito ao meio ambiente. O mandamento que legitima a sua importância encontra-se no *caput* do artigo 225 e, ao passo que enfatiza o direito de todos sobre o meio ambiente ecologicamente equilibrado, também impõe ao Estado e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as gerações presentes e futuras (BRASIL, 1988).

Com o intuito de garantir a preservação do meio ambiente para a coletividade, o Estado exerce o poder de polícia<sup>1</sup>. Tal atribuição de polícia ambiental foi concedida ao IBAMA pela Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989 (BRASIL, 1989). Sabe-se, no entan-

to, que o IBAMA exerce a fiscalização e o controle da aplicação de critérios, normas e padrões de qualidade ambiental em caráter supletivo de atuação dos órgãos estaduais e municipais competentes (RÉGIS, MOREIRA, PINTO, 2016).

A institucionalização da gestão ambiental no Brasil iniciou a partir da década de 1980. Esse processo foi impulsionado pela criação de órgãos estaduais de meio ambiente e políticas ambientais. Destaca-se a implantação do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) em 1980 e a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que entrou em vigor em 1981 (BRASIL, 1981). Todavia, as sanções atribuídas pelas leis que regiam o patrimônio natural, bem como o antigo Código Florestal<sup>2</sup> eram inexpressivas e de baixa eficácia (RAJÃO *et al.*, 2021).

Tomando por base a própria Constituição Federal, dez anos depois foi criada a Lei nº 9.605 de 1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais (LCA). Essa lei possibilitou a aplicação de sanções penais e administrativas em razão de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998). A LCA instituiu que as infrações administrativas são todas as ações ou omissões que violam as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente. As sanções aplicadas podem ser de advertência, multa, apreensão, destruição ou inutilização do produto, suspensão da venda ou fabricação do produto, embargo, demolição de obra, suspensão parcial ou total de atividades, e restrição de direitos (SCHMITT, 2015).

Dentre as sanções administrativas aplicadas, a multa é a penalidade mais imposta pelo IBAMA no exercício regular do poder de polícia (SCHMITT, 2015). Ela representa uma punição econômica a quem cometeu a infração, imposta pelo Estado, como consequência de uma ação que deve ser reparada (MENDES, 2021). O valor da multa de cada tipo infracional e os procedimentos administrativos para apurá-la regulamentaram-se com o Decreto nº 3.179 de 21 de setembro de 1999, dispondo sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

O Decreto de 1999 foi substituído pelo Decreto nº 6.514 de 2008 (BRASIL, 2008), com o intuito de corrigir fragilidades substanciais e consolidar alguns procedimentos para o julgamento dos autos de infração e para a cobrança de débitos, sendo, portanto, uma regulamentação mais completa, abrangente e mais clara para o administrador e para o gestor público. Posteriormente, apareceram algumas modificações nessa legislação vigente, visando o aperfeiçoamento e buscando atender os anseios de determinados setores da sociedade, em particular o agronegócio, incomodado com a elevação dos valores das multas relacionadas à flora (SCHMITT, 2015).

Em 2012, foi editada uma nova versão do Código Florestal Brasileiro, sob a Lei nº 12.651 de maio de 2012, depois de acirradas as discussões entre ambientalistas e ruralistas (BRASIL, 2012). O novo Código Florestal estabeleceu normas gerais sobre a Proteção da Vegetação Nativa, englobando Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de Uso Restrito, a exploração florestal, o controle da origem dos produtos florestais, o controle e prevenção de incêndios florestais, o suprimento de matéria-prima florestal, e a previsão de instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos (RODRIGUES, MATAVELLI, 2020).

No entanto, as alterações legislativas do novo Código Florestal provocam impactos adversos ao meio ambiente e, conseqüentemente, à sociedade, o que tornou a legislação

ambiental mais flexível, fragilizando a proteção do meio ambiente e a regularização das infrações praticadas até 2012 (CANDIOTTO, VARGAS, 2018; RODRIGUES, MATAVELLI, 2020).

No que se refere às políticas voltadas, exclusivamente, para a Amazônia Legal, sabe-se que foi o primeiro bioma brasileiro a possuir uma estratégia de combate ao desmatamento. Em frente às crescentes taxas no início dos anos 2000, foi assinado o Decreto Presidencial de 3 de julho de 2003, que estabeleceu um Grupo Permanente de Trabalho Interministerial com a função de propor medidas e coordenar ações em prol da redução dos índices de desmatamento na Amazônia Legal. Assim, surgiu em 2004 o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), como uma iniciativa estratégica do Governo Federal envolvendo um grande número de ministérios e integrando o mais alto nível da agenda política (MELLO, ARTAXO, 2017).

Capobianco (2014) enfatiza algumas ações implementadas no âmbito do Plano: criação de 20 milhões de hectares de unidades de conservação, cancelamento de 66 mil títulos de posses sem comprovação lícita, bem como a alteração nos mecanismos e procedimentos para evitar novas fraudes no registro de posse, além do fechamento de 1500 empresas clandestinas de madeira e aprimoramento no sistema de monitoramento, entre outras.

No contexto internacional, em concordância com o exposto anteriormente, observa-se que a legislação desempenha um papel crucial na governança ambiental, particularmente no tratamento do desmatamento, fornecendo a estrutura legal para regular e monitorar atividades que contribuem para tal fenômeno. Ademais, o monitoramento insuficiente e os baixos níveis de fiscalização podem prejudicar a eficácia da legislação e da vigilância ambiental na redução do desmatamento. Dessa forma, é importante garantir o rigor das leis, o nível de fiscalização e a adequação do monitoramento (ANDERSON, ASNER, LAMBIN, 2019).

Sob esta visão, Anderson, Asner e Lambin (2019) examinaram se os compromissos de sustentabilidade e as multas correspondiam a taxas de desmatamento mais baixas ou maiores em concessões privadas na Amazônia peruana, ou seja, determinaram a eficácia das intervenções políticas na redução do desmatamento. Os resultados indicaram que não houve diferenças significativas nas taxas de desmatamento entre concessões com compromissos de sustentabilidade ou multas e grupos de controle. As possíveis explicações para essas descobertas incluem monitoramento insuficiente, rigor inadequado dos compromissos de sustentabilidade e baixos níveis de aplicação de multas.

Da mesma maneira, Pacheco (2004), buscando investigar o cumprimento da lei no setor florestal da Bolívia, e propor medidas para melhorá-lo, identificou que a Superintendência Florestal, responsável por monitorar o manejo florestal e aplicar sanções, enfrenta fragilidades institucionais e carece de incentivos para colaboração. O autor observou que os recursos financeiros disponíveis para o setor florestal não são suficientes para operar de forma eficaz, gerando desafios no monitoramento e sanção de crimes florestais. Assim, a baixa probabilidade de o descumprimento da lei ser penalizado contribui para a persistência de práticas ilegais no setor florestal. Além disso, a falta de governança, particularmente nas áreas de fronteira, também contribui para a prevalência de atividades ilegais no setor florestal.

## *Desmatamento na Amazônia Legal: Evolução, Fiscalização e Impunidade*

A Amazônia sofreu grandes transformações no processo de ocupação do Brasil, passando por períodos de crescimento intensivo, sobretudo no decorrer do ciclo da borracha, ocorrido no final do século XIX e início do século XX, o qual proporcionou o primeiro incentivo na construção social da unidade regional (SILVA, MARCELINO, PARRÉ, 2020; WANDERLEY, 2016). No entanto, foi a partir da década de 1970 que se estabeleceu um processo massivo de ocupação territorial, que daria início a “décadas de destruição” (PÁDUA, 2000).

Segundo Loureiro (2012), a partir da metade da década de 1980, a Amazônia como fronteira econômica distanciou-se ainda mais da agricultura familiar, caracterizando-se em uma produção de *commodities* (gado, dendê, soja), de exploração de minérios e de madeira, esta principalmente realizada de modo ilegal. De tal forma, a região Amazônica converte-se em uma nova fronteira, onde o campesinato passou a ter papel secundário e a produção é impulsionada diretamente pelo mercado internacional. Esse processo de produção viabiliza o desmatamento há mais de três décadas nos estados da Amazônia Legal, provocando impactos na disponibilidade dos recursos naturais, na biodiversidade e na qualidade de vida da geração atual e futura (PINHEIRO, PONTES, 2019).

Silva, Marcelino e Parré (2020) destacam que a recessão econômica ocorrida na década de 1980 impediu a sustentação dos programas de desenvolvimento amazônico, o que favoreceu a diminuição da taxa de desmatamento entre o período de 1990 e 1991. Contudo, com a retomada da estabilidade econômica devido ao Plano Real em 1994, as taxas de desmatamento elevaram-se, chegando ao pico em 1995 (FEARNSIDE, 2005).

Nesse cenário, a literatura evidencia diversos fatores que influenciam ações de desmatamento na Amazônia Legal, podendo destacar a expansão do agronegócio (SILVA, MARCELINO, PARRÉ, 2020), a expansão da agricultura e da pecuária (LEMOS, SILVA, 2012); a falta de incentivo a práticas mais sustentáveis (ARAÚJO *et al.*, 2021); as obras de infraestrutura, especialmente, as rodovias (LEMOS, SILVA, 2012); e a falta ou deficiência do ordenamento territorial jurídico brasileiro (LEMOS, SILVA, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2021). Diante disso, Arraes, Mariano e Simonassi (2012) concluem que a presença de órgãos fiscalizadores pode impedir o desmatamento e preservar a mata Amazônica, assim como reduzir as taxas de desmatamento.

Para Carvalho *et al.* (2019), mesmo existindo vários esforços, que vão de acordo com a legislação para reduzir o desmatamento na Amazônia, vem ocorrendo um aumento do nível de desmatamento desde 2012, devido, sobretudo, às falhas no controle dos sistemas legais e de fiscalização brasileiros. Isso oportuniza que muitos produtores de soja, fazendeiros e comerciantes de madeira consigam burlar acordos e leis, fazendo com que as infrações às leis ambientais passem despercebidas ou impunes.

De acordo com Rajão (2021), esse aumento do desmatamento, que acaba culminando em um salto abrupto nas taxas anuais em 2019 e 2020, deve-se, principalmente, ao

desmonte dos órgãos de fiscalização com a redução do quadro de pessoal e, após 2019, da diminuição expressiva das ações fiscalizatórias. De forma complementar, Nascimento (2017) associa a elevação do desmatamento, após 2012, à elevada impunidade aos crimes ambientais, aos retrocessos em políticas socioambientais, que inclui o novo Código Florestal de 2012, às falhas nos acordos da pecuária, ao estímulo à grilagem de terras públicas e à retomada de grandes obras.

A impunidade nos crimes ambientais da Amazônia pode ser exemplificada pelo estudo de Brito e Barreto (2006), em que somente 2% dos infratores foram criminalmente punidos em uma amostra de 55 casos judiciais contra a infração ambiental no setor florestal no Pará entre 2000 e 2003. Além disso, apenas 3% do valor total de multas por infrações contra a flora aplicadas pelo IBAMA foram pagas entre 2001 e 2005.

Barreto *et al.* (2009) consideram que a fiscalização tem sido ineficaz na punição de infratores de crimes ambientais contra áreas protegidas. Em uma amostra de 51 processos no Pará, somente 14% são responsabilizados e a duração para a finalização do processo é, em média, de 5,5 anos. Devido à lentidão nas etapas dos processos, cerca de 15% dos processos avaliados já prescreveram.

Diante disso, com os dados de autuações ambientais relacionadas às infrações contra a flora na Amazônia, realizadas pelo IBAMA no período de 2008 a 2013, Schmitt (2015) verificou que há limitações na capacidade de detecção rápida das alterações da cobertura vegetal da região Amazônica, em que 45% do desmatamento não é registrado em tempo hábil para a ação dos fiscais, e a proporção da capacidade de autuação da fiscalização ambiental é ainda menor, visto que somente 24% dos casos de desmatamento são autuados. Desse total, apenas 26,3% foram julgados e levaram em média 2,9 anos para serem julgados em primeira instância.

Nesse mesmo estudo, o autor destaca que o pagamento das multas, a principal sanção administrativa aplicada, atingiu apenas 10,1% das autuações realizadas, o que corresponde a 0,2% do montante do total de multas aplicadas, demonstrando a pouca eficácia da fiscalização. Por fim, Schmitt (2015) verifica se a dissuasão causada pela fiscalização ambiental pode influenciar a motivação do desmatamento ilegal na Amazônia, resultando que há uma grande vantagem econômica com o desmatamento ilegal perante o baixo risco de punição proporcionada pelo órgão ambiental.

## Metodologia

Na Figura 1 é apresentado o fluxograma metodológico da pesquisa. Esse esquema foi construído para uma melhor compreensão das etapas desenvolvidas ao longo da elaboração do artigo, de modo que fique evidenciado o percurso metodológico adotado. Para completar, são explanados posteriormente, de forma mais detalhada, os procedimentos realizados, os quais foram divididos em subtópicos.

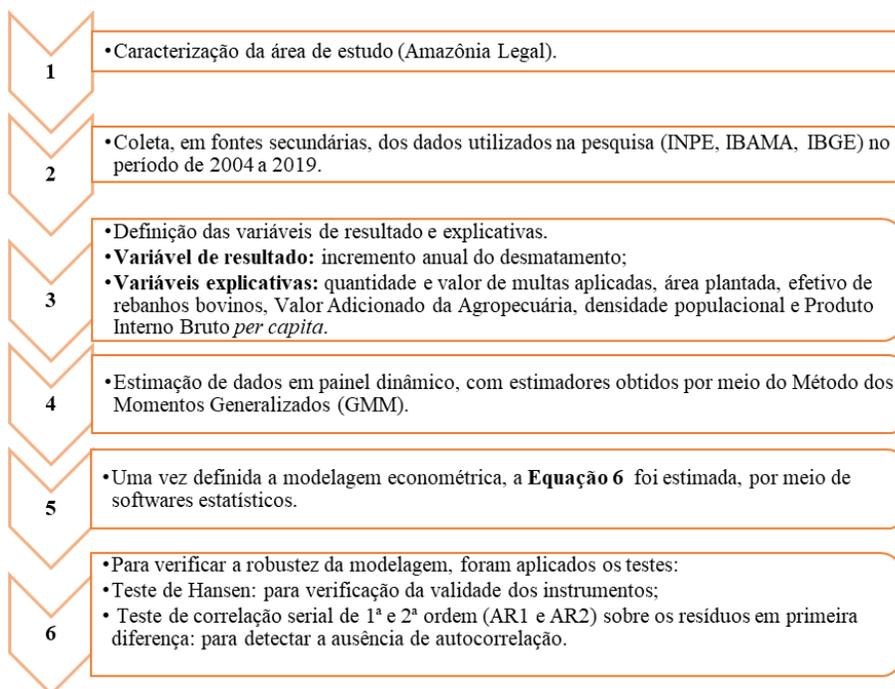


Figura 1 – Fluxograma metodológico  
Fonte: Elaboração dos autores (2024).

## Área de Estudo

A Amazônia Legal apresenta uma área de 5.015.067,86 km<sup>2</sup>, o que equivale a 58,93% do território nacional. É composta por 772 municípios (766 sedes municipais) de nove estados brasileiros, a saber: Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará, Amapá, Tocantins, Mato Grosso e Maranhão (Figura 2). Este último estado tem apenas parte de seus municípios (83,41%) integrados à região (IBGE, 2022).

O termo Amazônia Legal só foi incorporado em legislações mais recentes, como a Lei nº 11.952 de 2009, e o Código Florestal de 2012. Foi instituído para definir a delimitação geográfica da região política de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), que busca promover o desenvolvimento incluyente, sustentável, além da integração competitiva da base produtiva regional na economia nacional e internacional em sua área de atuação (IBGE, 2022).

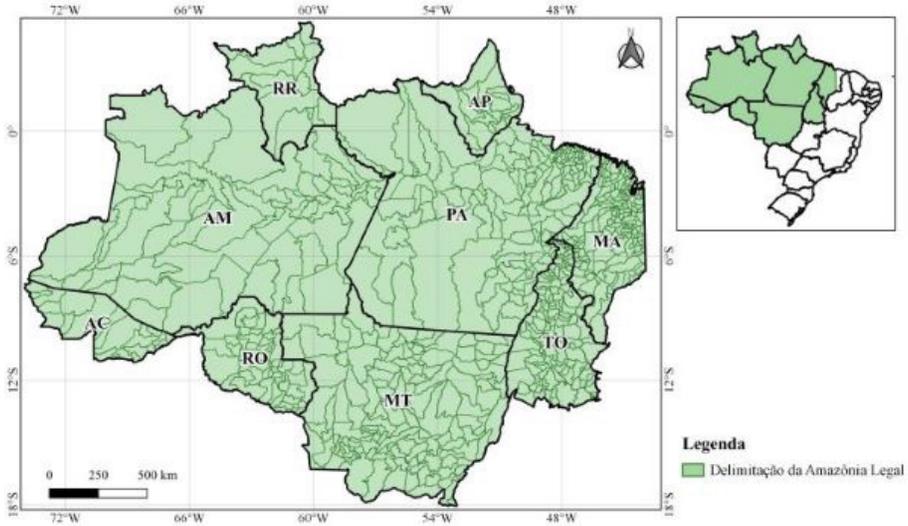


Figura 2 – Limites da Amazônia Legal  
Fonte: Elaboração dos autores (2024).

## Dados

### *i) Variável de Resultado*

A variável dependente deste estudo é representada pelo incremento anual no desmatamento por município pertencente à Amazônia Legal, extraído do INPE.

### *ii) Variáveis Explicativas*

As principais variáveis utilizadas para compreender os efeitos sobre o incremento anual no desmatamento, e atender o objetivo desta pesquisa, estão relacionadas à quantidade e ao valor das multas ambientais praticadas contra a flora, de acordo com os autos da infração aplicados pelo IBAMA.

São empregadas também outras variáveis que podem explicar o comportamento do incremento anual no desmatamento ao longo dos anos, são elas: área plantada, efetivo de rebanhos, valor adicionado da agropecuária (VAB da agropecuária) e densidade populacional. Os dados utilizados para alcançar o objetivo proposto possuem cobertura temporal de 2004 a 2019.

## Estratégia Empírica

A estratégia empírica empregada no artigo consiste na estimação de dados em painel dinâmico, com estimadores obtidos por meio do Método dos Momentos Generalizados (GMM), tendo como base os trabalhos de Arellano e Bond (1991), Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998). A utilização de modelos dinâmicos justifica-se pelo fato de que muitas séries econômicas relacionam-se umas com as outras e com seus valores passados. Portanto, faz-se necessário incorporá-las às estimativas.

O modelo adotado na pesquisa supõe que a variável dependente, ou seja, o incremento na taxa de desmatamento, é influenciada por seu valor no passado. Para resolver esse problema, o modelo GMM considera a variável dependente defasada como variável explicativa.

Dessa forma, a especificação geral das regressões no modelo dinâmico pode ser definida como:

$$Y_{it} = \alpha Y_{i,t-1} + X_{it} \beta + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{it} = \mu_i + v_{it} \quad (2)$$

$$E[\mu_i] = E[v_{it}] = E[\mu_i v_{it}] = 0 \quad (3)$$

$Y_{it}$  representa a variável dependente;  $\alpha$  é um componente fixo que representa o efeito não observado;  $Y_{i,t-1}$  é a variável dependente defasada;  $X_{it}$  é um vetor ( $1 \times K$ ) contendo as variáveis explicativas;  $\beta$  é um vetor ( $K \times 1$ ) de parâmetros a serem estimados; e  $\varepsilon_{it}$  é o componente de erro do modelo, sendo composto por dois elementos, um componente aleatório idiossincrático  $v_{it}$  e efeitos individuais fixos constantes no tempo  $\mu_i$ .

A literatura aponta a existência de dois problemas nas estimativas de modelos com regressão de dados em painel, merecendo destaque a pesquisa de Arellano e Bond (1991). O primeiro problema ocorre devido à presença dos efeitos individuais não observáveis e da variável dependente defasada, o que resulta em estimativas de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) viesadas e inconsistentes. Nesse caso, Arellano e Bond (1991) sugerem transformar os dados com o objetivo de remover o efeito fixo, em que a equação (1) é convertida em primeira diferença, como segue abaixo:

$$Y_{it} - Y_{i,t-1} = \alpha(Y_{i,t-1} - Y_{i,t-2}) + (X_{it} - X_{i,t-1})\beta + \varepsilon_{it} - \varepsilon_{i,t-1} \quad (4)$$

$$\Delta Y_{it} = \alpha \Delta Y_{i,t-1} + \Delta X_{it} \beta + \Delta v_{it} \quad (5)$$

No entanto, mesmo após a transformação, a estimativa continua viesada, pois o elemento  $Y_{i,t-1}$  está correlacionado com  $v_{i,t-1}$ . Logo, destaca-se endogeneidade das variáveis explicativas como o segundo problema do modelo. Nesse contexto, é crucial levar em conta uma possível endogeneidade em relação aos outros regressores do modelo, sendo a utilização de variáveis instrumentais a solução geral.

Posto isso, Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998) sugerem a utilização do Método dos Momentos Generalizado-sistema (*system* GMM), o qual consiste na combinação de equações em diferença com equações de regressões em nível para

diminuir o problema de viés. Nessa abordagem,  $Y_{i,t-1}$  e os demais regressores endógenos são instrumentalizados com variáveis supostamente ortogonais ao efeito fixo. Resumidamente, o objetivo é empregar os valores sucessivos da primeira diferença como instrumentos para a variável em nível, sob a suposição de que as diferenças são exógenas em relação ao erro contido na equação (3). Logo, é realizada a combinação em um sistema das equações instrumentalizadas em primeira diferença (3) e em nível (2), que resulta no estimador system GMM, utilizado como estratégia empírica no presente trabalho.

Esse estimador é implementado em dois estágios (*two-step*). Primeiro, supõe-se que os termos de erro são independentes e apresentam homocedasticidade tanto entre os indivíduos quanto ao longo do tempo. Após isso, os resíduos gerados na primeira etapa são empregados para construir uma estimativa da matriz de variância-covariância, permitindo, assim, relaxar as suposições de independência e homocedasticidade.

A relação entre o desmatamento na Amazônia Legal e a fiscalização ambiental é investigada por meio do modelo dinâmico de regressão para dados em painel, representado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \beta_0 + \ln Y_{i,t-1} \beta_1 + \ln ValorMultas_{it} \beta_2 + \ln QuantMultas_{it} \beta_3 \\ & + \ln AreaPlantada_{it} \beta_4 + \ln Rebanhos_{it} \beta_5 + Denspop_{it} \beta_6 \\ & + \ln VABagro_{it} \beta_7 + \ln \ln PIBpc + u_{it} \end{aligned} \quad 6$$

Onde  $\ln(Y_{it})$  representa o logaritmo do incremento anual no desmatamento do município  $i$  no tempo  $t$ ;  $Y_{i,t-1}$  é a variável dependente defasada;  $\ln ValorMultas$  é o logaritmo natural do valor total das multas ambientais praticadas contra a flora do município  $i$  no tempo  $t$ ;  $\ln QuantMultas$  representa o logaritmo natural da quantidade total de autuações realizadas no município  $i$  no tempo  $t$ ;  $\ln AreaPlantada$  refere-se ao logaritmo natural da área plantada do município  $i$  no tempo  $t$ ;  $\ln Rebanhos$  representa o logaritmo natural da quantidade de cabeças de gado no município  $i$  no período  $t$ ;  $Denspop$  é a quantidade de habitantes por quilômetro quadrado;  $\ln VABagro$  corresponde ao logaritmo natural do valor adicionado da agropecuária no município  $i$  no período  $t$ ; por fim,  $\ln PIBpc$  refere-se ao logaritmo do PIB per capita no município  $i$  no período  $t$ .

Se faz necessário testar a robustez e consistência do modelo, para isso, foram realizados alguns testes. Com foi utilizado o estimador em dois estágios (*two-step*) e a opção robusta (*robust*), Labra e Torrecillas (2018) indicam o teste de Hansen para verificação da validade dos instrumentos, a falha em rejeitar a hipótese nula (a 5% de significância) indica que os instrumentos são robustos. Arellano e Bond (1991) propõem um procedimento para testar a autocorrelação, para isso, é feito um teste de correlação serial de primeira ordem (AR1) e outro de segunda ordem (AR2) sobre os resíduos em primeira diferença, espera-se que os erros sejam autocorrelacionados em primeira ordem e não sejam autocorrelacionados em segunda ordem. Assim, tal teste mostra que a hipótese nula é a ausência de autocorrelação serial de segunda ordem AR (2), e esta hipótese deve ser confirmada.

## Resultados

### Análise Descritiva

As ações de monitoramento, fiscalização e responsabilização ambiental possuem papel de extrema relevância no combate ao desmatamento (ASSUNÇÃO, GANDOUR, ROCHA, 2013). Dessa forma, evidências apontam que o monitoramento e a fiscalização ambiental desempenharam papel crucial para a queda na taxa de desmatamento na Amazônia Legal observada no período de 2004 a 2012, como pode ser observado na Figura 3.

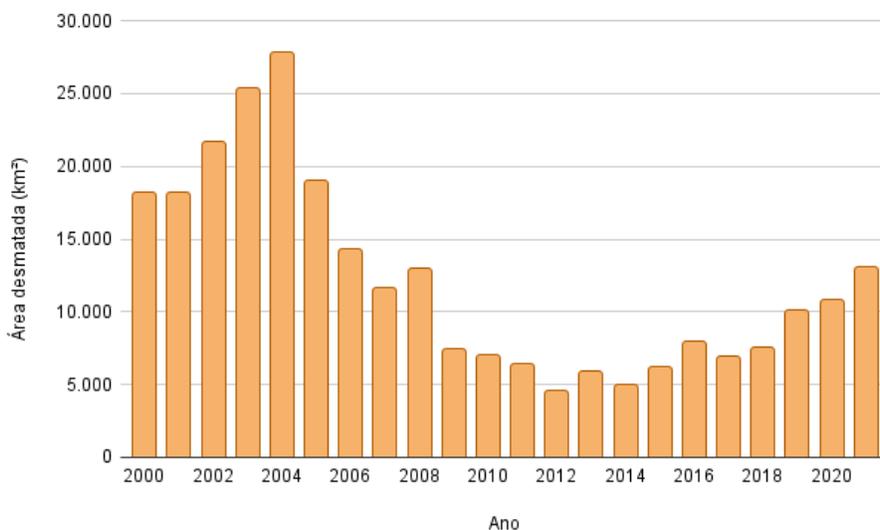


Figura 3 – Área desmatada da Amazônia Legal de 2000 a 2021 (mil km<sup>2</sup>)  
Fonte: Elaboração dos autores (2024) com base nos dados do PRODES (INPE, 2000-2021).

Verifica-se a elevada perda florestal anual desde os anos 2000 até 2004. Nota-se que a velocidade da perda florestal caiu de 27.770 km<sup>2</sup> em 2004 para 4.600 km<sup>2</sup> em 2012. Lopes *et al.* (2021) destacam que, nesse período, houve significativa melhora na capacidade de detecção do ilícito ambiental em vista do desenvolvimento de um sistema de monitoramento em tempo real para identificar a perda florestal recente, por meio das imagens de satélites. Os autores também enfatizam que ocorreram importantes mudanças legislativas que proporcionaram maior segurança jurídica aos processos de aplicação da lei ambiental.

A partir de 2012, a quantidade de área desmatada sofre oscilações, e volta a crescer em 2015. Nesse período ocorreram algumas mudanças na legislação ambiental e, também, na economia do país, que influenciaram nas taxas de desmatamento. Para Rodrigues e Matavelli (2020), o Código Florestal (implementado em 2012) representa uma

drástica flexibilização da legislação ambiental e, ainda, um convite à impunidade, fragilizando a proteção do meio ambiente e a regularização das infrações cometidas até 2012. Os autores apontam que o novo Código Florestal reduziu, desproporcionalmente, a proteção da natureza e dos recursos naturais existentes e, também, favoreceu os proprietários de terras, indultando o desmatamento, perdoando multas e desobrigando a recuperação de áreas de risco e de florestas nativas.

Outro acontecimento que afeta esse resultado é a crise política e econômica que o país passa desde 2015, a qual resultou em cortes orçamentários, especialmente, nas agências de ciência (REYDON, FERNANDES, TELLES, 2020). Além disso, cabe destacar que a aplicação de sanções administrativas relacionadas ao desmatamento na Amazônia Legal apresentou um enfraquecimento a partir de 2015, com sinais de agravamento desde 2019. Essa aceleração do desmatamento a partir de 2019 foi de encontro a uma diminuição das ações de controle pelo poder público (LOPES *et al.*, 2021).

Destaca-se, ainda, a partir de 2019, o desmonte dos órgãos de fiscalização, provocando a diminuição substancial das atividades fiscalizatórias e o favorecimento de interesses da agroindústria e mineração, que intensificaram essas atividades na Amazônia Legal (ARTAXO, 2019; RAJÃO *et al.*, 2021).

Diante desse cenário de enfraquecimento das ações de controle ambiental, percebe-se, a partir do Figura 4, a trajetória das autuações aplicadas pelo IBAMA no período de 2001 a 2020.

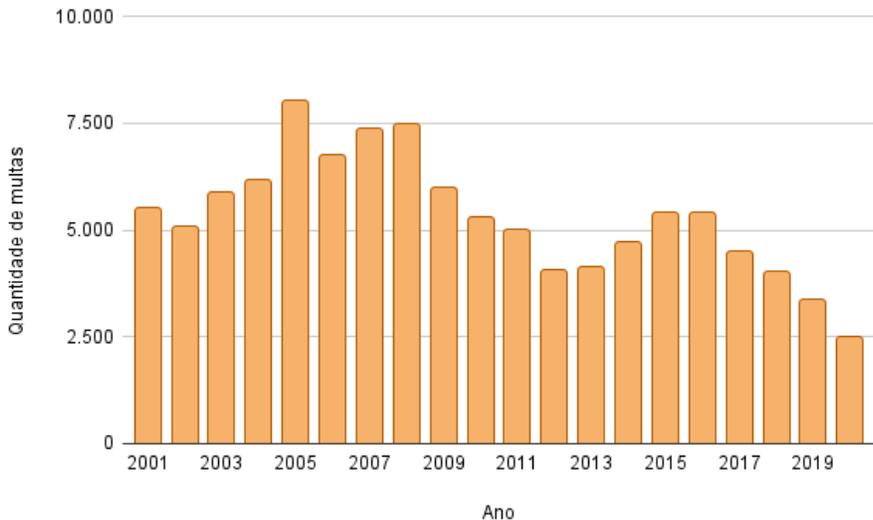


Figura 4 – Quantidade de autuações por ano na Amazônia Legal (2001-2020)  
Fonte: Elaboração dos autores (2024) com base nos dados do IBAMA (2001-2020).

A quantidade anual de autos de infração lavrados pode estar diretamente associada ao desmatamento na Amazônia Legal, uma vez que o número de delitos autuados em 2020, por exemplo, representa menos de um meio (1/2) do nível de 2015. Quando

comparado ao seu pico, em 2005, a redução de áreas embargadas é ainda mais drástica, caindo, aproximadamente, 68,91%.

Segundo Lopes *et al.* (2021), mesmo que não se possa, a partir da comparação da trajetória, estabelecer causalidade entre as ações de controle ambiental e o aumento do desmatamento, os números são preocupantes. Enquanto as sanções ambientais caíram a seus menores níveis, a velocidade da perda anual de floresta é crescente nos últimos anos.

Os mapas presentes na Figura 3 revelam o incremento anual no desmatamento (A) e a quantidade de infrações aplicadas (B) no ano de 2019, de acordo com Lopes *et al.* (2021) e Rajão *et al.* (2021). No caso da Amazônia Legal, esse foi um ano em que o desmatamento acelerou e foi acompanhado por uma redução na fiscalização por parte do poder público. Nota-se uma relação entre essas duas variáveis, pois os municípios que têm maiores áreas de incremento no desmatamento, são também aqueles que apresentaram uma maior quantidade de autos de infração aplicados.

Por exemplo, no estado do Pará (especificamente as microrregiões de Itaituba, Altamira e São Félix do Xingu), observa-se municípios com elevados índices de incremento no desmatamento e, também, grandes quantidades de multas aplicadas. Nesse sentido, Brito e Barreto (2006), analisando a eficácia da aplicação da Lei de Crimes Ambientais pelo IBAMA no setor florestal do Pará, observaram uma redução pouco significativa dos índices de ilegalidade e aumento do desmatamento, apesar dos esforços do Governo Federal. Os autores identificaram barreiras à aplicação da lei, como corrupção que envolve desde a legalização de operações ilegais até fraudes para evitar a punição de infratores.

Também foi constatado, na mesorregião Sul Amazonense (Amazonas), na microrregião de Porto Velho (Rondônia), nos estados do Amapá e do Acre, que o comportamento das variáveis incremento no desmatamento e quantidade de autuações, apresentam similaridades nos municípios com quantidades mais elevadas (de desmatamento e de multas), em destaque nas cores mais escuras dos mapas (Figura 5), mostrando uma relação entre essas duas variáveis.

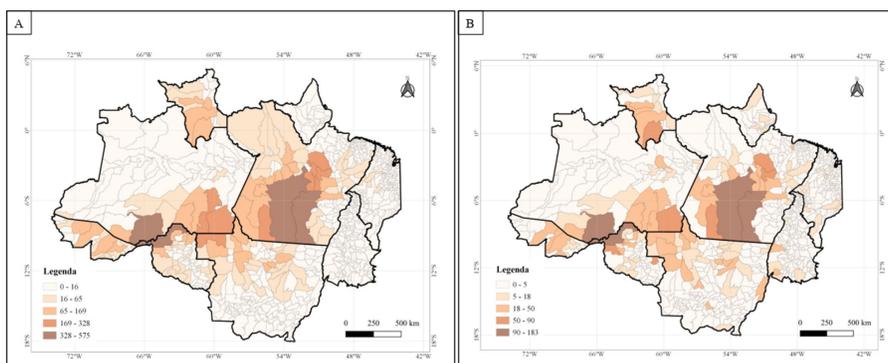


Figura 5 – Mapa da espacialização das áreas desmatadas (A) e das infrações (B)  
Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Na opinião de Silva, Marcelino e Parré (2020), na Amazônia Legal existe uma necessidade de processos de produção sustentáveis, políticas públicas eficazes, conformidade com as leis ambientais e fortalecimento das agências ambientais para o controle do desmatamento. Na concepção dos autores, a ineficiência do sistema de vigilância ambiental na imposição de penalidades, o baixo risco de ser pego e a baixa magnitude das multas podem não dissuadir efetivamente os infratores.

### *Resultados Econométricos*

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos através da estimação da equação 6. A significância estatística está indicada com asterisco. As variáveis que respondem ao objetivo principal deste estudo consistem no valor e na quantidade de autos de infração referentes aos delitos contra a flora aplicados pelo IBAMA no período de 2004 a 2019. O modelo foi estimado por MMG, obtido para um total de 4913 observações englobando os municípios pertencentes à Amazônia Legal.

É possível notar que com exceção da densidade populacional os coeficientes das variáveis explicativas foram estatisticamente significativos, a 5%. Na primeira linha, tem-se o coeficiente da variável dependente defasada (ln do incremento no desmatamento do ano anterior), mostrando-se positivo. No tocante às variáveis referentes à fiscalização ambiental, observa-se que o valor das multas aplicadas influencia negativamente o desmatamento. Por outro lado, a quantidade de multas aplicadas apresenta-se com sinal positivo. Assim, um aumento de 1% no valor das multas aplicadas reduz o desmatamento em aproximadamente 4,81%. Ao mesmo tempo, um aumento em 1% na quantidade de multas aplicadas aumenta a área desmatada em 13,82%.

No que concerne à quantidade de multas aplicadas, é de se esperar que os locais mais atuados sejam aqueles com maior incidência de crimes ambientais, fator que explica a relação positiva entre desmatamento e quantidade de autuações. Contudo, Schmitt (2015) argumenta que a capacidade de detecção está aquém da quantidade de autuações aplicadas, uma vez que apenas 24% dos alertas de desmatamento são autuados, limitações que, segundo o autor, podem estar associadas à reduzida capacidade instalada do IBAMA.

Por seu turno, observa-se que, quanto maior o valor dos autos das infrações, menor será a taxa de desmatamento, resultado também esperado, uma vez que, por ter um alto custo, o crime não compensa, fazendo com que o desmatamento nos municípios, cujos valores das multas são mais altos, acaba reduzindo. No entanto, Schmitt (2015) enfatiza que as multas de maiores valores raramente são pagas, e que do montante de multas aplicadas no período de 2008 a 2013, apenas 0,2% foram pagas, sendo estas as de menor valor. Dessa forma, observa-se que há uma grande possibilidade de ganhos com o desmatamento ilegal diante do baixo risco de punição proporcionada pelo órgão ambiental.

Tabela 1 – Resultados das regressões em painel dinâmico para o percentual de incremento anual do desmatamento dos municípios da Amazônia Legal no período de 2004 a 2019

<b>Variável dependente: percentual de incremento anual do desmatamento (Y)</b>	
$Y_{it-1}$	0,3696* (0,0300)
LnValorAutosDelInfração	-0,0481* (0,0180)
LnQuantAutosDelInfração	0,1382* (0,0332)
LnAreaPlantada	0,3317*(0,0946)
LnQuantBovinos	0,2238* (0,0750)
LnPIBpc	-1,4021* (0,2369)
LnVABDaAgropecuaria	0,2767* (0,1359)
Lndensidadepop	0,0038 (0,0026)
Constante	-3,2371* (1,3765)
Observações	4913
Número de grupos	567
Instrumentos	406
Teste de Hansen	[0,080]
Teste AR (1)	[0,000]
Teste AR (2)	[0,870]

Fonte: Elaboração dos autores (2024). Nota: \* significativa ao nível de 5%. Erro-padrão robusto entre parênteses. P-valor entre colchetes.

Cabe destacar que o desmatamento, muitas vezes, é causado pela necessidade de transformar florestas em terras para a atividade agropecuária (ARRAES, MARIANO, SIMONASSI, 2012). Desse modo, pode-se dizer que a área plantada é variável pertinente para o estudo do desmatamento.

Neste trabalho, observa-se que a área plantada afeta positivamente o desmatamento. Assim, um aumento de 1% na área plantada faz crescer em aproximadamente 33,17% o percentual de incremento no desmatamento. Resultado similar é observado para a quantidade de bovinos, em que se observa um acréscimo de 1% no número de bovinos afeta cerca de 22,38% na área desmatada. Os resultados corroboram com os achados de Mello e Artaxo (2017), que assinalam que as duas atividades que contribuíram com o desmatamento na Amazônia Legal foram o cultivo da soja e o crescimento do rebanho bovino.

A literatura aponta que o cultivo de soja representou um incremento considerável nas atividades agrícolas na Amazônia Legal. Mello e Artaxo (2017) expõem que, na contemporaneidade, a pecuária, a produção de soja, os investimentos em infraestrutura e a

grilagem de terras integram os principais vetores de desmatamento na Amazônia Legal. Seguindo essa linha, para o indicador referente ao Valor Adicionado da Agropecuária, o estimador aponta que o aumento em 1% no VAB da agropecuária contribuiu para o aumento no percentual de incremento no desmatamento, em aproximadamente, 27,67%.

Em relação à densidade populacional, o estimador não se mostrou estatisticamente significativo. Os efeitos da densidade populacional sobre o incremento na área florestal desmatada é abordado na literatura especializada (PFAFF, 1999; IGLIORI, 2006; SCRIECIU, 2007; ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012). A dualidade das abordagens apresentadas sugere o efeito positivo entre a densidade populacional e o desmatamento, como enfatizado por Scrieciu (2007). Ao contrário, Cropper e Griffithis (1994) sugerem que tanto o crescimento populacional quanto a densidade populacional não afetam o desmatamento.

Por último, o resultado do teste de Hansen ( $p=0,08$ ) assegura a escolha do modelo especificado. Da mesma forma, o teste de autocorrelação de primeira ordem, de Arrellaño e Bonde (1991), confirma a rejeição da autocorrelação de primeira ordem ( $p=0,000$ ), mas não rejeita a autocorrelação de segunda ordem ( $p=0,870$ ), o que denota que as estimativas são consistentes.

## Considerações Finais

O objetivo deste artigo consistiu em analisar a relação entre a fiscalização ambiental e o desmatamento na Amazônia Legal. O período delimitado para o estudo foi de 2004 a 2019, sendo 2004 o ano de implementação do PPCDAm, criado com a intenção de reduzir o desmatamento na Amazônia Legal. Foram avaliadas as quantidades e os valores dos autos de infração aplicados pelo IBAMA no período mencionado, bem como o incremento anual no desmatamento, com informações extraídas do INPE. Também foram utilizadas algumas covariadas que podem estar associadas ao desmatamento, quais sejam: área plantada, densidade populacional e efetivo de rebanhos bovinos e Valor Adicionado da Agropecuária e PIB *per capita*.

Os resultados econométricos demonstraram uma relação positiva entre a quantidade de autuações e o incremento no desmatamento. Isso quer dizer que as regiões que possuem maiores níveis de desmatamento podem apresentar um maior número de autuações. Todavia, os resultados revelaram uma relação negativa entre o incremento no desmatamento e o valor das multas aplicadas, ressaltando que o valor das autuações pode ser fator determinante para a redução do desmatamento na Amazônia Legal. E, apesar do valor aplicado raramente ser pago, é necessária uma maior fiscalização por parte do poder público para que as multas sejam devidamente pagas, de forma a punir os infratores e, conseqüentemente, reduzir o desmatamento de maneira mais eficaz.

Portanto, este estudo espera contribuir com a literatura referente à fiscalização ambiental na Amazônia Legal, buscando o avanço da discussão referente a possíveis ações, sobretudo na aplicação e cobrança efetiva das multas dos crimes ambientais e também na melhoria do sistema de detecção das áreas desmatadas em tempo hábil, para que as infrações às leis ambientais não passem despercebidas ou impunes e a presença de órgãos fiscalizadores possam reduzir o desmatamento e preservem o meio ambiente.

## Referências Bibliográficas

ANDERSON, C. M.; ASNER, G. P.; LAMBIN, E. F. Lack of association between deforestation and either sustainability commitments or fines in private concessions in the Peruvian Amazon. *Forest Policy and Economics*, v. 104, p. 1-8, 2019.

ARAÚJO, T. L. K.; SOUSA, P.; AZEITEIRO, U. M. M.; SOARES, A. M.V. M. Brazilian Amazônia, deforestation and environmental degradation: Analyzing the process using game, deterrence and rational choice theories. *Environmental Science & Policy*, v. 117, p. 46-51, 2021.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277-297, 1991.

\_\_\_\_\_; BOVER, O. Another look at the instrumental-variable estimation of error components model. *Journal of Econometrics*, 68, 29-52, 1995.

ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 50, p. 119-140, 2012.

ARTAXO, P. Working together for amazonia. *Science*, v. 363, n. 6425, p. 323, 2019.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deterring deforestation in the Brazilian Amazon: environmental monitoring and law enforcement. *Climate Policy Initiative*, v. 1, p. 36, 2013.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Getting greener by going black: the priority municipalities in Brazil. *Rio de Janeiro, Brazil: Climate Policy Initiative*, 2014.

BARRETO, P. et al. A impunidade de infratores ambientais em áreas protegidas da Amazônia. *O Estado da Amazônia*, Imazon, n. 13, 2009.

BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87, 115-143, 1998.

BRASIL. Presidência da República. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 02 de setembro de 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 9 ago. 2022.

\_\_\_\_\_. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Assembleia Constituinte, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm). Acesso em: 8 ago. 2022.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Lei n. 7.735, de 22 de fevereiro de 1989. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 23 de fevereiro de 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7735.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7735.htm). Acesso em: 9 ago. 2022.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 17 de fevereiro de 1998. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm). Acesso em: 9 ago. 2022.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Decreto n. 6.514, de 22 de julho de 2008. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 3 de julho de 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm). Acesso em: 9 ago. 2022.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Código Florestal. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 9 ago. 2022.

BRITO, B.; BARRETO, P. A eficácia da aplicação da lei de crimes ambientais pelo Ibama para proteção de florestas no Pará. *Revista de Direito Ambiental*, v. 43, n. 1, p. 35-65, 2006.

CANDIOTTO, L. Z. P.; VARGAS, F. A. Principais alterações no novo Código Florestal brasileiro e os potenciais impactos ao meio ambiente. *Observatorium: Revista Eletrônica De Geografia*, v. 9, n. 2, 2018.

CAPOBIANCO, J. P. R. Gestão socioambiental na Amazônia no período 2003 a 2010: da geopolítica de integração desenvolvimentista ao Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento. *In: Congresso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales*, 6., *Anais*. São Paulo, 2014. p. 3078-3093.

CARVALHO, T. S.; DOMINGUES, E. P. Impactos econômicos e de uso do solo de uma política de controle de desmatamento na Amazônia Legal Brasileira. *In: Encontro Nacional de Economia*, 42., *Anais*. Natal, Rio Grande do Norte, 2015.

\_\_\_\_\_; MUSTIN, K.; HILÁRIO, R. R.; VASCONCELOS, I. M.; EILERS, V.; FEARNSIDE, P. M. 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, 2019.

CEPAL. *Avaliação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal*: PPCDAm 2007-2010. Brasília: Ipea; GIZ; Cepal, 2011.

CROPPER, M.; GRIFFITHS, C. The interaction of population growth and environmental quality. *The American Economic Review*, v. 84, n. 2, p. 250-254, 1994.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 680-688, jun. 2005.

Maria Analice dos Santos Sampaio, Ana Cléssia Pereira Lima de Araújo,  
Filipe Augusto Xavier Lima e Edward Martins Costa

GANDOUR, C. C. *Forest Wars: A Trilogy on Combating Deforestation in the Brazilian Amazon*. Rio de Janeiro, 2018. 120 p. Tese (Programa de Pós-graduação em Economia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Dados abertos. Disponível em: <https://dadosabertos.ibama.gov.br/>. Acesso em: 9 ago. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Amazônia Legal*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 15 ago. 2022.

IGLIORI, D. Deforestation, growth and agglomeration effects: Evidence from agriculture in the Brazilian Amazon. *In: Congress of the European Regional Science Association: "Enlargement, Southern Europe and the Mediterranean"*, 46, *Anais*. Volos, Greece, 2006.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite – PRODES. Dados abertos do PRODES. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em: 9 ago. 2022.

LABRA, R; TORRECILLAS, C. Estimating dynamic Panel data. A practical approach to perform long panels. *Revista Colombiana de Estadística*, v. 41, n. 1, p. 31-52, 2018.

LEMOS, A. L. F.; SILVA, J. A. Desmatamento na Amazônia Legal: evolução, causas, monitoramento e possibilidades de mitigação através do Fundo Amazônia. *Floresta e Ambiente*, v. 18, n. 1, p. 98-108, 2012.

LOPES, C. L.; MOURÃO, J. F.; CHIAVARI, J.; GANDOUR, C. Conciliação Ambiental e Desmatamento na Amazônia: Implicações e Desafios a partir de evidências. *Climate Policy Initiative*. 2021.

LOUREIRO, V. R. A Amazônia no século 21: novas formas de desenvolvimento. *Revista Direito GV*, v. 8, p. 527-552, 2012.

MEDAUAR, O. *Direito administrativo moderno*. Editora Revista dos Tribunais, 2008.

MELLO, N. G. R.; ARTAXO, P. Evolução do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal. *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, p. 108-129, 2017.

MENDES, D. F. S. *Arrecadação de multas e a política sancionadora do Ibama contra o desmatamento ilegal em Rondônia: uma análise a partir da criminologia verde*. 144p. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração Pública) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2021.

NASCIMENTO, F. *Desmatamento zero na Amazônia: como e por que chegar lá*. Greenpeace, 2017.

PACHECO, P. *Law compliance: Bolivia case study*. Forestry Department, FAO, Rome, Italy (unpublished draft), 2004.

PÁDUA, J. A. Biosfera, história e conjuntura na análise da questão amazônica. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 6, p. 793-811, 2000.

PFAFF, A. S. P. What drives deforestation in the Brazilian Amazon?: Evidence from satellite and socioeconomic data. *Journal of environmental economics and management*, v. 37, n. 1, p. 26-43, 1999.

PINHEIRO, A. M. P.; PONTES, A. N. O desmatamento na Amazônia legal e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 2019.

PPCDAm. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal. Fase I. Brasília, DF: Casa Civil, 2004.

\_\_\_\_\_. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal. Fase II. Brasília, DF: Casa Civil, 2009.

\_\_\_\_\_. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal. Fase III. Brasília, DF: Casa Civil, 2012.

RAJÃO, R.; SCHMITT, J.; NUNES, F.; SOARES-FILHO, B. Dicotomia da impunidade do desmatamento ilegal. *Policy Brief*. 2021.

RÉGIS, E. O.; MOREIRA, M. A. C.; PINTO, A. E. M. Fiscalização ambiental de Macaé/RJ: relação entre as características socioeconômicas do município e as multas aplicadas entre 2005 e 2014. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes/RJ*, v. 10, n. 1, p. 23-50, 2016.

REYDON, B. P.; FERNANDES, V. B.; TELLES, T. S. Land governance as a precondition for decreasing deforestation in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, v. 94, p. 104313, 2020.

RODRIGUES, A. R.; MATAVELLI, C. J. As principais alterações do Código Florestal Brasileiro. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 9, n. 1, p. 28-35, 2020.

SCHMITT, J. *Crime sem castigo: a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia*. 188p. 2015. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SCRIECIU, S. S. Can economic causes of tropical deforestation be identified at a global level?. *Ecological Economics*, v. 62, n. 3-4, p. 603-612, 2007.

Maria Analice dos Santos Sampaio, Ana Cléssia Pereira Lima de Araújo,  
Filipe Augusto Xavier Lima e Edward Martins Costa

SILVA, I. A. C.; MARCELINO, G. C.; PARRÉ, J. L. Determinantes do desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira: uma análise econométrica espacial. *In: Encontro de Economia da Região Sul*, 23. *Anais*. Porto Alegre: Anpec Sul, 2020.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; Alencar, A. Cracking Brazil's forest code. *Science*, v. 344, n. 6182, 363–364, 2014.

STICKLER, C. M.; NEPSTAD, D. C.; AZEVEDO, A. A.; MCGRATH, D. G. Defending public interests in private lands: compliance, costs and potential environmental consequences of the Brazilian Forest Code in Mato Grosso. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 368, n. 1619, p. 20120160, 2013.

UHR, J. G. Z.; UHR, D. A. P. Infrações ambientais e a reputação do regulador: análise em dados de painel para o Brasil. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 44, p. 69-103, 2014.

WANDERLEY, L. J. Repensando a noção de fronteira no contexto de reestruturação espacial da Amazônia no século XXI. *Terra Livre*, v. 1, n. 46, p. 13-48, 2016.

Recebido em: 10/01/2024. Aceito em: 05/04/2024.

## Notas

<sup>1</sup> Poder de Polícia é a faculdade que o Estado ou a Administração Pública dispõe para limitar e condicionar o exercício de direitos individuais em prol do bem comum (MEDAUAR, 2008).

<sup>2</sup> Trata-se do Código Florestal Brasileiro, reformulado através da Lei nº 4.771/1965, que dentre suas atribuições tinha o escopo de preservar as florestas, mas regularizando a exploração das mesmas, uma vez que nessa época as monoculturas de café e da cana-de açúcar estavam entre as principais atividades econômicas do país (RODRIGUES, MATAVELLI, 2020).