

# Externalidades na saúde humana da mitigação climática baseada em floresta

Gerciana Aparecida Rezende\*      Flávia Chein Feres†

## Resumo

O ensaio busca explorar as externalidades da mitigação climática baseada em florestas na saúde da população na Amazônia Legal. Geralmente, o desflorestamento é acompanhado da queima de bioma, resultando em poluentes que podem representar perigos à saúde humana e o meio ambiente. Essa política de conservação proporcionou uma redução no nível de desmatamento. Para a estratégia de identificação, utilizam-se as grandes e heterogêneas reduções no desmatamento ao longo da Amazônia Legal, geradas pela política de conservação. Os principais resultados apontam que a redução no desmatamento levou a uma diminuição nas internações por doenças do aparelho respiratório em idosos, assim como nos níveis de CO<sub>2</sub>. Esses achados mostra a importância da conservação de florestas.

**Palavras-chaves:** Desmatamento, saúde, mudanças climáticas.

## Abstract

The essay seeks to explore the externalities of forest-based climate mitigation on population health in the Legal Amazon. Generally, deforestation is accompanied by the burning of biomes, resulting in pollutants that can pose dangers to human health and the environment. This conservation policy provided a reduction in the level of deforestation. For the identification strategy, the large and heterogeneous reductions in deforestation throughout the Legal Amazon, generated by the conservation policy, are used. The main results indicate that the reduction in deforestation led to a decrease in hospitalizations for respiratory diseases in the elderly, as well as in CO<sub>2</sub> levels. These findings show the importance of forest conservation.

**Key-words:** Deforestation, health, climate change.

**Classificação JEL:** Q51, K32, I12

**Área 9** - Meio ambiente, recursos naturais e sustentabilidade

**Apoio Financeiro:** Os autores agradecem o apoio financeiro oferecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

---

\*Doutoranda em Economia na Universidade Federal de Juiz de Fora. Email: re-zende.gerciana@estudante.ufjf.br

†Professora da Universidade Federal de Juiz de Fora. Email: flavia.chein@ufjf.br

# 1 Introdução

As mudanças climáticas são uma preocupação global contemporânea. Um fator relacionado a essas mudanças é o desmatamento de florestas, como a Amazônica. As crescentes taxas de desmatamento ocasionam desequilíbrios nos serviços ecossistêmicos florestais, originando impactos ambientais e socioeconômicos (Mello e Artaxo (2017)). A Amazônia desempenha um papel crucial na regulação do clima global, e a perda de suas florestas não apenas eleva as temperaturas em escala regional e global, mas também intensifica eventos climáticos extremos. Essas mudanças climáticas são fatores significativos no surgimento de doenças infecciosas, e as ações relacionadas ao desmatamento contribuem para a disseminação de agentes transmissores de doenças (Ellwanger *et al.* (2020)).

O desmatamento e queimadas são as principais fontes de emissões de CO<sub>2</sub>, representou 51% das emissões brutas brasileiras em 2016 (Brangança e Dahis (2022), Seeg (2018)). Ocorrem devido à ocupação de terras, extração de madeira, pastagens, cultivos agrícolas, mineração. Embora sejam distintas, são práticas tradicionalmente associadas (Gonçalves *et al.* (2012)). Geralmente, a destruição da floresta resulta em queima de biomassa, produzindo poluição atmosférica, o que representa um grande risco para a saúde humana da região. A perda florestal pode levar ao agravamento das doenças respiratórias e a mortalidade, principalmente em crianças, idosos, gestantes e pessoas com doenças pulmonares ou cardíacas preexistentes (Artaxo (2020); Butt *et al.* (2021); Carrillo *et al.* (2019); Ellwanger *et al.* (2020)). A consequência é um aumento nas hospitalizações e na mortalidade, agravando o acesso aos serviços de saúde e os gastos com tratamentos (Artaxo (2020)).

Os efeitos do desmatamento na saúde são extremamente importantes na Amazônia, onde a maioria do desmatamento do país ocorre, e onde a vulnerabilidade social pode amplificar o impacto dos desequilíbrios ambientais (Junior *et al.* (2015)). O desmatamento na Amazônia é uma preocupação de saúde pública e representa um desafio econômico significativo. Ele tem um impacto substancial na saúde humana, com consequências importantes para a produtividade dos indivíduos e a formação de capital humano. Os custos vão além das despesas hospitalares e campanhas de prevenção, uma vez que adultos doentes podem ter a produtividade do trabalho afetada, além de impactar o desenvolvimento físico e cognitivo das crianças. Como também na probabilidade de mortalidade infantil (Cutler *et al.* (2010); Lucas (2014); Chakrabarti (2021)).

Raramente busca-se pesquisar sobre os benefícios gerados na saúde resultante do controle do desmatamento. A maioria dos debates públicos a respeito do desmatamento enfatiza os impactos globais e continentais, via emissão de CO<sub>2</sub> e mudanças de padrões climáticos (Junior *et al.* (2015)). Observar a presença de externalidades positivas decorrentes da implementação de uma política de controle de desmatamento para a saúde pode ser particularmente motivador para os formuladores de políticas e influenciar as discussões sobre os custos e benefícios. Além disso, o controle do desflorestamento é fundamental para a política climática internacional dos países em desenvolvimento. De acordo com van den Bosch *et al.* (2024), as estratégias de mitigação das alterações climáticas baseadas nas florestas, como a florestação, a reflorestação e a gestão florestal sustentável, oferecem soluções promissoras para mitigar as alterações climáticas e, simultaneamente, produzem co-benefícios substanciais para a saúde humana. Sathler *et al.* (2015) ressaltam que o desmatamento e a degradação da floresta Amazônia estão no centro dos esforços brasileiros de mitigação das mudanças climáticas. Para Arima *et al.* (2014), a redução das emissões de carbono provenientes do desmatamento e da degradação florestal constitui uma estratégia importante para mitigar as alterações climáticas, principalmente em paí-

ses com grandes florestas. Assim, este estudo pode contribuir para formulação de políticas públicas destinadas a controlar emissões e minimizar os seus efeitos na saúde humana, na economia e no clima.

Diante disso, este estudo tem como objetivo investigar os benefícios da mitigação climática através das florestas à saúde humana. Para isso, analisa-se o efeito de uma política de conservação florestal nas emissões de CO<sub>2</sub> e na saúde da população, especialmente dos idosos. Especificamente, avalia-se o impacto da implementação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM), iniciado em 2004, nas taxas de hospitalização por doenças respiratórias. As medidas implantadas pelo PPCDAm proporcionaram uma redução significativa no desmatamento na Amazônia Legal. De 2004 para 2007, o desmatamento diminuiu aproximadamente 58%.

A hipótese do estudo fundamenta-se no pressuposto de que a implementação do PPCDAm gerou benefícios para o meio ambiente na região e, conseqüentemente, para a saúde da população, principalmente nos municípios com maiores taxas de desmatamento antes da criação do plano. De acordo com Reddington *et al.* (2015), a redução nas taxas de desmatamento traz inúmeros benefícios sociais e ambientais. O propósito do trabalho é contribuir para uma compreensão das ligações interdisciplinares entre floresta, semidouros de carbono e ganhos para a saúde humana.

A estratégia empírica segue Carrillo *et al.* (2019), que na ausência de uma randomização, explora os diferentes níveis de desmatamento pré-intervenção, na qual municípios com maior nível de desflorestamento eram mais propensos a se beneficiar com a política. A análise compara as mudanças nas emissões de CO<sub>2</sub>, nas taxas de internações por doenças respiratórias antes e depois da intervenção nos municípios com níveis diferentes de desmatamento. Foi definido o período de 2000-2004 como pré-intervenção e de 2005-2007 como o período como pós-intervenção.

As principais evidências indicam que a política de controle do desmatamento levou a uma redução na taxa de internações total por doenças do aparelho respiratório em idosos. Estimou-se também uma heterogeneidade por gênero. A investigação apontou que a magnitude do efeito da política é maior para os homens em relação às mulheres. Além disso, o PPCDAm contribui para a mitigação climática. Nossos resultados indicam que a conservação florestal promovida pela política reduziu as emissões de CO<sub>2</sub>, o principal gás de efeito estufa responsável pelo aquecimento global.

Existem estudos que exploram os efeitos desta política na saúde, como Carrillo *et al.* (2019), que forneceram estimativas positivas do efeito da adesão a esta política de conservação nos resultados de nascimentos. Observaram que após a implantação do programa houve uma redução na incidência de recém-nascidos com peso muito baixo e casos de prematuridade extrema. Já o estudo de Karpavicius e Chimeli (2019) analisaram o efeito do desmatamento sobre a malária. Os autores abordaram a segunda fase do PPCDAm, explorando uma variação quase experimental gerada por intervenções na floresta Amazônica brasileira, o mercado de mogno. Os resultados obtidos mostram uma redução de 50% nos casos de malária nos municípios de mogno no Pará após a implementação de políticas mais rígidas de controle de desmatamento.

Na literatura, há outros estudos que analisaram a relação do desmatamento da Amazônia brasileira e a saúde da população. Por exemplo, Santos e Almeida (2018) utilizaram a metodologia de econometria espacial para analisar a relação entre desmatamento e malária. Por sua vez, Junior *et al.* (2015) analisaram o impacto do desmatamento sobre a incidências de diversas doenças, como malária, leishmaniose, dengue, doença de Chagas, febre amarela, febre tifoide, hantavirose, leptospirose, raiva, peste e sarampo/rubéola, por

meio de modelos Poisson.

Além dessa introdução, este segundo ensaio está dividido em mais quatro seções. A segunda apresenta uma contextualização da política e do desmatamento na Amazônia Legal e a importância da floresta para mitigar efeitos das mudanças climáticas. A terceira seção descreve os dados e a estratégia empírica. A exposição dos resultados na quarta seção, e, por fim, a quinta seção com as considerações finais.

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO

### 2.1 A política de conservação

Em 2004, a perda de floresta na Amazônia Legal alcançou o pico máximo de 27.772 km<sup>2</sup> (Figura 1), o segundo maior recorde registrado de desmatamento no período de 1988 - 2020 (INPE (2022)). Apenas quatro estados: Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia era responsável por quase 90% do desmatamento. Considerados os prioritários nos esforços de combate ao desmatamento.

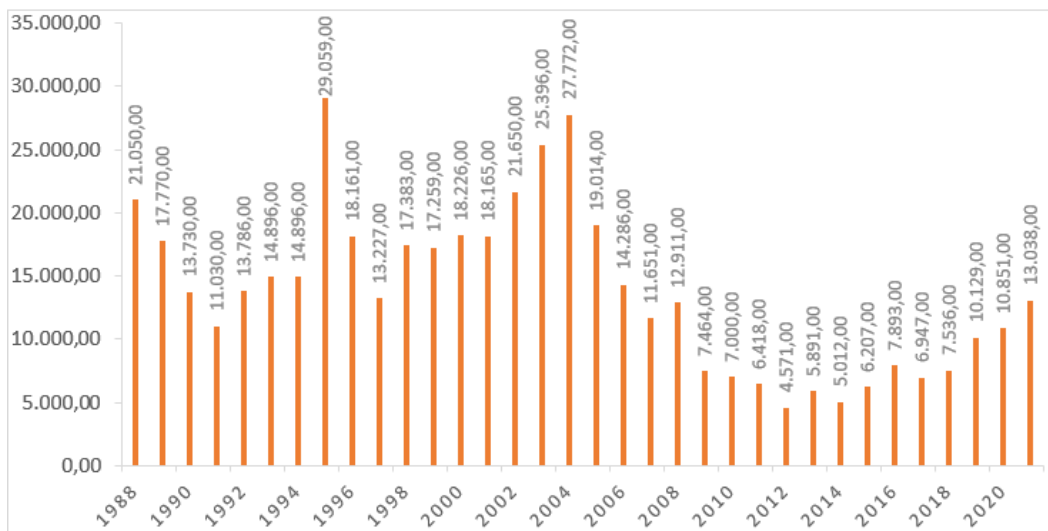
Diante das crescentes taxas de desmatamento e expectativas de aumento da mesma na Amazônia Legal, o governo brasileiro elaborou um plano de longo prazo para controlar o desmatamento na região, o PPCDAm. Os princípios do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) datam de julho de 2003, quando um grupo interministerial<sup>1</sup> se uniram sobre coordenação da Casa Civil com a finalidade de propor e coordenar ações que visem à redução dos índices de desmatamento na Amazônia. Lançado em abril 2004, objetivo do plano foi reduzir de forma contínua o desmatamento e criar condições para um modelo de desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal. Apresentava um conjunto de estratégias e esforços federais, estaduais e municipais, juntamente com organizações especializadas e a sociedade civil (Casa Civil (2004)).

O PPCDAm engloba três pontos: o primeiro, o planejamento da terra e o uso da terra; o segundo, o monitoramento e controle ambiental; e, por fim, a promoção de atividades produtivas sustentáveis. A implementação das ações pode ser direcionada pelos municípios de acordo com a priorização dos critérios percebidos como críticos em cada município. A intenção era reduzir o desmatamento em 80% até 2020. As iniciativas incluem um sistema de monitoramento por satélite, pessoal adicional para atividades de monitoramento e fiscalização em nível de campo, mudanças na política de posse da terra, restrições ao crédito agrícola para desmatadores ilegais e uma lista de municípios que mais desmatam (Casa Civil (2004)).

Ao que parece, o empenho de controlar o desmatamento foi bem sucedido. Após a implementação do plano, a taxa de desmatamento na Amazônia Legal apresentou uma redução significativa, essa tendência se manteve até 2013. Essa diminuição foi resultado de fatores como implantação do sistema de monitoramento (Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER)) e a criação e expansão de áreas protegidas, sendo

---

<sup>1</sup>Composto pelos titulares dos seguintes órgãos: i) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), ii) Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), iii) Ministério da Defesa (MD), iv) Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), v) Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), vi) Ministério da Integração Nacional (MI), (vii) Ministério da Justiça (MJ), (viii) Ministério do Meio Ambiente (MMA), ix) Ministério das Minas e Energia (MME), x) Ministério dos Transportes (MT), xi) Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), xii) Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), e xiii) Ministério das Relações Exteriores (MRE).



Fonte: PRODES - INPE.

Figura 1: Taxa de desmatamento da Amazônia Legal, em km<sup>2</sup>, 1988-2020

esta último uma das principais contribuições das medidas implementadas pelo PPCDAm para controle do desmatamento na região (Mello e Artaxo (2017)).

Ao longo dos anos, o plano passou por cinco fases: PPCDAm - I (2004–2008), II (2009–2011), III (2012–2015), IV (2016–2020), revogado em 2019 e retomado em 2023, iniciando a fase V. O PPCDAm avançou ao longo de suas fases, transformando consequentemente os padrões de desmatamento na Amazônia (West e Fearnside (2021)).

Alguns estudos avaliaram o efeitos da criação política sobre o desmatamento, como Assunção *et al.* (2011) que apontam que um dos motivos da redução do desmatamento foi uma redução dos preços agrícolas e a política do PPCDAm. Segundo os autores, a política evitou o desmatamento de 73.000 km<sup>2</sup> de floresta no período de 2005 a 2009. Por sua vez, Simorangkir (2017), usando o método de controle sintético, encontrou que a política do PPCDAm evitou o desmatamento de 88.841 km<sup>2</sup> no mesmo período. Embora o desmatamento não tenha sido totalmente controlado, os níveis foram diminuindo em relação aos anos anteriores à política (pré-intervenção). No entanto, nos últimos anos, as taxas voltaram a subir devido ao descaso da política ambiental do governo. Avaliando a segunda fase do plano, Arima *et al.* (2014) encontraram que a fiscalização mais rígidas dos municípios que fazem parte da lista de municípios prioritários evitaram o desmatamento de 247 km<sup>2</sup> entre 2009 e 2011.

## 2.2 As mudanças climáticas, a floresta e a saúde

As florestas são um dos principais fatores naturais que regulam e determinam o clima, os padrões climáticos e a quantidade de CO<sub>2</sub> de uma área. Atuam como filtros naturais para a absorção de dióxido de carbono na atmosfera. Armazenam mais carbono do que liberam e são denominadas semidouras de CO<sub>2</sub> em seu estado natural. Proporcionam benefícios sociais, econômicos, ecológicos e estéticos aos sistemas naturais e às pessoas. Atuam como um centro de biodiversidade, funcionam como abastecimento alimentar, têm valor medicinal e econômico, ajudam na regulação do ciclo hidrológico, protegem a cobertura do solo e servem como locais estéticos e recreativos. Além disso, as florestas influenciam o clima através de trocas de água, dióxido de carbono, energia e outras espécies químicas

com a atmosfera, podendo ser utilizadas como uma ferramenta eficaz para mitigar as alterações climáticas (Ali, Riaz, Iqbal (2014); Farooq *et al.* (2019)).

O desmatamento é a perda/remoção da cobertura arbórea, como resultado do desmatamento de florestas para outros usos da terra, como agricultura ou pecuária. As atividades de desmatamento afetam o fluxo de carbono no solo, na vegetação e na atmosfera. Resulta na degradação do solo, na emissão de carbono como resultado da decomposição das plantas deixadas no solo da floresta, no efeito albedo e na intensificação dos riscos hidrometeorológicos (Ali, Riaz, Iqbal (2014)).

A remoção da cobertura florestal altera os padrões climáticos globais e regionais, resultando em períodos de chuvas catastróficas seguidas de períodos de seca prolongados e aumentos da temperatura da superfície. Perturbando os padrões climáticos normais, criando um clima mais quente e seco, aumentando assim a seca e a desertificação, o fracasso das colheitas, o derretimento das calotas polares, as inundações costeiras e a deslocação de importantes regimes de vegetação (Ali, Riaz, Iqbal (2014)).

O desmatamento contribui para o aquecimento global, que ocorre devido ao aumento das concentrações atmosféricas de gases com efeito de estufa (GEE), levando ao aumento líquido da temperatura média global, uma vez que as florestas são o principal sumidouro terrestre de carbono. Assim, a desflorestação perturba o ciclo global do carbono, aumentando a concentração de dióxido de carbono atmosférico (Ali, Riaz, Iqbal (2014)). Como o CO<sub>2</sub> absorve o calor que sai da atmosfera terrestre, há um amplo consenso de que o aumento do CO<sub>2</sub> deve resultar em aumento das temperaturas da superfície e oscilações mais amplas no clima (Ziska *et al.* (2009)).

De acordo com o experimento realizado por Oliveira *et al.* (2021), o desmatamento em grande escala da floresta amazônica aumentará enormemente o risco de exposição ao calor extremo associado às mudanças climáticas em escala local e regional. Isso pode acarretar efeitos negativos e significativos na saúde humana, como a redução da capacidade produtiva no trabalho e o aumento da morbimortalidade associada a doenças cardiovasculares, problemas psicológicos e condições renais.

Alguns indicadores da deterioração dos ecossistemas podem causar prejuízos à saúde humana como, o desmatamento, a desertificação, o estresse hídrico, os impactos na atmosfera e qualidade do ar (Couto (2020)). Em uma revisão de literatura sobre doenças sensíveis ao clima (DSC) e dos impactos das alterações climáticas sobre a saúde, Sousa *et al.* (2018) destacam que as doenças que há mais evidências são dengue, malária e doenças respiratórias e cardiovasculares.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Base de dados

Para a análise, foi construído um painel de dados anuais com todos os municípios da Amazônia legal para o período de 2000 a 2007. Não foram incluídos os anos subsequentes a 2007, pois o objetivo é comparar o efeito antes e imediatamente após a adoção da política de conservação florestal. A amostra final compreende 772 municípios.

A seguir são descritas as principais variáveis.

#### **Saúde**

Para os indicadores de saúde, os dados relativos a internações por causas respiratórias foram obtidos a partir do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH-SUS). A seleção das doenças respiratórias ocorre com base na Classificação Estatística

Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – Décima Revisão (CID-10). Para este estudo, foram selecionadas todas as doenças que compõem o grupo Doenças do Aparelho Respiratório do CID-10 <sup>2</sup>. Os microdados do SIH-SUS fornecem informações individuais dos pacientes, como CEP de residência, data da internação, o número de dias que a pessoa permanece hospitalizada, bem como a causa da internação/mortalidade, idade, gênero, raça, entre outras variáveis. Para esse estudo, foi calculada a taxa de internação anual por 100.000 habitantes para cada município, utilizando os dados de população do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

### **Desmatamento**

Para a medida de desmatamento, utilizamos os dados provenientes do Mapbiomas. O MapBiomas é uma iniciativa do SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima) e é produzido por uma rede colaborativa de co-criadores formado por ONGs, universidades e empresas de tecnologia organizados por biomas e temas transversais. Disponibiliza informações sobre a área desmatada em hectares por classe de desmatamento para todos os municípios brasileiros desde 1985.

### **CO2**

Os dados de emissões de CO<sub>2</sub>, medida em toneladas, foram obtidos junto ao SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa). O Sistema é uma iniciativa do Observatório do Clima que compreende a produção de estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil com base nas diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e na metodologia de emissões antropogênicas de GEE dos relatórios publicados pelo Ministério da Ciência Tecnologia e Inovações (MCTI). As emissões são calculadas para cinco setores: agropecuária, energia, mudanças de uso da terra, processos industriais e resíduos. Os dados iniciam em 1970, mas os dados municipais estão disponíveis a partir 2000.

### **Outros Dados**

Utilizaram-se informações sobre o tamanho dos municípios (em km<sup>2</sup>) e seu PIB em 2004 (medido em R\$ 1.000), ambos fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

## **3.2 Estratégia Empírica**

### **Desmatamento pré intervenção**

Conforme destacado por Carrillo *et al.* (2019), os dados relativos a desmatamento em 2004 muito provavelmente não refletem de maneira adequada o nível desmatamento pré-intervenção, dado que podem ocorrer variações significativas em alguns municípios, tanto em sentido positivo quanto negativo, devido a erros de medição específicos e a heterogeneidade no tamanho de cada município. Assim, o primeiro passo, é resolver esse problema, assim como os autores, usamos o período de 2000-2004 para construir uma medida de desmatamento (*proxy*) pré-intervenção em nível municipal, estimando a seguinte regressão:

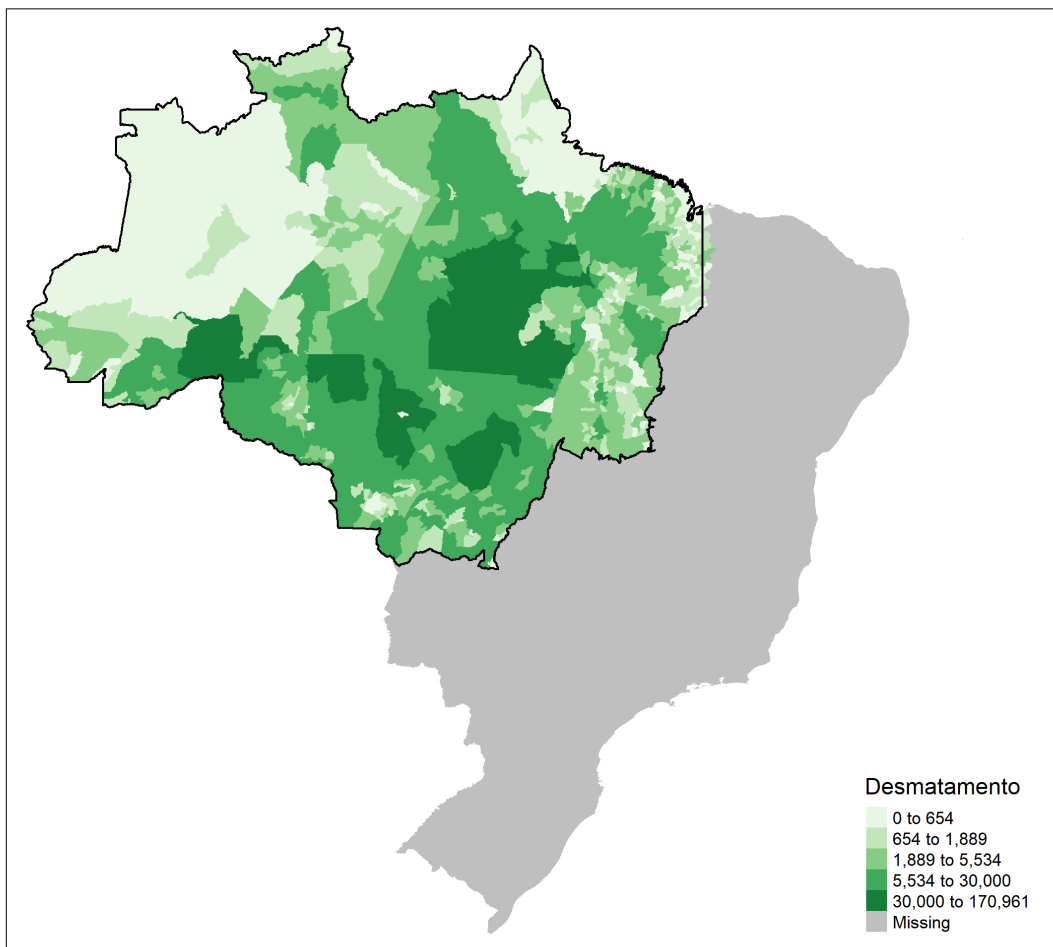
$$D_{it} = \delta_0 + \delta_1 Time + \sum_i \lambda_i Time M_i + \sum_i \rho_i M_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

---

<sup>2</sup>As doenças do aparelho respiratório incluem: Faringite aguda e amigdalite aguda; Laringite e traqueíte agudas; Outras infecções agudas das vias aéreas superiores; Influenza; Pneumonia; Bronquite aguda e bronquiolite aguda; Sinusite crônica; Outras doenças do nariz e dos seios paranasais; Doenças crônicas das amígdalas e das adenóides; Outras doenças do trato respiratório superior; Bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas; Asma; Bronquiectasia; Pneumoconiose; Outras doenças do aparelho respiratório

em que  $D_{it}$  é a medida de desmatamento do município  $i$  no ano  $t$ ,  $Time$  é uma tendência linear,  $M$  representa *dummies* de municípios e  $\varepsilon$  o termo de erro. Assim, usamos o valor predito de desmatamento para cada município como a medida de desmatamento pré-intervenção.

A Figura 2 mostra a variação de desmatamento pré-intervenção entre os municípios. Podemos notar que o nível de desmatamento varia consideravelmente entre os municípios. O desmatamento médio pré-intervenção foi 5.402,60 hectares, o máximo de 170.960,44 hectares e desvio padrão de 10.835,51 hectares. Por consequência dessa variação, diferentes municípios experimentaram níveis diversos de mudanças no desmatamento pós-intervenção.

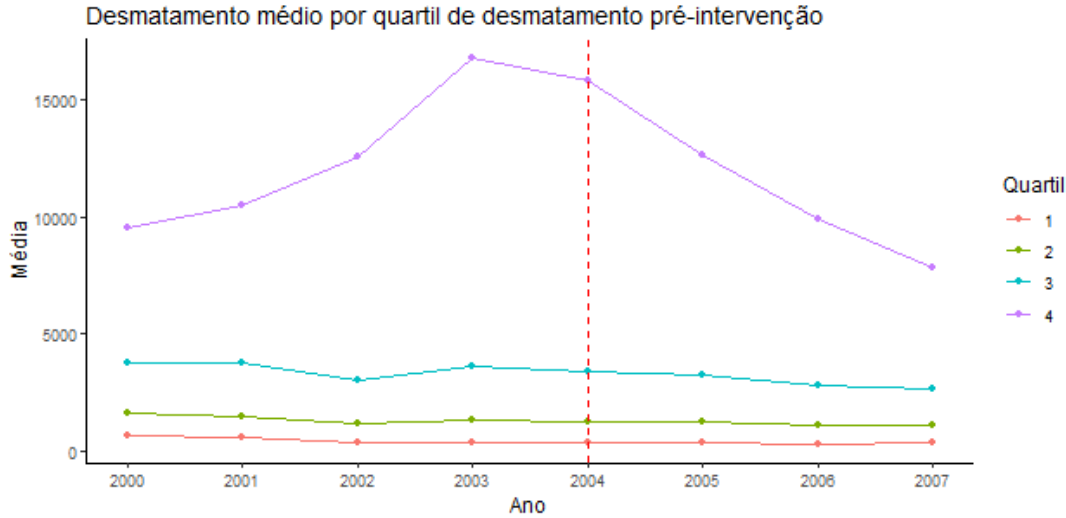


Nota: Desmatamento pré-intervenção em hectares para cada município da Amazônia Legal.

Figura 2: Desmatamento pré-intervenção dos municípios da Amazônia Legal

A Figura 3 mostra a evolução do desmatamento ao longo do período nos diferentes quartis de desmatamento pré-intervenção. Após a implementação da política, percebe-se uma variação mais significativa no nível de desmatamento no quartil superior, indicando que nos municípios com maiores áreas de desmatamento pré-intervenção houve maior impacto do PPCDAm.





Nota: A média de desmatamento é dado em hectares. Os quartis foram definidos com base no desmatamento pré-intervenção.

Figura 3: Evolução do desmatamento médio por quartil de desmatamento pré-intervenção

### Modelo Empírico

Estimar os impactos do programa sobre a saúde da população requer uma região de comparação adequada que não tenha sido exposta ao PPCDAm. No entanto, todos os municípios da Amazônia Legal foram expostos ao PPCDAm. Na ausência de uma randomização, uma proposta é utilizar a abordagem adotada por Carrillo *et al.* (2019), que consiste em usar as grandes reduções no desmatamento entre os municípios causado pelo PPCDAm. Ou seja, a estratégia de identificação busca explorar o fato de que regiões com maior desmatamento antes da intervenção eram mais propensas a se beneficiarem da política de conservação em termos de combate absoluto do desmatamento, em comparação as que apresentavam baixos índices. Segundo Assunção *et al.* (2011), a política do PPCDAm reduziu substancialmente o desmatamento naqueles municípios que tiveram níveis críticos de desmatamento em 2004, enquanto nos municípios com baixos níveis de desmatamento, o plano teve pouco ou nenhum efeito. Dessa forma, a análise compara as mudanças na taxa de internações e mortalidade por doenças respiratórias antes e depois da implantação do plano nos municípios com diferentes níveis de desmatamento pré-intervenção.

O procedimento inicial consiste em identificar o impacto da redução do desmatamento ocasionado pela política do PPCDAm sobre as emissões de CO2 e na saúde da população. Para isso, procederemos à estimativa do modelo a seguir, conforme Carrillo *et al.* (2019):

$$Y_{it} = \alpha + \beta Pos2004 * Des\_pre_i + \gamma X_{it} + \varphi T_{it} + \delta_t + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

em que  $Y_{it}$  é a variável de interesse, CO2, taxa de internações hospitalares por doenças respiratórias para o município  $i$  no ano  $t$ .  $Pos2004$  é uma dummy, igual a 1 se ano é 2005 ou posterior (depois da intervenção) e assume valor 0 se anterior a 2005 (pré-intervenção).  $Des\_pre_i$  é o nível desmatamento pré-intervenção, não variante no tempo, calculado pela 1 para cada município.  $X_{it}$  são covariadas que permitem controlar a heterogeneidade entre os municípios, como tamanho do município ( $km^2$ ) e PIB de 2004.  $T_{it}$  é uma tendência linear a nível municipal.  $\mu_i$  é o efeito fixo de município e  $\delta_t$  é o efeito fixo de ano. Por fim,  $\epsilon_{it}$  é o termo de erro.

A equação 2 compara a mudança nos índices de hospitalizações da população antes e após a intervenção nos municípios que apresentavam maior grau de desmatamento, em comparação com os municípios que exibiam menor desmatamento antes da intervenção. Se a política de controle de desmatamento levou a menores taxas de internações, então esperaríamos ver o coeficiente  $\beta$  negativo.

A hipótese de identificação é que os municípios com diferentes níveis de desmatamento antes da intervenção teriam experimentado as mesmas mudanças nos resultados de saúde na ausência do PPCDAm. Para testar a hipótese de identificação, de que os municípios com diferentes níveis de desmatamento pré-intervenção seguiam tendências paralelas antes do plano, estimamos a seguinte regressão, conforme Carrillo *et al.* (2019):

$$Y_{it} = \alpha + \sum_{t=2000}^{2007} \beta_t DummiesAno_t * Des\_pre_i + \delta_t + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (3)$$

Se as tendências nos municípios com diferentes níveis de desmatamento pré-intervenção fossem semelhantes durante o período anterior à política, é provável que na ausência da política elas também fossem semelhantes no período pós-intervenção.

Na especificação 2, assim como na de Carrillo *et al.* (2019), podem surgir alguns problemas de identificação. Um deles é que o desmatamento pré-intervenção é medido em hectares e não leva em conta o tamanho dos municípios. O tamanho do município é uma medida importante, pois pode ser que em municípios menores a taxa de problemas respiratórios seja mais baixa, o que pode aumentar a probabilidade de tendência diferencial. Para solucionar foi incluído a interação da dummy *Pos2004* e tamanho do município (em km<sup>2</sup>) em todas as especificações. Assim, controla-se qualquer tendência diferencial entre os municípios com diferentes tamanhos. Além disso, também incluímos em todas as especificações a interação de *Pos2004* e PIB de 2004.

### 3.3 Estatísticas Descritivas

A Tabela 1 apresenta um resumo das variáveis antes e após a intervenção. Utilizamos o nível desmatamento estimado na equação 2 para obter a média pré e pós intervenção das variáveis principais. Em outras palavras, a tabela relaciona o municípios com baixo desmatamento (dentro do percentil 75) com aqueles com alto desmatamento (acima do percentil 75), fornecendo o resultado do teste de diferença das médias dos municípios com baixo e alto desmatamento pré-intervenção. Com relação as variáveis de saúde, comparando a média de antes e depois do plano de conservação, nota-se uma redução considerável nas taxas de internações por doenças respiratórias para ambos os grupos. Com relação a diferença entre os grupos, o teste de diferença de média para as taxas de internações mostra que há diferenças entre os municípios de alto e baixo desmatamento pré-intervenção, os resultado mostra que as taxas de internações é menor nos municípios que possuem baixo desmatamento.

Ainda na Tabela 1, com relação às emissões de CO<sub>2</sub>, nota-se uma redução da média para ambos os grupos após a intervenção. E o teste de diferença de médias também indica que há diferenças entre os municípios de alto e baixo desmatamento pré-intervenção. Os municípios com baixo desmatamento apresentam médias significativamente menores de emissões de CO<sub>2</sub> em comparação aos municípios de alto desmatamento.

Quanto a área, os municípios também são diferentes. Os municípios de alto desmatamento pré-intervenção são maiores em extensão territorial (km<sup>2</sup>). Por outro lado, a média do PIB de 2004 dos municípios de alto e baixo desmatamento pré-intervenção não difere

Tabela 1: Estatísticas Descritivas.

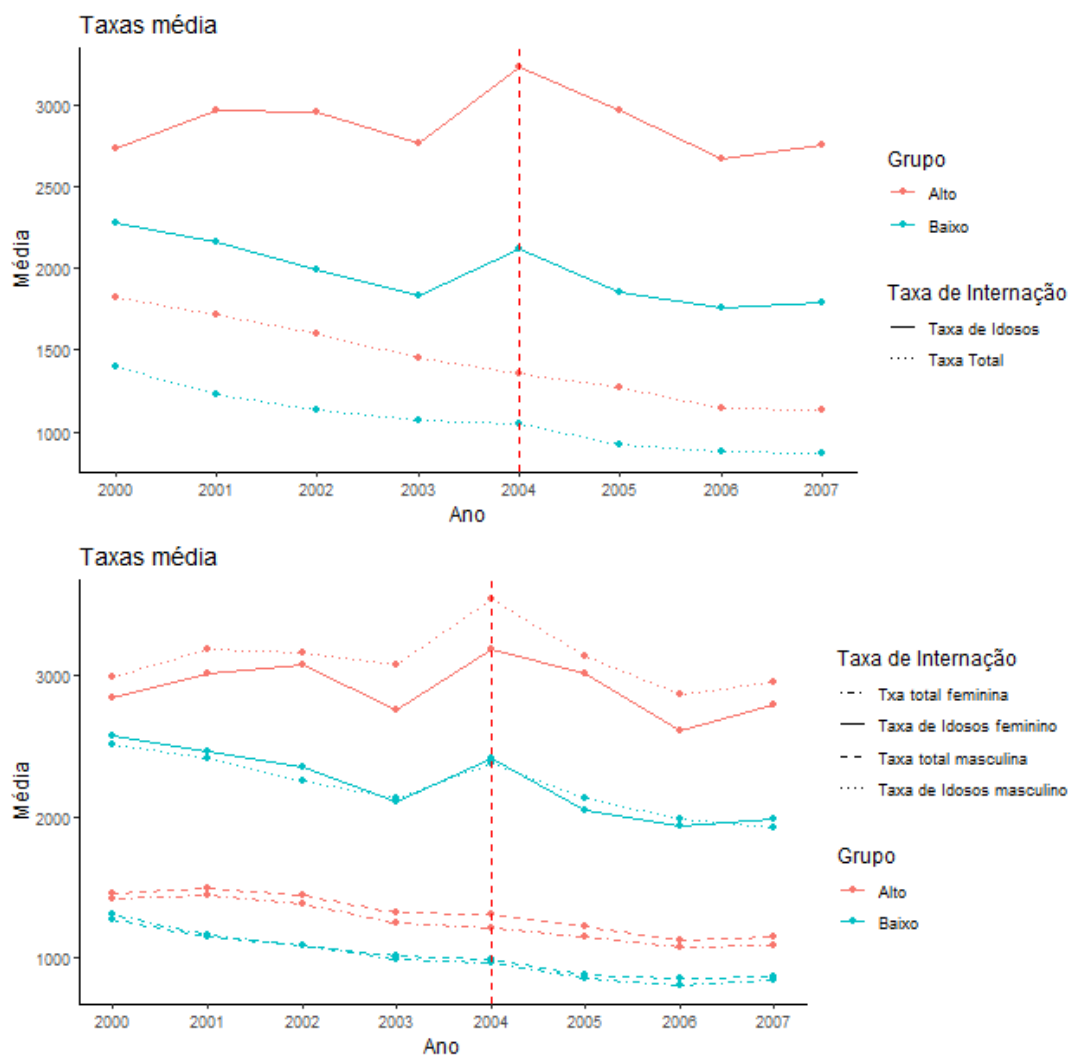
	Pré-Intervenção (2000-2004)			Pós-Intervenção (2005-2007)		
	Baixo	Alto	Diferença	Baixo	Alto	Diferença
Taxa de internação total por doenças respiratórias						
Total	1160,68	1541,56	380,88***	890,68	1160,84	270,16***
Sexo feminino	1070,10	1296,02	225,92***	824,31	1077,81	253,50***
Sexo masculino	1070,15	1357,25	287,10***	854,04	1140,05	286,01***
Taxa de internação de idosos por doenças respiratórias						
Total	1926,87	2802,60	875,73***	1704,91	2708,56	1003,65***
Sexo feminino	1881,43	2665,85	784,42***	1631,88	2585,65	953,77***
Sexo masculino	1848,50	2861,70	1013,20***	1648,98	2755,65	1106,67***
Demais variáveis						
CO2	693,85	6592,39	5898,54***	561,66	5246,44	4684,78***
Área (km)	4847,87	11519,27	6671,40***	4847,87	11519,27	6671,40***
PIB2004	186077,50	223101,80	37024,30	186077,50	223101,80	37024,30
% de idosos	8,57	7,08	-1,49***	8,57	7,08	-1,49***
Observações	3860			2316		

Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes. Nas taxas de internações são consideradas apenas doenças por motivos respiratórios. CO2 é medido em toneladas (os valores foram divididos por 1000). Alto refere-se aos municípios que tiveram taxas de desmatamento acima do percentil 75 da distribuição em 2004. O PIB é medido em R\$ por 1.000. O nível de significância é indicado por: \*\*\*1%, \*\*5% e \*10%.

significativamente. Por fim, em termos da composição demográfica, os municípios são significativamente diferentes. Os municípios com baixo desmatamento pré-intervenção têm uma porcentagem maior de idosos em comparação ao municípios de alto desmatamento pré-intervenção.

O gráfico da Figura 4 mostra o comportamento médio das taxas de internações ao longo do tempo para os municípios com alta taxa de desmatamento pré-intervenção (acima do percentil 75 da distribuição), denominado de "Alto", e os municípios com menores taxas, chamado de "Baixo". Observa-se que há poucas mudanças nos resultados de saúde. A maioria das mudanças notáveis estão nas taxas de internações de idosos. Os resultados mostram que os municípios com maior taxa de desmatamento pré são os que possuem as maiores taxas médias de internação por doenças do aparelho respiratório. Essa tendência nas taxas se repetem quando se desagrega por sexo.

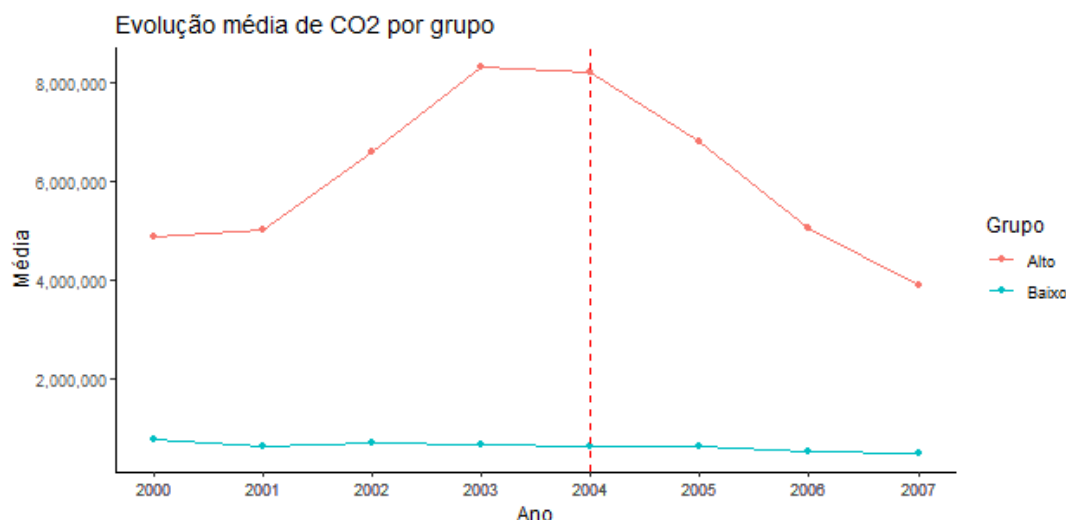
Com relação as diferenças por gênero (Figura 4), nota-se uma discrepância um pouco maior nas taxas de internações de homens e mulheres nos municípios de "Alto" desmatamento pré-intervenção, especialmente para os idosos. A taxa de internação de indivíduos do sexo masculino por doenças respiratórias é superior a do sexo feminino nesses municípios.



Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes habitantes. Nas taxas de internações foram consideradas apenas doenças do aparelho respiratório. Alto refere-se aos municípios que tiveram taxas de desmatamento pré-intervenção acima do percentil 75 da distribuição.

Figura 4: Evolução das taxas de internações por grupo, 2000-2007

Na Figura 5, por sua vez, temos o comportamento médio para as emissões de CO<sub>2</sub> no período de 2000-2007 para o grupo de municípios com "Alto" desmatamento pré-intervenção e os municípios com "Baixo" desmatamento pré-intervenção. É possível perceber uma grande diferença entre os dois grupos. Ao longo dos anos, nos municípios com "Baixo" desmatamento pré, não há mudanças significativas nos níveis de CO<sub>2</sub>. No entanto, nos municípios com "Alto" desmatamento pré, são visíveis alterações nos níveis de CO<sub>2</sub>. No período que antecede a política, os níveis de emissões de CO<sub>2</sub> aparentam uma tendência de crescimento, e após a intervenção, o movimento se inverte. A princípio, pode-se dizer que o controle do desmatamento florestal foi eficaz na redução de CO<sub>2</sub>, contribuindo assim para a diminuição das emissões de GEE, causadoras do aquecimento global.



Nota: Os níveis de CO2 é medido em toneladas. Alto refere-se aos municípios que tiveram taxas de desmatamento pré-intervenção acima do percentil 75 da distribuição.

Figura 5: Tendência de emissões de CO2, 2000-2007

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Resultados principais

A primeira análise verifica o efeito do PPCDAm no desmatamento. Foi estimada a Equação 2 com desmatamento (em hectares) como a variável dependente. A Tabela 2 apresenta esses resultados. A coluna (1) é a especificação sem controle, a coluna (2) inclui os controles (Post2004\*PIB2004 e Post2004\*Área do município), e a coluna (3) apresenta os termos de interação dos anos com Post2004, são as estimativas da Equação 3. Além disso, foram adicionados efeitos fixos de município e de ano em todas especificações. Os resultados apontam que os municípios que tinham maiores níveis de desmatamento pré-intervenção sofreram maiores diminuição no desmatamento após a implementação do plano. O coeficiente estimado de  $-0,58$  significativo a 1%, não se alterando com a adição de controles. Esse achado indica que política teve um impacto positivo no controle do desmatamento. Os resultados da coluna (3) mostram uma redução linear nos coeficientes após a política, embora não sejam significativos.

A seguir, examina-se o efeito do PPCDAm nas emissões de CO2. Os resultados da Tabela 3 mostram que a política de controle de desmatamento contribui para a diminuição nos níveis de CO2, indicando que a conservação de floresta e o reflorestamento são mitigadores de gases de efeito estufa, consequentemente reduzindo os efeitos do aquecimento global. Além disso, isso mostra a importância das florestas para o Brasil alcançar suas metas de redução de emissões de gases de efeito estufa, conforme acordado no Acordo de Paris. No acordo, o Brasil se comprometeu em reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025; e em 43% abaixo de 2005, em 2030. Além disso, o país também se comprometeu em restaurar 12 milhões de hectares de florestas até 2030 (Brasil (2015)).

Tabela 2: Efeito da política de conservação no desmatamento.

	(1)	(2)	(3)
Post2004*Des_pre	-0,581*** (0,075)	-0,583*** (0,076)	
Ano2001*Des_pre			0,098 (0,104)
Ano2002*Des_pre			0,407* (0,215)
Ano2003*Des_pre			0,606** (0,305)
Ano2004*Des_pre			0,557 (0,406)
Ano2005*Des_pre			0,326 (0,505)
Ano2006*Des_pre			0,218 (0,605)
Ano2007*Des_pre			0,124 (0,705)
Observações	6176	6152	6152
Tendência de tempo de município	Sim	Sim	Sim
Controles	Não	Sim	Sim

Nota: A variável dependente é desmatamento em hectares. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Os controles são: Post2004\*Area e Post2004\*PIB2004. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por:

\*\*\*1%, \*\*5% e \*10%.

Os resultados na saúde são apresentados na Tabela 4. Cada painel é um resultado de saúde diferente, internações e mortalidade por doenças respiratórias, primeiro para toda população e, em seguida, especificamente para idosos. A coluna (1) usa a especificação base, apenas com tendência linear específica de município e efeitos fixos de tempo e município, sem adição de controle. Nas colunas seguintes foram adicionados controles.

No primeiro painel (Painel A), o coeficiente de interesse estimado para a taxa de internação da população como um todo não foi significativo. Porém, no painel B, o resultado sobre a taxa de internação de idosos é negativa e significativa a 1%, indicando que a política de conservação florestal proporcionou benefícios à saúde dos grupos mais vulneráveis, como os idosos. Nesse caso, os municípios que tinham um nível de desmatamento pré-intervenção mais alto presenciaram uma redução maior nas suas taxas de internação de idosos por doenças respiratórias. Como essas taxas já estavam em queda, esses achados apontam que o PPCDAm contribuiu para reduzir ainda mais as internações por doenças do aparelho respiratório.

A Tabela 5 no painel B apresenta-se as estimativas da interação da dummy de ano

Tabela 3: Efeito da política de conservação sobre CO2.

	(1)	(2)
Post2004*Des_pre	-290,28*** (39,49)	
Ano2001*Des_pre		48,71 (75,21)
Ano2002*Des_pre		195,80 (150,09)
Ano2003*Des_pre		340,21 (224,32)
Ano2004*Des_pre		340,96 (299,21)
Ano2005*Des_pre		237,75 (372,83)
Ano2006*Des_pre		182,51 (446,81)
Ano2007*Des_pre		130,51 (521,19)
Observações	6152	6152
Tendência de tempo de município	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim

Nota: CO2 está medido em toneladas. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo, além dos controles: Post2004\*Area e Post2004\*PIB2004. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: \*\*\*1%, \*\*5% e \*10%.

Tabela 4: Efeito da política de conservação nas internações por doenças respiratórias.

	(1)	(2)	(3)
Painel A: Variável dependente: Taxa de Internações Total de doenças respiratórias			
Post2004*Des_pre	-0,003 (0,002)	-0,003 (0,002)	-0,003 (0,002)
Observações	6176	6176	6152
Painel B: Variável dependente: Taxa de Internação de Idosos por doenças respiratórias			
Post2004*Des_pre	-0,015*** (0,005)	-0,018*** (0,006)	-0,018*** (0,006)
Observações	6176	6176	6152
Tendência de tempo de município	Sim	Sim	Sim
Area*Post2004	Não	Sim	Sim
PIB2004*Post2004	Não	Não	Sim

Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes. Foram consideradas apenas doenças do aparelho respiratório no cálculo das taxas. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: \*\*\*1%, \*\*5% e \*10%.

com o desmatamento pré-intervenção para analisar possíveis efeitos de dose-resposta. No painel A replicou-se o resultado da coluna 3 da Tabela 4. Para ambas taxas de internações, é possível observar uma tendência linear decrescente ao longo do período. Os resultados indicam que a política de conservação florestal está associada a uma melhora na saúde, implicando em menores taxas de internação por motivos respiratórios no decorrer dos anos.



Tabela 5: Decomposição do efeito anual.

	Taxa de internações Total	Taxa de internações de Idosos
Painel A : Especificação Base		
Post2004*Des_pre	-0,003 (0,002)	-0,018*** (0,006)
Observações	6152	6152
Painel B: Efeitos de interações anuais		
Ano2001*Des_pre	-0,122*** (0,029)	-0,191*** (0,041)
Ano2002*Des_pre	-0,247*** (0,057)	-0,390*** (0,081)
Ano2003*Des_pre	-0,369*** (0,086)	-0,582*** (0,121)
Ano2004*Des_pre	-0,495*** (0,115)	-0,777*** (0,162)
Ano2005*Des_pre	-0,620*** (0,143)	-0,985*** (0,202)
Ano2006*Des_pre	-0,747*** (0,172)	-1,191*** (0,243)
Ano2007*Des_pre	-0,871*** (0,201)	-1,389*** (0,283)
Observações	6152	6152

Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes. São consideradas todas as doenças do aparelho respiratório. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo, além dos controles: Post2004\*Area e Post2004\*PIB2004. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: \*\*\*1%, \*\*5% e \*10%.

## 4.2 Heterogeneidade

A Tabela 6 analisa a heterogeneidade de gênero. Estimou-se a especificação completa da Tabela 4 por sexo. Os resultados apontam que o plano de conservação florestal teve um impacto maior na saúde da população do sexo masculino (Painel B). Como podemos observar na Figura 4, nos municípios que registraram maior nível de desmatamento pré-intervenção, a taxa de internação de homens era superior à das mulheres, por isso, espera-se que eles se beneficiem mais com a política.

Tabela 6: Efeito da política de conservação na saúde respiratória por gênero.

	Taxa de Internações por doenças respiratórias	Taxa de Internações de Idosos por doenças respiratórias
Painel A: Sexo Feminino		
Post2004*Des_pre	-0,003* (0,002)	-0,015** (0,006)
Observações	6152	6152
Painel B: Sexo Masculino		
Post2004*Des_pre	-0,005*** (0,002)	-0,021*** (0,007)
Observações	6152	6152
Tendência de tempo de município	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim

Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes. Foram consideradas todas as doenças respiratórias. Os controles são: Post2004\*Area e Post2004\*PIB2004. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: \*\*\*1%, \*\*5% e \*10%.

Em resumo, a política de conservação (PPCDAm), além de mitigar as alterações climáticas por meio da redução das emissões de CO<sub>2</sub>, pode gerar externalidades positivas para a saúde da população local. Esses efeitos são heterogêneos entre diferentes grupos populacionais, com os mais vulneráveis se beneficiando mais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo analisa as externalidades de uma política de preservação e conservação de florestas, o PPCDAm, na saúde da população da Amazônia Legal. O PPCDAm, lançado em 2004, tem como objetivo reduzir continuamente o desmatamento na região. No entanto, os resultados encontrados indicam que a política, além de proporcionar diminuição na área desmatada, também teve efeitos positivos para a saúde da população e para as mudanças climáticas, com redução nas emissões de CO<sub>2</sub>. Especificamente, verificou-se que a política está associada a uma redução na taxa de internação por doenças respiratórias em idosos, e a magnitude do impacto é maior para o sexo masculino, no geral.

No contexto atual, em que questões climáticas são amplamente discutidas, é essencial entender os efeitos de uma política ambiental. Este ensaio oferece uma contribuição importante ao demonstrar que a mitigação das mudanças climáticas, baseada na preservação das florestas, oferece oportunidades de benefícios à saúde humana. Portanto, os resultados são relevantes para incentivar os debates sobre os esforços de controle do desmatamento.

Além disso, devido aos inúmeros problemas de saúde decorrentes de causas ambientais, é necessário compreender todas as relações entre saúde/doença para formular políticas públicas e atender a todas as demandas.

## Referências

- ALI, A.; RIAZ, S.; IQBAL, S. Deforestation And Its Impacts On Climate Change An Overview Of Pakistan. **Papers on Global Change IGBP**, v. 21, n. 1, p. 51-60, 2014.
- ARIMA, E. Y.; BARRETO, P.; ARAÚJO, E.; SOARES-FILHO, B. Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. **Land Use Policy**, v. 41, p. 465-473, 2014.
- ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 134, n. 100, 2020.
- ASSUNÇÃO, J.; ROCHA, R.; GANDOUR, C. **Deforestation slowdown in the legal Amazon: Prices or Policies?** Working Paper, 2011.
- BRAGANÇA, A.; DAHIS, R. Cutting special interests by the roots: Evidence from the Brazilian Amazon. **Journal of Public Economics**, v. 215, n. 104753, 2022.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris**, 2015.
- BUTT, E. W.; CONIBEAR, L.; KNOTE, C; SPRACKLEN, D, V. Large air quality and public health impacts due to Amazonian deforestation fires in 2019. **Geohealth**, v. 5, 2021.
- CASA CIVIL. **Plano de Ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal**. Plano de Ação, Casa Civil da Presidência da República, Brasília, 2004.
- CARRILLO, B.; BRANCO, D. K.; TRUJILLO, J. C.; LIMA, J. E. The externalities of a deforestation control policy in infant health: Evidence from Brazil **Economic Development and Cultural Change**, v. 67, n. 2, p. 369-400, 2019.
- CHAKRABARTI, A. Deforestation and infant mortality: Evidence from Indonesia **Economics and Human Biology**, v. 40, 2021.
- COUTO, R. C. S. Saúde e ambiente na Amazônia Brasileira. **Novos Cadernos NAEA**, v.23, n. 3, p. 167-178, 2020.
- CUTLER, D.; FUNG, W.; KREMER, M.; SINGHAL, M.; VOGL, T. Early-life Malaria exposure and adult outcomes: evidence from malaria eradication in India **American Economic Journal: Applied Economics**, v.2, n. 2, p. 72-94, 2010.

ELLWANGER, J. H.; KULMANN-LEAL, B.; KAMIINSKI, V. L.; VALAVERDE-VILLEGAS, J. M.; VEIGA, A. B. G.; SPILKI, F. R.; FEARNSIDE, P. M.; CAESER, L.; GIATTI, L. L.; WALLAU, G. L.; ALMEIDA, S. E. M.; BORBA, M. R.; HORA, V. P.; CHIES, J. A. B. Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health **AN Acad Bras Cienc**, v.92, n. 1, 2020.

FAROOQ, M. U.; SHAHZAD, U.; SARWAR, S.; ZAIJUN, L. The impact of carbon emission and forest activities on health outcomes: empirical evidence from China. **Atmosphere Environmental Science and Pollution Research**, v.26, p. 12894-12906, 2019.

Gonçalves, K. S.; CASTRO, H. A.; HACION, S. S. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. **Ciência & Saúde Coletiva**, V. 17(6), p. 1523-1532, 2012.

INPE. **Projeto PRODES: Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica brasileira por Satélite**. INPE. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes> Acessado em: 22 de outubro de 2022.

JUNIOR, N. L. S.; MATION, L. F.; SAKOWSKI, P. A. M. **Impacto do desmatamento sobre a incidência de doenças na Amazônia**. IPEA: Texto para discussão, n. 2142, 2015.

KARPAVICIUS, L. M.; CHIMELI, A. B. **Malaria Incidence and Deforestation: Evidence from Pará, Brazil**. In: Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists, 24th, Manchester, UK, 2019.

LUCAS, A. M. malaria eradication and educational attainment: Evidence from Paraguay and Sri Lanka. **American Economic Journal: Applied Economics**, v. 2, n.2, p. 46-71, 2010.

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**, N. 66, p. 108-129, 2017.

OLIVEIRA, B. F. A.; BOTINNO, M. J.; NOBRE, P.; NOBRE, C. A. Deforestation and climate change are projected to increase heat stress risk in the Brazilian Amazon. **Communications Earth & Environment**, v.2, 2021.

SANTOS, A. S.; ALMEIDA, A. N. The impact of deforestation on Malaria infections in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v.154, p. 247-256, 2018.

SATHLER, D.; ADAMO, S. B.; LIMA, E. E. C. Mudanças climáticas e mitigação no setor florestal: REDD+, políticas nacionais e desenvolvimento sustentável local na Amazônia Legal. **Revista Bras. Est. Pop.**, v.32, n. 3, p. 619-630, 2015.

Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Observatório do Clima). **Emissões de GEE no Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris 1970-2016**. 2017.

SIMORANGKIR, R. P. B. **Essays on the environment and development**. 2017. Dissertation (Doctor of Philosophy), Georgia State University, Georgia.

SOUSA, T. C. M.; AMANCIO, F.; HACON, S. S.; BARCELLOS, C. Doenças sensíveis ao clima no Brasil e no mundo: revisão sistemática. **Rev Panam Salud Publica**, v. 42, 2018.

van den BOSCH, M.; BARTOLOMEU, M. L.; WILLIAMS, S.; BASNOU, C.; HAMILTON, I.; NIEUWENHUIJSEN, M.; OINO, J.; TONNE, C. A scoping review of human health co-benefits of forest-based climate change mitigation in Europe. **Environmental International**, v. 186, 2024.

WEST, T. A. P.; FEARNSIDE, P. M. Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia. **Land Use Policy**, v. 100, 2021.

ZISKA, L. H.; EPSTEIN, P. R.; SCHLESINHER, W. H. Rising CO<sub>2</sub>, Climate Change, and Public Health: Exploring the Linksto Plant Biology. **Environmental Health Perspectives**, V. 117, N.2, 2009.