

# Impactos dos Incêndios Relacionados ao Desmatamento na Amazônia Brasileira Sobre Saúde\*

André Albuquerque Sant'Anna<sup>†</sup> e Rudi Rocha

## Introdução

Este relatório tem como objetivo avaliar as correlações entre os incêndios relacionados ao desmatamento na Amazônia brasileira e os resultados de saúde, especialmente doenças respiratórias. Discutimos a metodologia utilizada e, na sequência, apresentamos os principais resultados, assim como estimativas agregadas dos efeitos da poluição do ar relacionada às queimadas e ao desmatamento sobre a saúde na Amazônia brasileira. Para os fins deste relatório, sobre os municípios do Bioma Amazônia, dentro das fronteiras do Brasil, excluindo os municípios pertencentes à Amazônia Legal brasileira que não fazem parte do Bioma Amazônia.

## Dados e Metodologia

### Resultados de saúde

O Brasil tem um sistema de saúde universal (Sistema Único de Saúde, SUS), que oferece serviços de saúde a todos os brasileiros. Obtivemos do Datasus/Ministério da Saúde dados administrativos sobre os resultados de saúde. O Datasus reúne dados sobre internações hospitalares (SIH/Datasus) cobertas pelo SUS, incluindo informações sobre o município de residência e a data de internação do paciente, bem como a causa da internação, o número de dias em que a pessoa permanece hospitalizada, custos, dentre outras variáveis. Também utilizamos o Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM/Datasus) para obter dados de mortalidade em nível individual. Para este projeto, coletamos dados mensais e calculamos taxas de hospitalização e mortalidade para cada um dos 546 municípios do Bioma Amazônia, de janeiro de 2010 a dezembro de 2019. Seguindo a literatura sobre os efeitos da qualidade do ar e da saúde, nos concentramos em doenças respiratórias [1] [2].

Com relação à estrutura etária da população mais afetada, He et al. [2] argumentam que os idosos na China sofrem mais com a poluição do ar relacionada à queima de palha. Rangel e Vogl [3] se concentram na saúde infantil em um estudo sobre os efeitos das queimadas agrícolas no estado de São Paulo, Brasil. Jacobsen et al. [4] estudam os efeitos de material particulado dos incêndios sazonais na saúde das crianças em idade escolar na Amazônia brasileira. Portanto, nosso foco será em recém-nascidos (0 a 1

ano de idade), crianças entre 1 e 5 anos de idade e pessoas com mais de 60 anos de idade.

Em relação às variáveis de saúde, procuramos padronizar os dados para facilitar as comparações entre os municípios e em diferentes momentos do tempo. Como não há dados mensais relativos ao tamanho da população com estratificação etária, os resultados de saúde serão expressos pelo número mensal de internações/100.000 habitantes totais por município. Utilizamos a mesma abordagem para as taxas de internações hospitalares por grupos etários específicos. Na medida em que a distribuição etária da população não varie substancialmente no período sobre o qual a nossa análise se concentra, em particular sob alta frequência dos dados, esta limitação não deverá afetar nossas estimativas.

### Desmatamento, Queimadas e Poluição do Ar

Os dados mensais sobre desmatamento e focos de queimadas por município utilizados neste projeto foram reunidos pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), uma instituição parceira neste projeto. O IPAM obteve e analisou dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) sobre desmatamento e focos de incêndio. Os dados são estruturados em um painel em nível municipal, com uma estrutura mensal.

Os dados sobre desmatamento são baseados no DETER-B, sistema que apresenta alertas periódicos de desmatamento. Esses dados foram agregados por mês, de agosto de 2016 a dezembro de 2019. Sua principal diferença em relação aos dados do sistema anterior - DETER - é a resolução espacial, que aumentou de 250m para 60m, ao adicionar outros satélites ao produto diário MODIS. Além disso, o DETER-B traz diferentes classes que indicam distúrbios na vegetação nativa, como mineração, extração de madeira, degradação da floresta pelo fogo e desmatamento (corte de floresta). Para fins deste estudo, consideramos apenas as classes associadas ao desmatamento. [5] Os dados do DETER-B oferecem uma boa perspectiva das tendências de desmatamento, uma vez que apresentam informações diárias que podem ser agregadas por mês ou ano.

Os dados sobre queimadas medem especificamente o número de focos de incêndio ativos coletados pelo satélite de referência utilizado pelo INPE para monitorar a dinâmica espacial e temporal dos incêndios florestais no Brasil. Estes dados são baseados no sensor MODIS a bordo do satélite Aqua. Estes dados se correlacionam com a área

\* Esta Nota Técnica é parte de contribuição do Instituto de Estudos para Políticas de Saúde (IEPS) ao relatório elaborado em conjunto pelo IEPS, Instituto de Pesquisa Ambiental para a Amazônia (IPAM) e Human Rights Watch.

<sup>†</sup> Professor visitante na Universidade Federal Fluminense.

<sup>1</sup> Os dados do DETER estão disponíveis no site do INPE, acesso em 18 jun. 2020).



queimada e são um indicador confiável de tendências de atividade do fogo ao longo do tempo<sup>[2]</sup>

Dados mensais sobre a poluição do ar em nível municipal foram obtidos do Sistema de Informações Ambientais Integradas à Saúde (SISAM). Utilizamos principalmente dados sobre PM<sub>2,5</sub>, mas analisaremos outros poluentes também relevantes, como CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub><sup>[3]</sup>. Por fim, incluiremos dados sobre precipitação, umidade relativa do ar e temperatura como variáveis de controle em nossas regressões. Esses dados são extraídos do INPE. A Tabela A.1, no anexo, apresenta estatísticas descritivas sobre cada variável, bem como sua fonte. Todas as variáveis estão ao nível do município e são mensais.

## Metodologia

Nesta Nota Técnica, realizamos uma análise estatística para avaliar a correlação entre a poluição do ar e indicadores de saúde na Amazônia brasileira. Idealmente, o nosso objetivo consiste em estimar uma relação causal entre saúde e poluição do ar em modelos de regressão. Utilizamos controles para algumas variáveis observáveis, como temperatura, pluviosidade e umidade, e variáveis não observáveis específicas de cada município que não variam no tempo. Este desenho metodológico, baseado em dados em painel, elimina também a influência de efeitos de confundimento da sazonalidade e choques climáticos comuns a todos os municípios. Entretanto, mesmo após controlar para essas variáveis, determinar a causalidade é um desafio, devido ao viés causado por variáveis omitidas. Um provável fator de endogeneidade é a associação entre queimadas e atividade econômica, que pode afetar os resultados de saúde através de outros canais. Como não há dados econômicos mensais disponíveis em nível municipal sobre atividade econômica, acrescentaremos tendências municipais para controlar para tendências específicas que possam estar relacionadas à renda, bem como a os efeitos de mais longo-prazo de políticas de saúde específicas em cada município.

Nossa hipótese principal é de que a poluição do ar, relacionada às queimadas, em um determinado município poderia levar a um aumento das hospitalizações e da mortalidade devida a doenças respiratórias. Para testar tal hipótese, mais especificamente, utilizamos a estrutura de dados em painel, que nos permite controlar para variáveis não observáveis dos municípios (fixas no tempo) e choques mensais comuns a todos os municípios, incluindo efeitos fixos municipais e mensais por ano. Portanto, nosso modelo de referência a ser estimado é:

$$Y_{mt} = \beta_0 + \beta_1 * AirPollution_{mt} + \gamma * X_{mt} + \lambda_m + \alpha_t + \varepsilon_{mt}$$

Onde  $Y_{mt}$  é uma variável que mede saúde, seja taxa de internações ou taxa de mortalidade.  $AirPollution_{mt}$  é uma

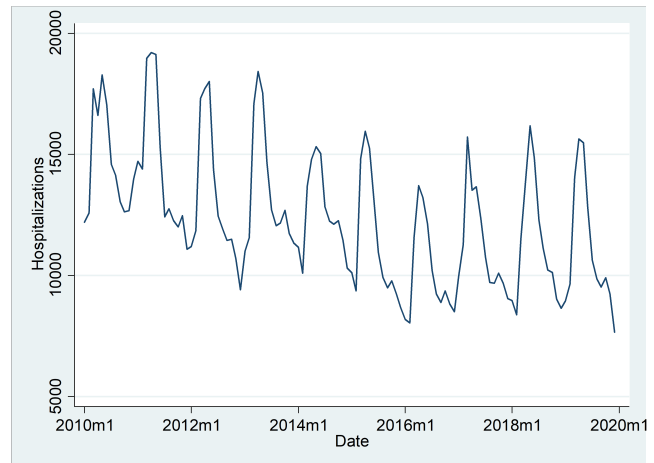
<sup>2</sup>Os dados estão disponíveis no site do INPE (acesso em 18 jun. 2020).  
<sup>3</sup><http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/sisam/v2/dados/download/>

variável que mede a concentração de um determinado poluente (PM<sub>2,5</sub>, CO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>) no município  $m$  durante o mês  $t$ . O coeficiente  $\beta_1$  é nosso parâmetro de interesse e recupera a correlação condicional às nossas variáveis de controle.  $X_{mt}$  é um vetor de covariáveis que também podem afetar os resultados de saúde. Essas variáveis de controle são a precipitação média, a temperatura média e a umidade média mensal no município. O termo  $\alpha_t$  é um efeito fixo de tempo, que captura choques a cada mês/ano comuns a todos os municípios, enquanto  $\lambda_m$  é o efeito fixo municipal, que captura os efeitos de variáveis não observáveis e invariantes no tempo. O termo de erro do modelo é  $\varepsilon_{mt}$ .

## Tendências em Condições Respiratórias

Com relação às doenças respiratórias, as hospitalizações no Bioma Amazônia seguem um padrão sazonal, que chega ao máximo por volta de maio, mês que marca o início da estação mais seca da Amazônia. A Figura 1 mostra as internações relacionadas a doenças respiratórias de janeiro de 2010 a dezembro de 2019.

**Figura 1. Internações relacionadas a doenças respiratórias no bioma amazônico**



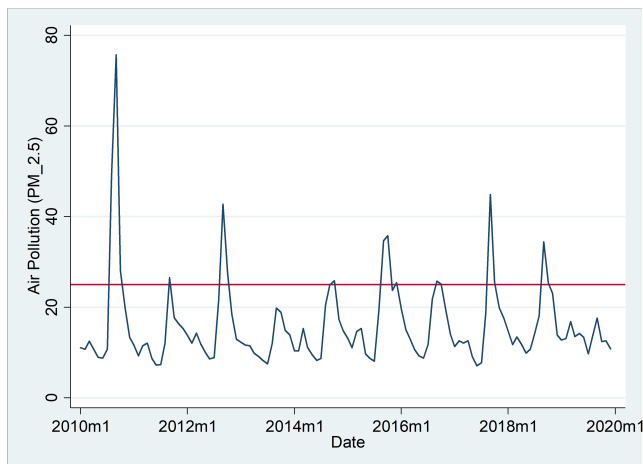
Fonte: DATASUS

Em geral, percebe-se uma tendência decrescente nas hospitalizações devidas a doenças respiratórias na Amazônia. No entanto, esta tendência alcançou certa estabilidade a partir de 2015.

Na Amazônia brasileira, a concentração de poluentes está principalmente relacionada a incêndios de desmatamento<sup>[5]</sup>. É por isso que podemos observar um pico na concentração atmosférica de poluentes, como PM<sub>2,5</sub>, de agosto a outubro. A Figura 2 mostra o padrão de concentração de PM<sub>2,5</sub>, enquanto a Figura 3 mostra a série temporal de focos de incêndio ativos no Bioma Amazônia. A linha horizontal na Figura 2 representa o limite de qualidade do ar estabelecido pela Organização Mundial da Saúde para uma média de 24h.



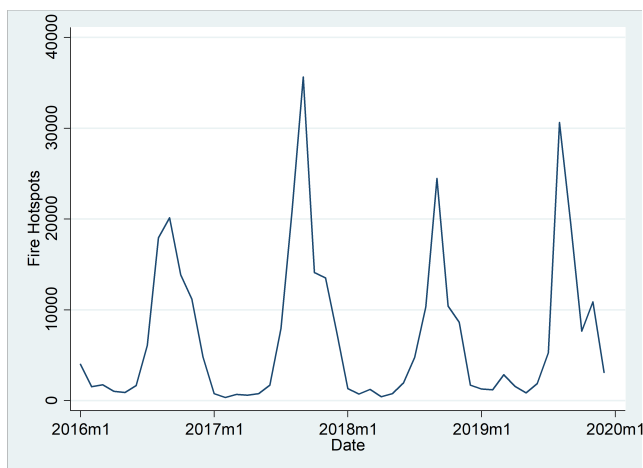
**Figura 2. Média de concentração de PM<sub>2,5</sub> no bioma amazônico**



Fonte: INPE

Na Figura 3, observamos as tendências, de 2016 a 2019, de focos de incêndio ativos na região. O período de contagem de queimadas reflete o mesmo período de dados do DETER-B. Existe um claro padrão sazonal onde os incêndios começam por volta de julho e duram até setembro de cada ano.

**Figura 3. Focos de incêndio ativos no bioma amazônico**



Fonte: IPAM, com base em dados do INPE/BDqueimadas

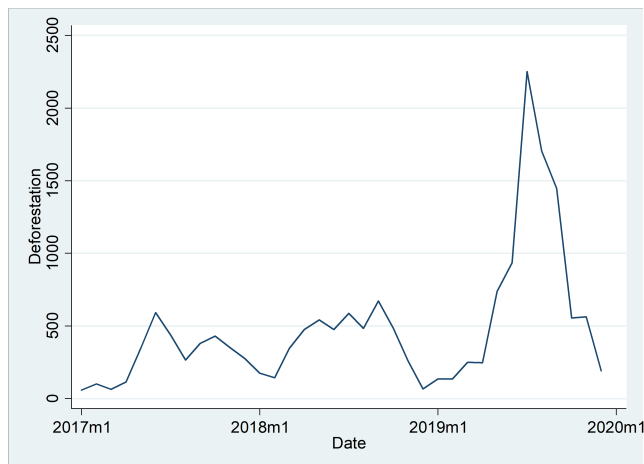
Além dos focos de incêndio, observamos também as tendências em relação ao desmatamento. Como mostra a Figura 4, há um claro pico de desmatamento de julho de 2019 a setembro de 2019 que não encontra paralelo nos anos anteriores. O aumento do desmatamento em 2019 nos ajuda a entender a extensão dos problemas recentes associados à fumaça dos incêndios.

## Resultados

### Poluição do Ar, Incêndios e Desmatamento

A maioria das áreas desmatadas na Amazônia é queimada para limpar a terra, em preparação para atividades de pecuária, agricultura e mineração [6]. A biomassa queimada

**Figura 4. Desmatamento (km<sup>2</sup>/mês) no bioma amazônico**



Fonte: INPE

gera muitos poluentes, como CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> e material particulado (especialmente PM<sub>2,5</sub>) [7]. Como argumentam Barcellos et al. [8], o material particulado pode percorrer centenas de quilômetros, espalhando a poluição até mesmo para regiões não diretamente afetadas pelo desmatamento.

Em última instância, os impactos dos incêndios relacionados ao desmatamento na Amazônia na saúde podem ser sentidos longe de seus focos. Portanto, ao avaliar os impactos na saúde, a principal variável independente a ser utilizada neste relatório é a concentração de material particulado no município, que tem impactos significativos na saúde humana [9]. Os efeitos de incêndios florestais são tão expressivos que mereceram até um documento orientador produzido pela Organização Mundial da Saúde [10].

A Tabela A.2, no anexo, mostra a relação entre a concentração de diferentes poluentes e as atividades de incêndio e desmatamento. Todos os poluentes têm uma correlação positiva entre sua concentração na atmosfera e os incêndios relacionados com o desmatamento.

## Saúde e Poluição do Ar

### Hospitalização

A Tabela 1 mostra a relação entre as taxas de hospitalização devidas a doenças respiratórias e a média mensal de concentração de PM<sub>2,5</sub> μg/m<sup>3</sup>. Nas colunas (1)-(3), a variável dependente é a taxa geral de hospitalização (por 100.000 habitantes) devida a doenças respiratórias. Na coluna (4), avaliamos os efeitos sobre o número de dias de hospitalização. Das colunas (1) a (3), estimamos o efeito do nível de concentração de PM<sub>2,5</sub> nas taxas de hospitalização, controlando para efeitos fixos municipais e os efeitos fixos mês a mês (coluna (1)); covariáveis climáticas (coluna (2)) e uma tendência específica municipal (coluna (3)).

Os resultados apontam para uma relação positiva entre a poluição do ar e as taxas de hospitalização. A partir da co-

**Tabela 1. Taxas de hospitalização devida a doenças respiratórias e poluição do ar ambiente**

VARIÁVEIS	(1) Hosp. Rate Resp.	(2) Hosp. Rate Resp.	(3) Hosp. Rate Resp.	(4) #Days of Hosp.
PM <sub>2,5</sub>	0.026* (0.013)	0.053*** (0.013)	0.046*** (0.012)	0.070** (0.033)
Observations	65,520	65,520	65,520	65,520
R-squared	0.502	0.503	0.598	0.931
Municipality FE	Y	Y	Y	Y
Month by Year FE	Y	Y	Y	Y
Weather variables	N	Y	Y	Y
Municipality Trend	N	N	Y	Y
Number of municipalities	546	546	546	546
Mean of Dep. Var.	61.90	61.90	61.90	106.9

Nota: A tabela informa as estimativas de MQO com efeitos fixos municipais e mensais por ano. Nas colunas (1)-(3), a variável dependente é a taxa de hospitalização (por 100.000 habitantes) devida a doença respiratória. Na coluna (4), a variável dependente é o número total de dias de hospitalização mensal devida a doença respiratória. Desvios padrão robustos entre parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Fonte: Elaboração Própria.

luna (3), um aumento de um desvio padrão (17,88) nos níveis de poluição está associado a um aumento de 0,82 na taxa de hospitalização, ou 1,33% da média da variável dependente. Um desvio padrão na concentração de PM<sub>2,5</sub> é igual a um aumento da média total (16,42) para a média em setembro, mês em que os níveis de poluição estão em seu ponto mais alto (34,33). Com relação ao número de dias de hospitalização, um aumento de um desvio padrão em nossa medida de poluição do ar está associado a mais 1,25 dia no hospital, ou 1,17% do número médio de dias de hospitalização.

Na Tabela 1, nos concentramos nos efeitos de material particulado. Como argumentado por Chan [11], os riscos à saúde provenientes de material particulado (tanto PM<sub>10</sub> quanto PM<sub>2,5</sub>) estão especialmente bem documentados. Isto porque o material particulado fino pode penetrar profundamente no pulmão. Entretanto, outros poluentes também trazem riscos à saúde [12]. Na Tabela A.3 do anexo, analisamos os efeitos de CO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> sobre doenças respiratórias. Estimamos a mesma especificação que na coluna (3) da Tabela 1, e encontramos um padrão semelhante ao observado para PM<sub>2,5</sub>.

Um ponto importante levantado por Graff-Zivin e Neidell [13] é que a poluição pode ter efeitos não lineares sobre a saúde. Assim, estimamos uma regressão que captura efeitos não lineares ao examinar como as taxas de hospitalização variam de acordo com os limites das Diretrizes de Qualidade do Ar da Organização Mundial da Saúde [14]. Seguimos o procedimento proposto por Currie et al. [15], que utilizaram as Normas Nacionais de Qualidade do Ar dos Estados Unidos. A Figura A.1, no anexo, mostra os coeficientes estimados para os limites propostos pela OMS [14]. Os resultados estimados apontam para uma relação não linear, onde apenas meses com poluição média acima do *interim target 1* da OMS apresentam uma relação estatisticamente significativa com internações hospitalares. Este resultado significa que quando a poluição do ar está acima

de 75 µg/m<sup>3</sup> (na média de 24 horas), a taxa de hospitalização devida a doenças respiratórias é 8,7 por 100.000 pessoas mais alta em comparação com a diretriz de qualidade do ar da OMS para PM<sub>2,5</sub>. Isto também pode ser interpretado como um aumento de 14,8% em relação à taxa média de hospitalização em 2019 devida a doenças respiratórias.

### Hospitalização e Saúde Por Faixa Etária

A Tabela 2 apresenta estimativas de hospitalização devida a doenças respiratórias por grupos etários. A faixa etária na coluna (1) compreende crianças com menos de um ano de idade. A coluna (2) apresenta estimativas de hospitalização para crianças com mais de um ano de idade e menos de seis anos de idade.<sup>4</sup> Na coluna (3), a faixa etária é de crianças entre seis e catorze anos de idade.<sup>5</sup> Por fim, na coluna (4), reportamos estimativas para taxa de hospitalização entre aqueles com mais de 60 anos de idade.<sup>6</sup>

Os resultados da Tabela 2 seguem como esperado e observado na literatura. Tanto crianças como idosos sofrem com doenças respiratórias à medida que a poluição do ar aumenta. Entretanto, entre as crianças, os efeitos são sentidos apenas entre aquelas com menos de um ano de idade. Usando o coeficientes estimado da coluna (1), um desvio padrão na poluição do ar ambiente está relacionado a um aumento de 1,5% nas taxas médias de hospitalização de bebês. A mesma avaliação para os idosos implica um aumento relacionado de 3,0% nas taxas de hospitalização.

<sup>4</sup>Rodrigues et al. [16] analisam a distribuição da hospitalização por doenças respiratórias em crianças com menos de 5 anos de idade no estado de Rondônia. Carmo et al. [17] também se concentram sobre crianças com menos de 5 anos de idade em Alta Floresta, MT.

<sup>5</sup>Jacobson et al. [4] descrevem os efeitos da poluição do ar causada pelos incêndios na Amazônia brasileira em crianças entre 6 e 15 anos de idade que vivem no município de Tangará da Serra, MT.

<sup>6</sup>Carmo et al. [17] discutem os problemas respiratórios relacionados a incêndios e material particulado entre pessoas com mais de 64 anos de idade.

**Tabela 2. Taxas de hospitalização devida a doenças respiratórias e poluição do ar ambiente**

VARIÁVEIS	(1)	(2)	(3)	(4)
	[0y-1y]	(1y-5y]	[6y-14y]	>60y
PM <sub>2,5</sub>	0.011** (0.004)	-0.002 (0.003)	-0.001 (0.003)	0.023*** (0.005)
Observations	64,296	64,296	64,296	64,296
R-squared	0.397	0.433	0.412	0.397
Municipality FE	Y	Y	Y	Y
Month by Year FE	Y	Y	Y	Y
Weather variables	Y	Y	Y	Y
Municipality Trend	Y	Y	Y	Y
Number of municipalities	546	546	546	546
Mean of Dep. Var.	13.37	9.917	6.915	13.72

Nota: A tabela informa as estimativas MQO com efeitos fixos municipais, meses por ano e tendências municipais. A variável dependente é a taxa de hospitalização (por 100.000 habitantes) devido a doença respiratória. Desvios padrão robustos entre parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Fonte: Elaboração Própria.

**Tabela 3. Taxas de mortalidade devido a doenças respiratórias e poluição do ar ambiente**

VARIÁVEIS	(1)	(2)	(3)
	Mort. Rate Resp.	Mort. Rate Resp.	Mort. Rate Resp.
PM <sub>2,5</sub>	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	-0.000 (0.001)
Observations	58,944	58,944	58,944
R-squared	0.066	0.066	0.081
Municipality FE	Y	Y	Y
Month by Year FE	Y	Y	Y
Weather variables	N	Y	Y
Municipality Trend	N	N	Y
Number of municipalities	546	546	546
Mean of Dep. Var.	2.844	2.844	2.844

Obs: A tabela informa as estimativas MQO com efeitos fixos municipais e mensais por ano. A variável dependente é a taxa de mortalidade (por 100.000 habitantes) devido a doenças respiratórias. Desvios padrão robustos entre parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Fonte: Elaboração Própria.

## Mortalidade

Nesta subseção, estimamos a correlação entre as taxas de mortalidade e a poluição do ar. As taxas de mortalidade são representadas como o número de mortes relacionadas a uma fonte específica dividido pela população total (mortes por 100.000 habitantes). A Tabela 3 apresenta os resultados das mortes relacionadas com doenças respiratórias.

Em geral, parece que não existe, condicional a efeitos fixos e controles, uma correlação de curto prazo entre mortalidade devida a condições respiratórias e poluição do ar na região. Estes resultados parecem ser gerais: mesmo em diferentes faixas etárias, o coeficiente estimado é estatisticamente não significativo (resultados na Tabela A.4, no anexo).

## Discussão dos resultados

Este relatório analisou taxas de hospitalização e de mortalidade relacionadas à poluição do ar no Bioma Amazônia. Nossos resultados mostram uma relação estatisticamente significativa entre hospitalizações devidas a doenças respiratórias e a concentração de material particulado no ar. É importante que os formuladores de políticas compreendam o alcance do impacto na saúde pública na região amazônica e a pressão que a poluição do ar exerce sobre sua precária infraestrutura sanitária, para formular medidas preventivas e proativas de proteção para as comunidades afetadas e, particularmente, para os grupos vulneráveis. Assim, surgem questões naturais como, por exemplo, quantas pessoas foram hospitalizadas em 2019 devido à diminuição da qualidade do ar relacionada a incêndios e à extensão do desmatamento na Amazônia bra-



**Tabela 4. Estimativas de hospitalizações absolutas devido a doenças respiratórias ligadas ao aumento da poluição do ar ambiente por incêndios relacionados ao desmatamento no bioma Amazônia brasileiro**

Mês (ano 2019)	Número total de hospitalizações em excesso atribuíveis a incêndios relacionados ao desmatamento	Número total médio de internações (2016-2018)	Número total de internações de bebês (0-1 ano de idade)	Número total de internações de pessoas idosas (60 anos ou mais)
Janeiro	148	9.311	31	75
Fevereiro	143	9.646	30	76
Março	154	13.652	33	82
Abril	148	14.650	32	82
Maio	122	15.120	26	67
Junho	109	13.465	23	59
Julho	141	11.335	30	67
Agosto	232	10.314	49	103
Setembro	288	9.898	61	134
Outubro	242	10.202	52	113
Novembro	255	9.498	54	119
Dezembro	213	8.744	45	104
<b>TOTAL</b>	<b>2.195</b>	<b>135.835</b>	<b>467</b>	<b>1.080</b>

sileira? Qual foi o custo para o sistema de saúde pública?

Nesta seção, abordaremos estas questões, com base nas estimativas apresentadas na seção anterior. Primeiramente, tomamos os valores previstos de poluição do ar, com base nas estimativas da Tabela 1, coluna (3). Em seguida, aplicamos estes valores para avaliar quantas pessoas foram hospitalizadas em 2019 devido à diminuição da qualidade do ar relacionada ao desmatamento e aos incêndios, com base nas estimativas da Tabela 1. Em outras palavras, comparamos o número de internações hospitalares em 2019 relacionadas à poluição do ar por incêndios e desmatamento com um contrafactual de desmatamento zero e ausência de incêndios. Os resultados são agregados e usamos a população de cada município para ter números gerais para o total de internações em 2019 relacionadas com incêndios e desmatamento daquele ano.

Em 2019, estimamos que houve um total de 2.195 hospitalizações (com um intervalo de confiança de 95% entre 1.098 e 3.291) devido a doenças respiratórias relacionadas à poluição do ar gerada por incêndios relacionados ao desmatamento. Isto levou a um total de 6.698 dias de hospitalização (com um intervalo de confiança de 95% entre 1.292 e 12.105 dias). Em 2019, o custo médio das hospitalizações registrado no SIH por doenças respiratórias na Amazônia brasileira foi de R\$ 858,15 (USD 217,50) por hospitalização, que aplicamos às 2.195 hospitalizações. Assim, o valor dos reembolsos feitos pelo governo federal foi

de R\$ 1,88 milhão (USD 477.551). Entretanto, como destacado por Américo e Rocha [18], os governos estaduais e municipais também acrescentam fundos às transferências federais, numa proporção que se aproxima de 2:1. Assim, aplicando esta proporção, estimamos que os custos totais associados às hospitalizações devidas aos incêndios relacionados ao desmatamento foram de R\$ 5,64 milhões (USD 1,4 milhão).

Para o mesmo ano, durante o período de junho-outubro que abrange a estação seca na Amazônia [19], estimamos que houve um total de 1.012 internações (com um intervalo de confiança de 95% entre 506 e 1.517) devido a doenças respiratórias associadas à poluição do ar por incêndios relacionados ao desmatamento. Isto levou a um total de 3.021 dias de hospitalização (com um intervalo de confiança de 95% entre 583 e 5.460 dias). O custo para o SUS entre junho e outubro de 2019 resultante de hospitalizações devido a doenças respiratórias associadas a incêndios relacionados ao desmatamento foi de R\$ 2,6 milhões (USD 660.000).

O notável pico nos focos de incêndio em agosto de 2019 foi acompanhado por um aumento do número de hospitalizações em excesso relacionadas à poluição do ar. As hospitalizações devidas a doenças respiratórias associadas ao aumento da poluição do ar devido aos incêndios relacionados ao desmatamento aumentaram 65% entre julho e agosto, o mês em que os incêndios atingiram seu pico. O



peso da poluição do ar entre as faixas etárias mostra que as crianças e as pessoas mais velhas foram as mais afetadas. Em 2019, houve 467 internações de bebês de 0 a 1 ano de idade (com um intervalo de confiança de 95% entre 109 e 824) e 1.080 internações de idosos de 60 anos ou mais (com um intervalo de confiança de 95% entre 608 e 1.552) devido a doenças respiratórias ligadas ao aumento da poluição do ar relacionada às queimadas associadas ao desmatamento. No período referente somente à estação seca, entre junho e outubro, houve 215 internações de bebês e 47 de pessoas idosas. A soma dessas duas faixas etárias representa 70% do total de hospitalizações devido a doenças respiratórias relacionadas às queimadas e ao desmatamento em 2019.

Em conclusão, nossas estimativas mostram um efeito importante de incêndios e desmatamento em 2019 sobre hospitalizações devidas a doenças respiratórias. Em 2020, com maiores taxas de desmatamento e, por conseguinte, um maior risco de incêndios, bem como com o efeito devastador da COVID-19 na região amazônica, há um receio justificável de uma séria ameaça à população da Amazônia brasileira e ao seu sistema público de saúde.

## Referências

- [1] C. L. Reddington, E. W. Butt, D. A. Ridley, P. Artaxo, W. T. Morgan, H. Coe, and D. V. Spracklen. Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil. *Nature Geoscience*, 8(10):768–771, 2015.
- [2] Guojun He, Tong Liu, and Maigeng Zhou. Straw burning, pm<sub>2.5</sub>, and death: Evidence from China. *Journal of Development Economics*, 145:102468, 2020.
- [3] Marcos A. Rangel and Tom S. Vogl. Agricultural fires and health at birth. *The Review of Economics and Statistics*, 101(4):616–630, 2019.
- [4] Ludmilla da Silva Viana Jacobson, Sandra de Souza Hacon, Hermano Albuquerque de Castro, Eliane Ignotti, Paulo Artaxo, Paulo Hilário Nascimento Saldiva, and Antonio Carlos Monteiro Ponce de Leon. Acute effects of particulate matter and black carbon from seasonal fires on peak expiratory flow of schoolchildren in the Brazilian Amazon. *PLOS ONE*, 9(8):1–14, 08 2014.
- [5] C. L. Reddington, W. T. Morgan, E. Darbyshire, J. Brito, H. Coe, P. Artaxo, C. E. Scott, J. Marsham, and D. V. Spracklen. Biomass burning aerosol over the Amazon: analysis of aircraft, surface and satellite observations using a global aerosol model. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19(14):9125–9152, 2019.
- [6] Ronaldo Seroa da Motta, Mário Jorge Cardoso Mendonça, Daniel Nepstad, Maria del Carmen Vera Diaz, Ane Alencar, João Carlos Gomes, and Ramon Arigoni Ortiz. O custo econômico do fogo na Amazônia.
- [7] Saulo R. Freitas, Karla M. Longo, M. A. F. Silva Dias, and P. L. Silva Dias. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Estudos Avançados*, 19:167–185, 04 2005.
- [8] Christovam Barcellos, Diego Xavier, Sandra Hacon, Paulo Artaxo, Renata Gracie, Monica Magalhães, Vanderlei Matos, Antônio Miguel Monteiro, and Patrícia Feitosa. Queimadas na Amazônia e seus impactos na saúde: A incidência de doenças respiratórias no sul da Amazônia aumentou significativamente nos últimos meses.
- [9] Ki-Hyun KIM, Ehsanul KABIR, and Shamin KABIR. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74:136–143, 2015.
- [10] Dietrich H. Schwela, Johann G. Goldammer, Lidia H. Morawska, and Orman Simpson. Health guidelines for vegetation fire events: Guideline document.
- [11] E. Chan. *Essentials for Health Protection: Four Key Components*. Oxford University Press, 2020.
- [12] World Health Organization. Ambient air pollution: Health impacts, 06 2020.
- [13] Joshua Graff Zivin and Matthew Neidell. Environment, health, and human capital. *Journal of Economic Literature*, 51(3):689–730, September 2013.
- [14] World Health Organization. Regional Office for Europe. Air quality guidelines global update 2005 : particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, 2006.
- [15] Janet Currie, Eric A Hanushek, E. Megan Kahn, Matthew Neidell, and Steven G Rivkin. Does pollution increase school absences? *The Review of Economics and Statistics*, 91(4):682–694, 2009.
- [16] Poliany Cristiny de Oliveira Rodrigues, Eliane Ignotti, and Sandra de Souza Hacon. Distribuição espaço-temporal das queimadas e internações por doenças respiratórias em menores de cinco anos de idade em Rondônia, 2001 a 2010. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 22:455–464, 09 2013.
- [17] Longo KM Freitas S Ignotti E Ponce de Leon A et al. Carmo CN, Hacon S. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 27:10–6, 2010.
- [18] Pedro Américo and Rudi Rocha. Subsidizing access to prescription drugs and health outcomes: The case of diabetes. *Journal of Health Economics*, 72:102347, 2020.
- [19] Jose A. Marengo, Javier Tomasella, Lincoln M. Alves, Wagner R. Soares, and Daniel A. Rodriguez. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters*, 38(12), 2011.

---

### Instituto de Estudos para Políticas de Saúde

Sant’Anna, A. A.; Rocha, R. (2020). Impactos dos Incêndios Relacionados ao Desmatamento na Amazônia Brasileira Sobre Saúde. *Nota Técnica n.11*. IEPS: São Paulo.

www.ieps.org.br  
+55 11 4550-2556  
contato@ieps.org.br



## Anexo

**Tabela A.1 – Estatísticas Descritivas**

Variável	Média	Des. Pad.	Min	Max	Obs	Período	Fonte
Tx de Hosp. – resp. (per 100,000 hab.)	61.90	68.12	0	1471.47	65,520	Jan 2010 – Dez 2019	DATASUS
Tx de Mort. resp. (por 100,000 hab.)	2.84	5.19	0	96.18	58,944	Jan/2010 – Dez/2018	DATASUS
PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	16.38	17.88	2.6	657.71	65,520	Jan/2010 – Dez/2019	INPE
Focos de Incêndio	14.07	70.26	0	35577	24,336	Jan/2016 – Dez/2019	INPE
Desmatamento (em km <sup>2</sup> )	0.89	4.56	0	178.64	22,386	Ago/2016-Dez/2019	INPE

**Tabela A.2 – Correlação entre focos de incêndio ativos, desmatamento e poluição do ar ambiente**

VARIAVEIS	(1) Ln_PM <sub>2.5</sub>	(2) Ln_CO	(3) Ln_SO <sub>2</sub>	(4) Ln_NO <sub>2</sub>
Ln(focos de incêncio)	0.151*** (0.007)	0.126*** (0.005)	0.064*** (0.004)	0.109*** (0.005)
Ln(Desmatamento)	0.022*** (0.003)	0.014*** (0.002)	0.005*** (0.001)	0.010*** (0.002)
Precipitação	0.032*** (0.002)	0.027*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.012*** (0.001)
Temperatura	0.104*** (0.007)	0.113*** (0.007)	0.098*** (0.007)	0.100*** (0.008)
Observations	22,386	15,834	15,834	15,834
R-squared	0.591	0.781	0.744	0.677
Municipality FE	Y	Y	Y	Y
Month by Year FE	Y	Y	Y	Y
Municipality Trend	Y	Y	Y	Y
Number of municipalities	546	546	546	546
Mean	2.704	4.975	0.306	0.431

Obs: A tabela informa as estimativas dos mínimos quadrados ordinários com efeitos fixos municipais, meses por ano e tendências municipais. Desvios padrão robustos entre parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Fonte: elaboração própria.





**Tabela A.3 - Taxas de hospitalização devido a doenças respiratórias e outros poluentes**

VARIAVEIS	(1) Hosp. Rate Resp.	(2) Hosp. Rate Resp.	(4) Hosp. Rate Resp.
CO	0.008*** (0.002)		
NO <sub>2</sub>		1.088*** (0.235)	
SO <sub>2</sub>			1.555*** (0.377)
Observations	58,944	58,944	58,940
R-squared	0.609	0.609	0.609
Municipality FE	Y	Y	Y
Month by Year FE	Y	Y	Y
Weather variables	Y	Y	Y
Municipality Trend	Y	Y	Y
Number of municipalities	546	546	546
Mean	62.83	62.83	62.83

Notes: A tabela informa as estimativas MQO com efeitos fixos municipais, meses por ano e tendências municipais. A variável dependente é a taxa de hospitalização (por 100.000 habitantes) devido a doença respiratória. Erros padrão robustos entre parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Fonte: elaboração própria

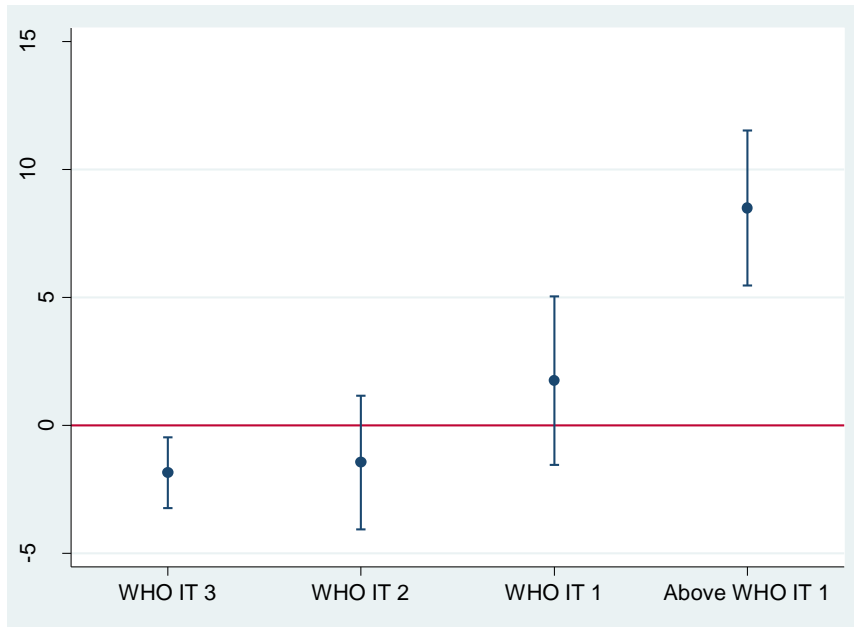
**Tabela A.4 - Taxas de mortalidade devido a doenças respiratórias e poluição do ar ambiente, entre grupos etários**

VARIAVEIS	(1) [0-1yr]	(3) [1-5yr]	(5) >60yr
PM <sub>2.5</sub>	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.001 (0.001)
Observations	58,728	56,568	58,944
R-squared	0.066	0.032	0.081
Municipality FE	Y	Y	Y
Month by Year FE	Y	Y	Y
Weather variables	Y	Y	Y
Municipality Trend	Y	Y	Y
Number of municipalities	544	524	546
Mean	0.174	0.0924	2.016

Obs: Tabela informa as estimativas MQO com efeitos fixos municipais e mensais por ano. A variável dependente é a taxa de mortalidade (por 100.000 habitantes) devido a doenças respiratórias. Erros padrão robustos entre parênteses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Fonte: elaboração própria.



**Figura A.1 – Coeficientes estimados para as Diretrizes de Qualidade do Ar da Organização Mundial da Saúde (2006) limiares de concentração de PM 2,5 em média de 24 horas**



Fonte: elaboração própria.