

**Custos das hospitalizações no SUS como impacto da
poluição atmosférica emitida por queimadas e
incêndios florestais na Amazônia Legal e Cerrado
setentrional no Brasil (2010 – 2021)**

Maria Gabrielle Cerqueira Correa

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de
Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Ciências Ambientais para obtenção do
título de Mestre.

**Cáceres
Mato Grosso, Brasil
2024**

Maria Gabrielle Cerqueira Correa

**Custos das hospitalizações no SUS como impacto da
poluição atmosférica emitida por queimadas e
incêndios florestais na Amazônia Legal e Cerrado
setentrional no Brasil (2010 – 2021)**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de
Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Ciências Ambientais para obtenção do
título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Eliane Ignotti

**Cáceres
Mato Grosso, Brasil
2024**

Correa, Maria Gabrielle Cerqueira.

Custos das hospitalizações no SUS como impacto da poluição atmosférica emitida por queimadas e incêndios florestais na Amazônia Legal e Cerrado setentrional no Brasil (2010 ? 2021) / Maria Gabrielle Cerqueira Correa. - Cáceres, 2024.
73f.: il.

Universidade do Estado de Mato Grosso "Carlos Alberto Reyes Maldonado", Ciências Ambientais/CAC-PPGCA - Cáceres - Mestrado Acadêmico, Campus Universitário De Cáceres "Jane Vanini".
Orientador: Eliane Ignotti.

1. Material particulado. 2. Poluição do ar. 3. Custos de internação.
4. Doenças cardiorrespiratórias. 5. Amazônia Legal. I. Ignotti, Eliane.
II. Título.

UNEMAT / MTSCB

CDU 577.4:301:61

Maria Gabrielle Cerqueira Correa

**Avaliação dos custos de internação ao SUS derivados da
exposição ao PM_{2,5} emitido por queimadas e incêndios
florestais em municípios localizados na região da Amazônia
Legal e seu entorno**

Essa dissertação foi julgada e aprovada como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Cáceres, 12 de agosto de 2024

Banca examinadora

Prof. Dr Carlos Eduardo Frickmann Young
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Beatriz Fátima de Oliveira Alves
Fundação Oswaldo Cruz/Escola Nacional de Saúde Pública

Profa. Dra. Eliane Ignotti
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT
(Orientadora)

**Cáceres
Mato Grosso, Brasil
2024**

Dedico este trabalho à Mônica Simone, à
minha família e a todos os amigos que me
apoiam ao longo desta jornada.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3. OBJETIVOS.....	25
3.1. OBJETIVO GERAL	25
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
4. METODOLOGIA	26
4.1. DELIMITAÇÃO DO TERRITÓRIO	27
4.2. FONTES DE DADOS	28
4.3. CÁLCULO DA FRAÇÃO ATRIBUÍVEL	29
4.4. CÁLCULO DOS CUSTOS DE INTERNAÇÃO	31
5. RESULTADOS	32
5.1. ANÁLISE DAS FRAÇÕES ATRIBUÍVEIS	33
5.2. ANÁLISE DOS CUSTOS DE INTERNAÇÃO	38
5.2.1. CUSTOS POR ESTADO	38
5.2.2. CUSTOS POR GRUPOS DE MUNICÍPIOS	50
5.3. ANÁLISE DOS CUSTOS AO SUS	52
6. DISCUSSÃO.....	59
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
8. REFERÊNCIAS	66

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DEFLATOR IMPLÍCITO DO PIB A PREÇOS CONSTANTES DE 2021	32
TABELA 2 - MUNICÍPIOS COM MAIORES FRAÇÕES E ATRIBUÍVEIS - NÚMERO E PERCENTUAL DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS ATRIBUÍVEIS À EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} . NO PERÍODO ENTRE 2010 E 202, AMAZÔNIA LEGAL E CERRADO SETENTRIONAL.	33
TABELA 3 - NÚMERO DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS ATRIBUÍVEIS A EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} POR UNIDADE DA FEDERAÇÃO 2010 - 2021	37

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - ÁREA DESMATADA (KM ²) E NÚMERO DE FOCOS DE CALOR DE QUEIMADA NA AMAZÔNIA LEGAL, ENTRE 2010 E 2021.....	16
GRÁFICO 2 - MÉDIA MENSAL DE QUEIMADAS E POLUIÇÃO POR PM _{2,5} NA AMAZÔNIA LEGAL.....	19
GRÁFICO 3 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DO ACRE REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021.....	39
GRÁFICO 4 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DO AMAPÁ REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021.....	40
GRÁFICO 5 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DO AMAZONAS REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021.....	41
GRÁFICO 6 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DO DISTRITO FEDERAL REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021.....	42
GRÁFICO 7 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DE GOIÁS REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021	43
GRÁFICO 8 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DO MARANHÃO REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021	44
GRÁFICO 9 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DO MATO GROSSO REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021	45
GRÁFICO 10 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DO MATO GROSSO DO SUL REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021	46

GRÁFICO 11 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DO PARÁ REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021	47
GRÁFICO 12 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DE RONDÔNIA REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021	48
GRÁFICO 13 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DE RORAIMA REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021	49
GRÁFICO 14 - SÉRIE DE CUSTOS ATRIBUÍVEIS DE TOCANTINS REFERENTES ÀS INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} – 2010 A 2021	50
GRÁFICO 15 - CUSTOS TOTAIS DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} POR GRUPOS DE MUNICÍPIOS A PREÇOS CONTANTES PARA O PERÍODO DE 2010 A 2021	51
GRÁFICO 16 - CUSTOS PER CAPITA DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} POR GRUPOS DE MUNICÍPIOS A PREÇOS CONTANTES – 2010 A 2021	51
GRÁFICO 17 - CUSTOS ATRIBUÍVEIS A INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} A PREÇOS CONSTANTES DE 2010 A 2021	53
GRÁFICO 18 - VALOR ATRIBUÍVEL PER CAPITA REFERENTE A INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO A PM _{2,5} PARA POPULAÇÃO ACIMA DE 30 ANOS A PREÇOS CONSTANTES DE 2021 PARA O PERÍODO DE 2010 E 2021	55
GRÁFICO 19 - NÚMERO MÉDIO ANUAL DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS ATRIBUÍVEIS À EXPOSIÇÃO AO PM _{2,5} DIVIDIDO PELO NÚMERO MÉDIO ANUAL DE ESTABELECIMENTOS DE TODOS OS TIPOS VINCULADOS AO SUS POR GRUPOS DE MUNICÍPIOS E NÚMERO DE INTERNAÇÕES ATRIBUÍVEIS TOTAIS DE 2010 A 2021.....	57

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - QUANTIDADE MÉDIA DE ESTABELECIMENTOS DO SUS NA AMAZÔNIA LEGAL E CERRADO NO PERÍODO ENTRE 2010 E 2021.....	24
FIGURA 2 – ESTADOS BRASILEIROS DA AMAZÔNIA LEGAL E CERRADO SELECIONADOS	27
FIGURA 3 - GRUPOS DE MUNICÍPIOS.....	27

FIGURA 4 - FRAÇÕES ATRIBUÍVEIS DE INTERNAÇÃO POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS OCASIONADAS PELA EXPOSIÇÃO AO $PM_{2,5}$ NA REGIÃO AMAZÔNICA POR UNIDADE DA FEDERAÇÃO NOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL E CERRADO ENTRE OS ANOS DE 2010 E 2021 (%).....	35
FIGURA 5 - CUSTO TOTAL DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR $PM_{2,5}$ 2010-2021 A PREÇOS CONSTANTES	54
FIGURA 6 - CUSTO PER CAPITA DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS (CAPÍTULOS DA CID-10 IX E X) OCASIONADAS POR EXPOSIÇÃO A $PM_{2,5}$ DE 2010 A 2021 A PREÇOS CONSTANTES	56

RESUMO

Nos últimos anos, a região Amazônica tem registrado níveis elevados de queimadas individuais, resultando na emissão de material particulado fino, com diâmetro inferior a 2,5 micrômetros, capaz de ser transportado por longas distâncias. A qualidade do ar atmosférico é influenciada por diversos fatores, além das emissões industriais e veiculares, e constitui um indicador crucial de qualidade de vida e bem-estar social, afetando diretamente a saúde da população ao longo da vida.

A presente pesquisa tem como objetivo principal mensurar financeiramente os custos de internação hospitalar ao Sistema Único de Saúde (SUS) associados a doenças cardiorrespiratórias, decorrentes da exposição aos materiais particulados finos (PM_{2,5}) emitidos pela queima de biomassa nas cidades localizadas na Amazônia Legal e no Cerrado setentrional, no período de 2010 a 2021. Foram utilizados dados do Sistema de Informações Hospitalares do SUS e aplicada metodologia Ostro recomendada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para cálculo de frações atribuíveis. Como resultado, foi identificado um impacto financeiro médio anual ao Sistema Único de Saúde de aproximadamente 2,5 bilhões de reais, de modo que os municípios localizados no Arco do Desmatamento apresentaram, em média, os maiores custos com internações por doenças cardiorrespiratórias decorrentes da exposição à poluição por queima de biomassa na região.

Palavras-chave: Material particulado; Poluição do ar; Custos de internação; Doenças cardiorrespiratórias; Amazônia Legal

ABSTRACT

In recent years, the Amazon region has experienced high levels of individual burnings, leading to the emission of fine particulate matter (PM_{2.5}) with a diameter of less than 2.5 micrometers, which can be transported over long distances. Air quality is influenced by various factors beyond industrial and vehicular emissions and is a crucial indicator of quality of life and social well-being, directly impacting the population's health throughout their lifetime.

This research aims to assess the impacts on the costs of the Brazilian Unified Health System (SUS) related to cardiorespiratory diseases resulting from exposure to fine particulate matter (PM_{2.5}) which had been emitted by biomass burning in cities located in the Legal Amazon and northern Cerrado regions from 2010 to 2021. For this research were utilized data from the SUS Hospital Information System (SIH), and applied the Ostro methodology, recommended by the World Health Organization (WHO), to calculate attributable fractions. The results indicate an average annual impact on the Unified Health System of approximately 2.5 billion reais. Municipalities located in the Deforestation Arc presented, on average, the highest hospitalization costs for cardiorespiratory diseases due to exposure to pollution from biomass burning in the region.

Keywords: Particulate matter; Air pollution; Hospitalization costs; Cardiorespiratory diseases; Legal Amazon.

1. Introdução

Segundo dados do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) disponíveis no “BDQueimadas” do portal “TerraBrasilis”, estão sendo registrados altos números de incêndios florestais na região Amazônica nos últimos anos que, em conjunto com as sucessivas flexibilizações ambientais realizadas pelo governo federal, tendem a gerar consequências dramáticas para o meio ambiente e saúde da população.

A qualidade do ar atmosférico é uma composição de fatores para além da poluição ocasionada pelas emissões industriais e veiculares. A queima de biomassa acarreta a emissão de poluentes, que podem ser transportados por longas distâncias. Na Amazônia estima-se que cerca de 70% das emissões por queimadas são formadas por material particulado fino ($PM_{2,5}$), menores que 2,5 micrômetros (HACON et al., 1995). Em decorrência de tal fator, a qualidade do ar pode ser afetada durante um período relativamente longo com uma grande cobertura espacial (IGNOTTI et al., 2010, p. 122).

“The airborne concentration of particulate matter is an important environmental indicator of regional air pollution. Fine particles, smaller than 2.5 micrometers, are emitted through biomass burning, and have relatively long resident time in the atmosphere (around two weeks). These particles can be transported over long distances and consequently have a regional impact that covers a large area of South America. Air quality over this large region is severely affected, with levels of air pollution much higher than the ambient air quality standards, because of the fine particle size in the smoke from biomass burning.” (IGNOTTI et al., 2010, p. 122)

Nesse sentido, conforme exposto por Nawaz e Henze (2020), o contexto brasileiro ampliou o número de estudos relacionados aos impactos ambientais decorrentes da queima de biomassa com foco para os efeitos climáticos, também ampliando a produção de estudos voltados para os impactos para a saúde da população.

Na área localizada ao longo da região conhecida como “Arco do Desmatamento” que abrange a borda meridional da Amazônia brasileira são verificados elevados números de focos de calor, sabidamente em consequência de queimadas indiscriminadas ocasionadas pela ação humana e desmatamentos de grandes extensões de terra voltados para expansão da agropecuária e extrativismo ilegal de madeira. A área é responsável por cerca de 75% do desmatamento calculado na Amazônia, segundo estimativas realizadas pelo Instituto Socioambiental para 2018, evidenciando a necessidade de compreensão ampla

dos impactos socioambientais na Amazônia e Cerrado (OVIEDO; LIMA; AUGUSTO, 2020; SILVA *et al.*, 2009).

Os efeitos da degradação ambiental, quando não mitigados por seus causadores, geram externalidades negativas para a economia. Tais externalidades impõem custos a terceiros sem que haja a devida compensação. Como resultado, as atividades econômicas muitas vezes ignoram os impactos ambientais, levando a padrões de consumo que não internalizam esses custos. Esse cenário contribui para um modelo de exploração do capital natural no qual alguns usuários de recursos ambientais se beneficiam sem arcar com os custos que recaem sobre outros grupos excluídos (DA MOTTA, 1998).

Nesse contexto, a preservação ambiental está intrinsicamente ligada ao conceito de justiça ambiental, que reconhece que os impactos da degradação ambiental são desproporcionalmente sentidos por grupos socialmente vulneráveis. Esses impactos podem ter efeitos de curto, médio e longo prazos, afetando significativamente a qualidade de vida dessas comunidades (DA MOTTA, 1998; HERCULANO, 2002).

A queima de biomassa na região da Amazônia legal e Cerrado setentrional é responsável pela emissão de grandes quantidades de gases traço e partículas de aerossóis para a atmosfera, incorrendo em impactos significativos no clima regional, ecologia, ciclo da água e atividades humanas (LONGO, 2009). Tais externalidades negativas geram custos derivados das perdas diretas, incluindo custos para a produção agropecuária e custos por perdas florestais, assim como externalidades para a sociedade como um todo, como os custos relacionados à emissão de CO₂ e custos associados a danos à saúde humana (DIAZ, 2002).

É importante perceber que a falta de instrumentos para o dimensionamento dos impactos dos incêndios florestais à saúde humana também gera distorções para a compreensão sobre as externalidades negativas ao Sistema Único de Saúde. Portanto, é preciso avaliar e quantificar os dados existentes para que sejam considerados fatores além dos benefícios climáticos e ecológicos da redução de queimadas na tomada de decisão e elaboração de políticas públicas brasileiras.

Sendo assim, a valoração ambiental busca demonstrar o custo das externalidades ambientais, facilitando a percepção de gestores públicos sobre os impactos da degradação ambiental e os custos associados, visando orientar a tomada de decisão. Por essa razão, o presente trabalho foi derivado da pesquisa contratada pela Organização Pan-Americana de Saúde no âmbito do projeto “Análise dos impactos à saúde e dos custos econômicos e

custos financeiros ao SUS decorrentes da exposição ao PM_{2,5} emitidos por queimadas e incêndios florestais em municípios localizados na região da Amazônia Legal e seu entorno” visando ampliar o conhecimento sobre os custos e impactos associados.

O projeto foi realizado por meio de Carta Acordo (CON2022-00345) com o objetivo de estimar os riscos relativos, frações atribuíveis e os custos das internações e dos óbitos prematuros por doenças cardiorrespiratórias em decorrência da exposição ao PM_{2,5} para todos os municípios localizados nas regiões da Amazônia Legal e seu entorno, bem como, apresentar os achados online em Painel de Informações.

A presente pesquisa foi conduzida como uma sub-investigação com a finalidade de mensurar financeiramente os custos de internação ao SUS por doenças ocasionadas pela exposição aos materiais particulados finos provenientes de queima de biomassa nas cidades pertencentes à Amazônia legal e Cerrado setentrional, de forma conectada aos demais objetivos do estudo.

De forma específica, buscou-se estimar o fator atribuível populacional para doenças cardiorrespiratórias ocasionadas pela exposição a partículas provenientes de queima de biomassa em população acima de 30 anos no período de 2010 a 2021, assim como estimar custos financeiros do Sistema Único de Saúde relativos à internação por doenças cardiorrespiratórias ocasionadas pela exposição a partículas emitidas por queima de biomassa desagregados por municípios.

Vale apontar que diversos estudos apontam a relação entre a sazonalidade climática e a ocorrência de doenças respiratórias, especialmente em períodos de seca na região amazônica (DUARTE, 2007; REQUIA, 2023; ROSA, 2008). No entanto, é preciso ampliar a compreensão sobre os impactos à saúde humana do avanço indiscriminado sobre a região Amazônica através do desmatamento e queima de biomassa na região.

Esses impactos sobre a saúde resultam em um aumento significativo das taxas de morbimortalidade por causas cardiorrespiratórias, gerando carga substancial para o sistema de saúde pública, especialmente em uma região já vulnerável e com acesso limitado ao sistema de saúde básica (RODRIGUES, 2013; SOUSA, 2020).

É relevante atentar para os custos gerados ao Sistema Único de Saúde de modo a ampliar o conhecimento sobre os impactos econômicos da queima de biomassa através da valoração de tais externalidades ao SUS. Assim, compreender esses custos é vital para a formulação de políticas públicas que visem à redução da poluição do ar e a mitigação de

seus efeitos econômicos aprofundando os estudos acerca do impacto para a saúde da população e ao Estado.

2. Revisão Bibliográfica

O impacto da poluição atmosférica na saúde humana vem sendo largamente estudado em diferentes países, dando origem a instrumentos de avaliação da qualidade do ar. O relatório desenvolvido em parceria pelo Health Effects Institute e o Institute for Health Metrics and Evaluation apresenta diferentes análises e estudos de caso relacionados à temática de poluição do ar e saúde humana, sendo relevante para identificar casos ao redor do mundo, além de ampliar o conhecimento sobre metodologias de análise e assuntos que contribuem para o debate contemporâneo (HEALTH EFFECTS INSTITUTE, 2020).

Nesse contexto, é relevante destacar a análise relacionada a poluição por material particulado fino em diversos países e as principais causas de mortalidade atribuíveis à exposição à poluição do ar. Segundo a pesquisa, a poluição do ar é o principal fator de risco ambiental para mortes prematuras, sendo estimado que o PM_{2,5}, em conjunto com a poluição do ar por queima de combustíveis para aquecimento e cozinha domésticos e ozônio contribuem para cerca de 40% das mortes por doença pulmonar obstrutiva crônica, também contribuindo para até 30% das infecções respiratórias de menor gravidade (HEALTH EFFECTS INSTITUTE, 2020).

O relatório “*Air Quality Life Index*” (GREENSTONE, 2022) apresenta dados globais atualizados referentes à qualidade do ar. O estudo apresenta visões em escala macro com diferentes informações agregadas. A seção “*With a Stronger Health Benchmark, Most Latin Americans are Breathing Polluted Air*” possui especial relevância, visto o direcionamento do olhar para a América Latina.

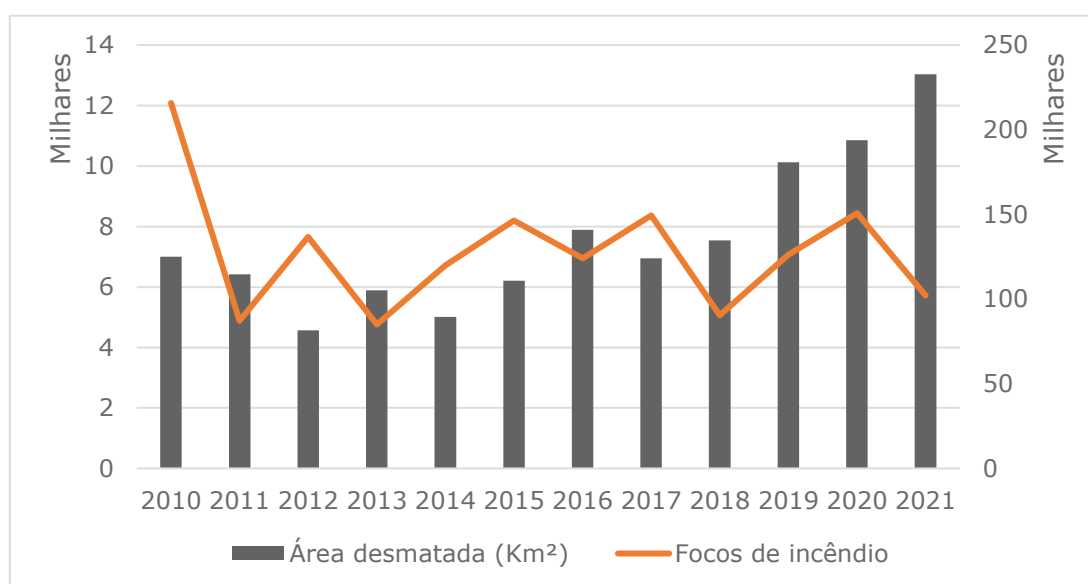
A seção revela que os países latino-americanos estão expostos a índices de poluição por partículas finas em níveis que excedem a diretriz da Organização Mundial de Saúde (OMS), principalmente ocasionadas por emissões veiculares, combustíveis e, recentemente, é apresentado elevado número de incêndios florestais.

No Brasil, foram observados níveis de poluição mais de 4 vezes acima do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), principalmente devido a queima de biomassa resultantes de desmatamento e incêndios ilegais para promoção de monocultura (REDDINGTON *et al.*, 2015; BUTT *et al.*, 2020). O estudo aponta, também, que o aumento da poluição por material particulado fino não é revertido em aumento significativo de

expectativa de vida, isto é, os agentes promotores da poluição não geram uma melhora na qualidade de vida capaz de ampliar de forma relevante a expectativa de vida. Dessa forma, é apresentada, também, uma questão de saúde pública.

É relevante abordar que o desmatamento de corte raso apresenta relação direta com a incidência de focos de calor, dado que a promoção de queimadas em áreas desmatadas é conhecida como a principal forma de remoção da biomassa vegetal (ROCHA, 2023). Dessa forma, é relevante atentar para ambos os indicadores (**Gráfico 1**) ao analisar os impactos relacionados à exposição ao PM_{2,5}.

Gráfico 1 - Área desmatada (Km²) e número de focos de calor de queimada na Amazônia Legal, entre 2010 e 2021.



Fonte: Elaboração própria com dados INPE – PRODES e BD Queimadas

Em levantamento divulgado pela OMS, todas as 40 cidades brasileiras analisadas apresentam níveis de qualidade do ar inferior aos considerados seguros para a população (VORMITTAG et al., 2021). No período de 2010 a 2019, foi observado que os meses de agosto a outubro concentraram a maior quantidade percentual de dias com concentrações de PM_{2,5} superiores a 15µg/m³, consideradas inaceitáveis para a saúde humana, com destaque para a região do Arco do Desmatamento (OLIVEIRA et al., 2023).

No Brasil, foi criado o Programa Nacional de Controle do Ar (PRONAR), através da RESOLUÇÃO CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989, visando “permitir o desenvolvimento econômico e social do País de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica” (CONAMA, 1989).

Em pesquisa realizada pela Universidade de São Paulo (USP) em 2021, foram enviados questionários para identificação de instrumentos de monitoramento da qualidade do ar nos estados brasileiros (VORMITTAG et al., 2021). Conforme divulgado por Vormittag em setembro de 2021, apenas doze dos vinte e seis estados brasileiros respondentes afirmaram realizar monitoramento da qualidade do ar.

Na região Norte, apenas os estados do Acre e Amazonas informaram possuir mecanismos de monitoramento em 2021. Na região Centro-Oeste, todos os estados afirmaram avaliar a qualidade do ar, no entanto, segundo o estudo, o estado do Mato Grosso contava com apenas um equipamento de monitoramento, estando o mesmo inativo.

É relevante, também, apontar que os demais estados que responderam à pesquisa afirmando não realizar o monitoramento apresentaram como principais justificativas a falta de recursos, sejam eles humanos ou financeiros e/ou a ausência de poluição atmosférica, nesse caso argumentada pela ausência de fontes industriais e veiculares de grande monta (VORMITTAG et al., 2021).

A justificativa apontada pelos estados para que não haja monitoramento da qualidade do ar em seus territórios evidencia o baixo nível informacional sobre a qualidade do ar atmosférico, como o material particulado fino proveniente de emissões de queima de biomassa, assim como os impactos sobre o bem-estar e saúde da população.

Alternativamente, vale destacar o Sistema Eletrônico de Vigilância Ambiental (SELVA), plataforma aberta de monitoramento em tempo real da incidência de chuvas, descarga elétrica, qualidade do ar, queimadas e tempestade. A plataforma utiliza códigos próprios e sensores de baixo custo para o monitoramento, no entanto, apresentando sérias limitações devido à ausência de estações de monitoramento padrões.

A qualidade do ar refere-se a um importante indicador de qualidade de vida e bem-estar social, podendo interferir diretamente na saúde da população por toda a vida. As partículas inaláveis são capazes de penetrar nas regiões alveolares do pulmão, atravessar a membrana celular, atingir o sangue e podem acumular-se em outros órgãos humanos, sendo classificadas em 2013 como agentes causadores de câncer pela International Agency for Research on Cancer (IARC) (DE OLIVEIRA ALVES, 2017; CERETTI, 2020).

Dentre as consequências da má qualidade do ar, também podem ser destacadas doenças pulmonares, cardiovasculares, interferências no desenvolvimento de bebês antes do nascimento, desenvolvimento infantil, entre outros impactos. Estudos apontam que os

residentes da região do Arco do Desmatamento são expostos à altas concentrações de PM₁₀, principalmente durante a estação seca (DE OLIVEIRA ALVES, 2017; LIU, 2019; VORMITTAG *et al.*, 2021).

É relevante abordar que a avaliação da qualidade do ar atmosférico impacta diretamente no estudo das condições de saúde e bem-estar no país, sendo esse um parâmetro crucial para o atingimento de uma estrutura de desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade do Ar (VIGIAR), renomeado Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente (SVSA) em 2023, desempenha um papel essencial. Dentre as atribuições, destaca-se o monitoramento e promoção de ações voltadas para a melhoria da qualidade do ar, contribuindo para uma abordagem integrada de saúde e meio ambiente.

O programa VIGIAR foi fundado no ano 2000 com o objetivo de “proteger e promover a saúde de populações expostas a poluentes atmosféricos por meio de ações de vigilância que subsidiem a tomada de decisão intra e intersetorial” (DE ALMEIDA PINA *et al.*, 2024, p. 4), sendo válido ressaltar sua importância para o maior conhecimento sobre o tema e direcionamento de esforços governamentais para a pauta.

O trabalho “*Premature Deaths in Brazil Associated With Long-Term Exposure to PM_{2.5} From Amazon Fires Between 2016 and 2019*”, publicado por Nawaz e Henze em 2020, expõe os efeitos do desmatamento por práticas de corte e queima para a saúde humana com base na análise de dados de incêndios na Amazônia durante o período de 2016 a 2019.

É apresentada a associação da exposição de longo prazo a material particulado fino proveniente de queima de biomassa na região para efeitos extremos à saúde humana, representando cerca de 10% de todas as mortes prematuras relacionadas ao PM_{2,5} ocorridas no Brasil (NAWAZ; HENZE, 2020).

Durante o período, concluiu-se que o aumento de queima de biomassa durante a temporada de incêndios em 2019 verificou um efeito alavancado de mortes prematuras na região, com maior impacto em regiões com alta densidade populacional. Os resultados do trabalho apresentam um importante dado para análise, corroborando com a hipótese de prejuízo intenso do material particulado à saúde humana (NAWAZ; HENZE, 2020).

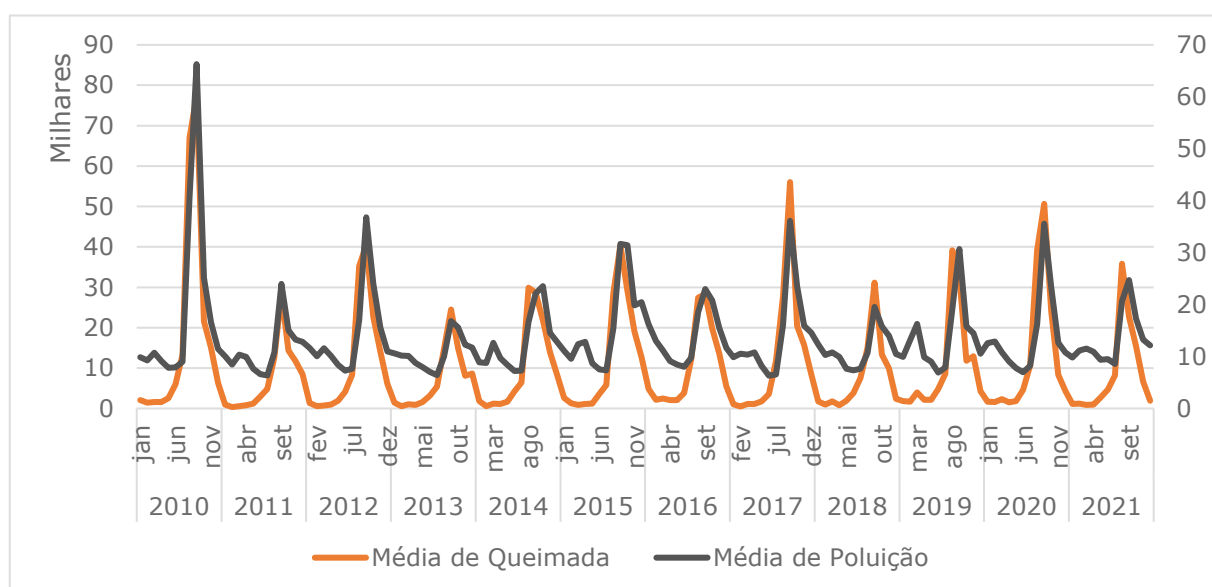
Em estudo realizado para os anos de 2003 a 2019, foi desenvolvido um modelo estatístico incluindo variáveis de desmatamento, precipitação e temperatura que explicou aproximadamente 80% da variabilidade no número de incêndios durante a estação seca nos estados da Amazônia Legal. Sendo assim, desde 2012, o incremento no desmatamento aumentou o número de incêndios durante a estação seca em 39%, no ano de 2019.

“Using a regional chemistry-climate model combined with exposure-response associations, we estimate this increase in fire resulted in 3,400 (95UI: 3,300–3,550) additional deaths in 2019 due to increased exposure to particulate air pollution” (BUTT, 2021, p. 1).

Para o presente trabalho, foi realizada a análise da correlação entre a poluição do ar na Amazônia Legal e seu entorno com a incidência de queimadas e incêndios florestais na região, sendo analisados os dados da Amazônia Legal disponibilizados pelo monitoramento dos focos ativos por região do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Assim, foi analisado o histórico mensal de focos ativos detectados por satélite comparativamente à soma da concentração média mensal de $PM_{2,5}$ nos 1.134 municípios da Amazônia Legal selecionados para o estudo. Dessa forma, foi observada uma alta Correlação Linear de Pearson entre os dados, de 88,2%.

Gráfico 2 - Média mensal de queimadas e poluição por $PM_{2,5}$ na Amazônia Legal



Fonte: INPE

O artigo “Risk and burden of hospital admissions associated with wildfire-related $PM_{2,5}$ in Brazil, 2000–15: a nationwide time-series study”, publicado por Tingting Ye *et al.* em 2021 estuda a associação entre a exposição a material particulado proveniente de incêndios florestais no Brasil e internações entre os anos de 2000 e 2015 através do estudo de séries temporais.

A análise parte da verificação de séries temporais nacionais de internações hospitalares diárias por todas as causas, índices de concentrações diárias de $PM_{2,5}$ relacionados a

incêndios florestais estimados por informações georreferenciadas. Posteriormente, foi realizada regressão para verificar correlação entre os indicadores.

O trabalho verificou que a exposição de curto prazo da população a $PM_{2,5}$ proveniente de incêndios florestais produz um efeito de risco aumentado de admissões hospitalares por todas as causas respiratórias e cardiovasculares, sendo especialmente superior em faixas etárias de crianças e idosos. O resultado corrobora com estimativas realizadas em estudos verificados anteriormente, sendo crucial para ampliar o conhecimento sobre o tema.

Entre julho e setembro de 2019, foram registradas cerca de 5 mil mortes prematuras relativas a emissões de queima de biomassa, representando cerca de 10% do total anual de mortes prematuras relacionadas a $PM_{2,5}$. Adicionalmente, a Organização Pan-Americana de Saúde informou que 51 mil mortes de brasileiros ao ano são associadas ao ar tóxico (OPAS, 2018). O dado alerta para a relevância da análise das emissões provocadas por queima de biomassa para a saúde pública (NAWAZ; HENZE, 2020; VORMITTAG *et al.*, 2021).

O trabalho intitulado “Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region” foi publicado por Eliane Ignotti *et al.* em 2010, sobre o impacto da exposição ao material particulado emitido por queima de biomassa na região amazônica à saúde humana, realizando um método de regressão múltipla utilizando dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Ministério da Saúde para os anos de 2004 e 2005.

Utilizou-se como desfechos as variáveis taxas de internação por doenças respiratórias entre crianças, idosos e idades intermediárias e a associação com $PM_{2,5}$ proveniente de queima de biomassa na região amazônica, sendo mais significativa em faixas etárias mais vulneráveis.

O trabalho expõe um efeito multiplicador do indicador de exposição, de forma que o aumento de 1% no indicador de exposição à poluição oriunda de queima de biomassa proporciona um aumento alavancado de 10% na internação de idosos, 8% de aumento nos casos de internação infantil e 5% na faixa etária intermediária.

O artigo aborda que o estudo de casos de internação segmentados por faixas etárias evidencia o caráter desigual do impacto da exposição a material particulado ocasionado por queima de biomassa e, portanto, as condições de maior vulnerabilidade de parte da população.

O conceito de vulnerabilidade busca explicar a situação de fragilidade a que pessoas e seus coletivos são expostos ou suscetíveis ao longo de sua existência. A suscetibilidade a fatores vulnerantes, sejam eles oriundos dos determinantes sociais ou do modo como se fundamenta a construção da sociedade, é modulada pela maior ou menor disponibilidade de recursos de superação que os indivíduos possuem para o enfrentamento das adversidades do cotidiano e incluem vários fatores inter-relacionados onde “fatores determinantes sociais de saúde” interagem com os “fatores de determinação social”, modificando inclusive as diferentes possibilidades de viver, adoecer e morrer (ALBUQUERQUE, 2014).

Classe, gênero, faixa etária, etnia, nacionalidade, estilo de vida, contexto sócio-histórico, entre outras pressões sociais, se expressam como fatores inter-relacionados e, quando atravessam ou definem uma pessoa não a afetam separadamente, moldam-se mutuamente produzindo manifestações singulares. Collins (2020) denomina o produto dessa inter-relação como Interseccionalidade. A Interseccionalidade é uma ferramenta analítica que investiga as relações intersubjetivas de poder e como elas influenciam nas relações sociais em sociedades onde a desigualdade social é a regra (COLLINS, 2020).

Valorizar a contextualização dos fatores que vulneram a população ajuda a reconhecer que a vida das pessoas é atravessada por uma construção social baseada na lógica de uma cultura hegemônica em que vivem (ANDRADE, 2011). Nesse contexto, é relevante compreender a qualidade do ar enquanto elemento promotor de inequidades e vulnerabilidade social.

De forma complementar, é indispensável identificar formas de preservação da saúde da população humana e de otimização de recursos financeiros, sendo o foco do presente trabalho. Em 2020, os incêndios florestais foram identificados como a principal fonte de poluição do ar na superfície no sul da Amazônia durante a estação seca, contribuindo com mais de 80% das concentrações de PM_{2,5} (BUTT *et al.*, 2020).

Um estudo voltado para a avaliação dos impactos dos incêndios florestais na qualidade do ar na América do Sul estimou os benefícios para a saúde pública resultantes da prevenção de incêndios, com base em dados do ano de 2012 e verificou que

“the prevention of vegetation fires in the region would avert 641 000 (95UI: 551 900–741 300) DALYs and 16 800 (95UI: 16 300–17 400) premature deaths due to the reduction in PM_{2.5} exposure across South America. The greatest reduction in disease burden rates occurs in regions close to intense fire activity: Bolivia, Paraguay, and the western states of Brazil, including Rondônia, Acre, and Mato Grosso, with 26% of the avoided health burden located within the Amazon Basin” (BUTT *et al.*, 2020, p. 15).

Os efeitos da exposição à queima de biomassa são conhecidos e trabalhados amplamente na literatura internacional, sendo identificados 61 estudos epidemiológicos que relacionam incêndios florestais e saúde humana nas comunidades no período de 1986 até a data do estudo, realizado em 2015 (LIU *et al.*, 2015). Em estudos mais recentes, é possível observar exercícios de quantificação dos impactos relacionados a queima de biomassa florestal em diferentes países (THOMAS *et al.*, 2017; YOUSSEF *et al.*, 2014).

No contexto brasileiro, é observada uma ampliação de estudos e indicadores relacionados aos efeitos da exposição à queima de biomassa florestal à saúde humana (OLIVEIRA *et al.*, 2023; URRUTIA-PEREIRA *et al.*, 2021). De forma complementar, é verificado um aumento de estudos econométricos ao longo dos últimos anos. O artigo “*Winds of fire and smoke: Air pollution and health in the Brazilian Amazon*”, publicado em dezembro de 2021 por Rudi Rocha e André Albuquerque Sant’Anna aborda os efeitos da poluição do ar ocasionada por queima de biomassa na região amazônica à saúde humana. O trabalho avalia os impactos mensais da poluição do ar, com base em um nível de concentração de PM_{2.5}, na taxa de hospitalização.

A metodologia de análise é baseada em um estudo de painel, utilizando microdados de mortalidade e internações do Ministério da Saúde. Foram analisados, principalmente, informações sobre condições respiratórias, utilizando em menor escala dados referentes a outras doenças infecciosas. No estudo, foram realizadas análises comparativas dos dados de internações com dados mensais sobre poluição do ar.

Como resultado, foi revelada a associação entre a exposição da população à poluição do ar proveniente de queima de biomassa e o número de internações hospitalares relacionadas a condições respiratórias, sendo estimados os custos correspondentes. Os dados obtidos no trabalho demonstram a relevância do debate, além de expor uma grande efervescência da temática no momento.

É importante abordar que a poluição do ar é compreendida como uma causa relevante de internações por causas cardiorrespiratórias, porém, ainda são verificados poucos modelos

matemáticos em literaturas de referência, especialmente relacionados aos custos atribuíveis a morbidades por exposição à queima de biomassa florestal (MACHIN *et al.*, 2019).

O trabalho “Bases metodológicas para estudos de custos da doença no Brasil”, publicado em setembro de 2014 por Michele Lessa de Oliveira, Leonor Maria Pacheco Santos e Everton Nunes da Silva apresenta recomendações para a realização de estudos de valoração de custos de doenças no sistema de saúde brasileiro.

Primeiramente, o documento aborda os principais conceitos relacionados a análise de custos, apresentando os tipos de custos em saúde, sendo eles divididos nas categorias de custos diretos, indiretos e intangíveis. Posteriormente, são apresentadas as perspectivas da análise de custos que serão mensurados e considerados.

Um importante tópico apresentado pelo trabalho se refere às recomendações para aplicar a valoração de custo de doenças no contexto brasileiro, especialmente aplicável ao material deste trabalho. Por fim, são propostas etapas para aplicação do método de custo da doença, sendo eles:

“1) selecionar a doença e elaborar a pergunta a ser respondida; 2) definir a perspectiva, a abordagem e os tipos de custo a serem analisados; 3) obter os riscos de incidência das comorbidades que poderiam ser parcialmente evitadas caso a doença investigada não existisse; 4) calcular o risco atribuível à doença investigada nas suas comorbidades; 5) levantar os custos de cada patologia associada; 6) calcular o custo da doença final; e 7) analisar os resultados.” (OLIVEIRA; SANTOS; SILVA, 2014, p.1)

Vale mencionar que, para o atendimento da população, é preciso que os municípios contem com estabelecimentos vinculados ao Sistema Único de Saúde. Por essa razão, é relevante observar a quantidade média de estabelecimentos vinculados ao SUS por município (**Figura 1**), sendo observados todos os tipos de estabelecimentos mapeados entre os anos de 2010 e 2021.

É possível observar que o estado com maior número médio no período foi Goiás, com 7.951 estabelecimentos de todos os tipos¹. A quantidade de estabelecimentos no estado deve-se, principalmente, ao município de Goiânia, responsável por uma média de 3.064 no

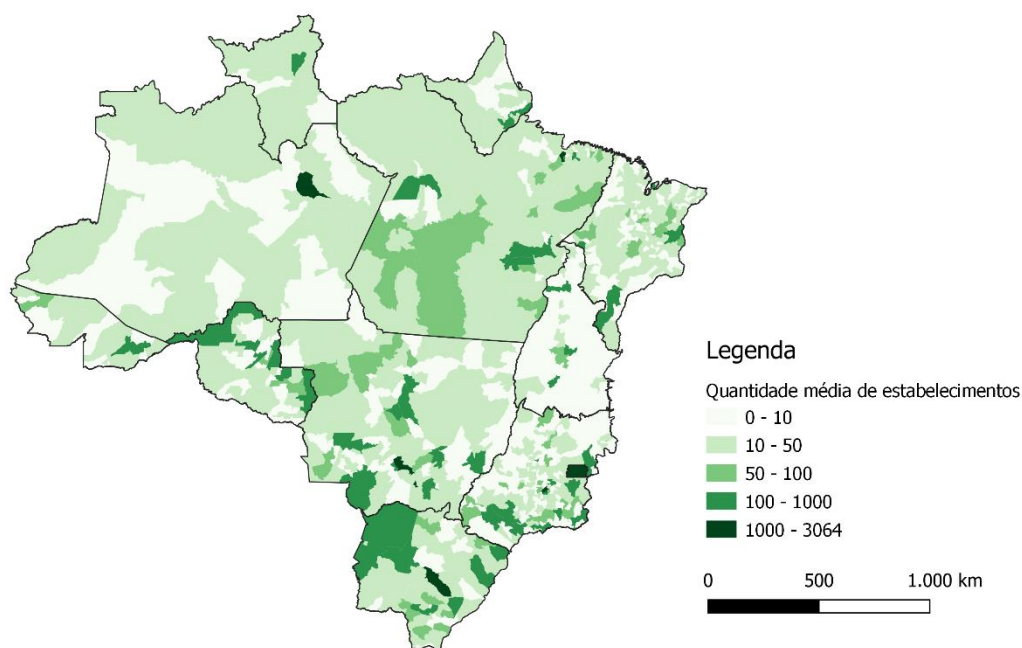
¹ Tipos de estabelecimento: São disponibilizados dados referentes a 38 tipos de estabelecimentos, incluindo posto de saúde, centro de saúde/ unidade básica, hospital geral, farmácia, entre outros. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/cnes/tipo_estabelecimento.htm

período. Em contrapartida, 48 municípios verificaram médias inferiores a 50 estabelecimentos.

O estado do Pará apresentou o segundo maior número médio de estabelecimentos de saúde, com 5.727, sendo a capital Belém responsável por 1.702 unidades. No estado, 6 municípios são responsáveis por cerca de 47% dos estabelecimentos de todos os tipos disponíveis.

De forma ampla, é possível observar que a maioria dos municípios da Amazônia Legal e Cerrado setentrional apresentaram um número médio entre 10 e 50 estabelecimentos no período de 2010 a 2021. Assim, em casos em que a rede de atenção é insuficiente para atendimento da população, é preciso que os residentes se desloquem para outros municípios.

Figura 1 - Quantidade média de estabelecimentos do SUS na Amazônia Legal e Cerrado no período entre 2010 e 2021



Fonte: Elaboração própria com dados Tabnet - DATASUS

Conforme estudo realizado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) em 2019, foi observado um forte incremento no número de internações hospitalares relativas a problemas respiratórios durante os meses com maiores números de focos de calor (BARCELLOS et al, 2019). O dado expõe um impacto sobre a capacidade de atendimento das redes de atenção à saúde, que podem apresentar sobrecarga nos serviços, impactando no atendimento aos demais tipos de morbidade.

A qualidade do ar traz consequências à saúde para além dos impactos de curto prazo. Desta forma, entende-se a pesquisa de custos financeiros associados a má qualidade do ar como instrumento para aumento do conhecimento dos resultados da degradação ambiental para a vida humana, assim como elemento determinante para direcionar os esforços para a construção de um desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, evidencia-se a ampla produção e debate acerca da poluição do ar e seus impactos na saúde da população. Contudo, é relevante apontar a insuficiência de estudos de custos financeiros do Sistema Único de Saúde relativos aos custos de internações por doenças ocasionadas pela exposição a partículas provenientes de queimas de biomassa desagregados calculados para cada um dos estados das regiões Norte e Centro-Oeste. Nesse sentido, se mostra extremamente necessário ampliar o conhecimento acerca do objeto de pesquisa supracitado.

3. Objetivos

3.1. Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo principal mensurar financeiramente os custos de internação hospitalar ao Sistema Único de Saúde (SUS) associados a doenças cardiorrespiratórias, decorrentes da exposição aos materiais particulados finos (PM_{2,5}) emitidos pela queima de biomassa nas cidades localizadas na Amazônia Legal e no Cerrado setentrional, no período de 2010 a 2021.

3.2. Objetivos específicos

- **Estimar a Fração Atribuível (FA):** Determinar a fração atribuível para doenças cardiorrespiratórias em indivíduos acima de 30 anos, causadas pela exposição a materiais particulados finos provenientes da queima de biomassa, abrangendo a população das cidades da Amazônia Legal e do Cerrado setentrional entre 2010 e 2021.
- **Comparar os Custos por Estado:** Realizar uma análise comparativa dos custos de internação por doenças cardiorrespiratórias entre diferentes estados das regiões da Amazônia Legal e do Cerrado setentrional, buscando identificar padrões e variabilidades nos custos de internação associados à exposição à poluição do ar.
- **Analisar os Custos Financeiros ao SUS:** Avaliar os custos financeiros diretos ao Sistema Único de Saúde (SUS) decorrentes de internações por doenças

cardiorrespiratórias relacionadas à exposição a $PM_{2,5}$ segmentando os dados por municípios e estados das regiões estudadas, no período de 2010 a 2021.

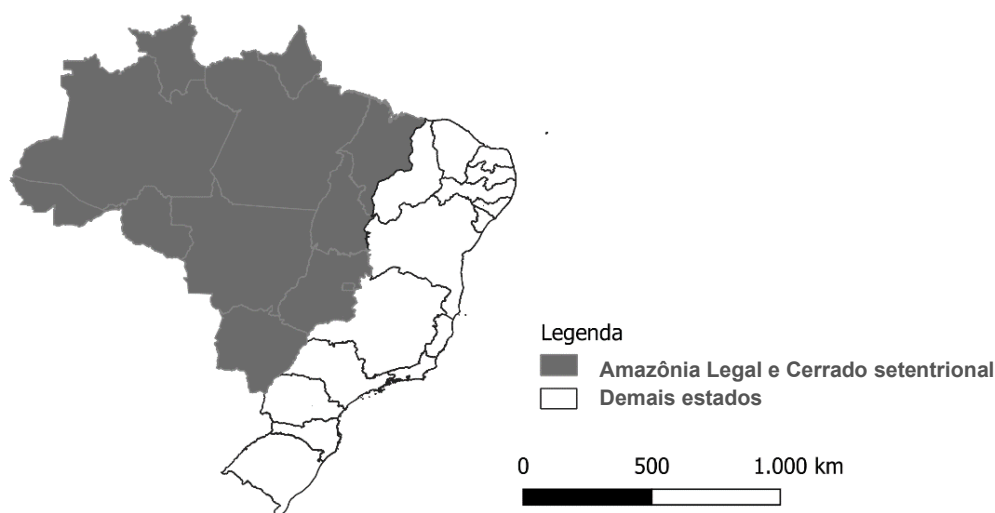
4. Metodologia

O presente estudo apresenta uma metodologia de valoração ambiental de custos de internação por doenças cardiorrespiratórias associadas à exposição a poluição do ar na região da Amazônia Legal e Cerrado setentrional derivada da pesquisa desenvolvida no âmbito da Carta acordo com OPAS (CON2022-00345) com execução de equipe interdisciplinar de pesquisadores vinculados à diferentes instituições de ensino brasileiras. De forma preliminar a esse estudo, foram estimados pelo grupo de pesquisa os riscos relativos e das respectivas frações atribuíveis de óbitos por doenças cardiovasculares e respiratórias em razão da exposição de curto prazo ao $PM_{2,5}$ para todos os 1.134 municípios selecionados.

No presente estudo foi realizada a estimativa de custos financeiros ao SUS a partir de estudo epidemiológico do tipo ecológico baseado na metodologia de cálculo de fração atribuível a doenças relacionadas à exposição a material particulado fino do ar menores de 2,5 micrômetros ($PM_{2,5}$) desenvolvida por Daniel Ostro e publicado pela Organização Mundial da Saúde (OSTRO, 2004).

A região de análise concentrou-se na Amazônia legal e Cerrado setentrional, aqui definida pelos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins (**Figura 2**), no período compreendido entre os anos de 2010 e 2021.

Figura 2 – Estados brasileiros da Amazônia Legal e Cerrado selecionados



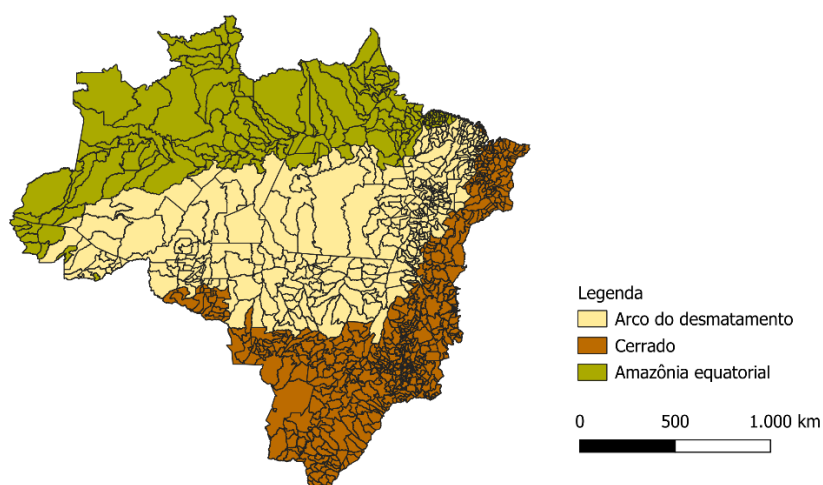
Fonte: Elaboração própria

Tais pontos são detalhados ao longo deste capítulo, conforme seções abaixo.

4.1. Delimitação do território

A área do estudo incluiu todos os municípios brasileiros situados na Amazônia Legal e no Cerrado brasileiro, totalizando 1.134 municípios. Os municípios foram classificados em três grupos, com base no regime climático e no padrão de exposição à poluição do ar, a saber: Amazônia Equatorial, com a seleção de 253 municípios, Arco do Desmatamento com 293 municípios e Cerrado, totalizando 588 municípios.

Figura 3 - Grupos de municípios



Fonte: Elaboração própria

A região do Arco do Desmatamento se estende da área localizada ao longo do arco que abrange a borda meridional da Amazônia e apresenta anualmente os maiores registros de ocorrências de focos de calor (OVIEDO *et al*, 2020). Conforme abordado na **Introdução** do presente estudo, tais queimadas devem-se, primariamente, à ação humana e desmatamentos de grandes extensões de terra voltados para expansão da agropecuária e extrativismo ilegal de madeira.

De forma complementar, foram identificados os municípios pertencentes ao bioma Amazônico, localizados na região da Amazônia Equatorial e os municípios com bioma Cerrado, segmentados em um terceiro grupo.

4.2. Fontes de dados

1. As informações referentes a internações foram adquiridas por meio do Sistema de Informações Hospitalares (SIH), disponibilizado pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Os dados de saúde analisados tiveram como base as informações disponíveis sobre internações utilizando o Sistema Único de Saúde, sendo verificadas ocorrências diárias relacionadas a doenças cardiorrespiratórias, objetivando a identificação dos impactos para a população total e para a população com idade igual ou superior a 30 anos.

No que diz respeito ao desfecho em saúde, foram selecionados casos cardiopulmonares, classificados nos capítulos IX (códigos I00-I99) e X (códigos J00 a J99) da 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10). Os dados foram obtidos utilizando a biblioteca Microdatasus no programa R versão 4.1.1. Dessa forma, foram obtidas as informações de internações diárias referentes aos capítulos da CID-10: “IX – doenças do aparelho circulatório” e “X - doenças do aparelho respiratório” individualizadas por municípios da Amazônia Legal e seu entorno. Foram obtidos dados de internação para os anos 2010 a 2021;

2. Os dados de exposição a material particulado fino do ar menores de 2,5 micrômetros foram estimados pela equipe interdisciplinar vinculada ao projeto de “Análise dos impactos à saúde e dos custos econômicos e custos financeiros ao SUS decorrentes da exposição ao PM_{2,5} emitidos por queimadas e incêndios florestais em municípios localizados na região da Amazônia Legal e seu entorno”.

Foi realizada a estimativa da função exposição resposta por sub-região, com base no regime climático e no padrão de exposição à poluição do ar, divididas entre: Amazônia Equatorial (253 municípios), Arco do Desmatamento (293 municípios) e Cerrado (588 municípios).

Assim, foram estimadas as associações entre os dois grupos de desfechos analisados e internação por doenças cardiovasculares (DCV) e respiratórias (DR). Por fim, para as estimativas do número e da fração de internações por DCV e DR atribuíveis à exposição ao $PM_{2,5}$, as associações exposição-resposta combinadas de cada subregião foram aplicadas às séries de $PM_{2,5}$ de cada um dos municípios pertencentes à respectiva sub-região. O cálculo foi feito para todos os 1.134 municípios da área estudada e será aprofundado na seção **4.3**.

3. Para informações populacionais, foram consultadas bases elaboradas pelo Ministério da Saúde/SVS/DASNT/CGIAE. Foram coletados dados relativos à população residente de municípios brasileiros a partir do Estudo de Estimativas Populacionais por Município, Idade e Sexo, sendo obtidas informações de população total de todas as faixas etárias e população acima de 30 anos de municípios da Amazônia Legal e seu entorno para o período de 2010 a 2021.

4.3. Cálculo da fração atribuível

A partir dos dados obtidos, foi estimada a fração atribuível (FA) de casos de internações relacionadas a doenças cardiorrespiratórias cuja condição pode ser atribuída a exposição ao material particulado fino ($PM_{2,5}$) na região da Amazônia Legal e Cerrado setentrional. Desta forma, foram obtidos dados diários de poluição do ar para 1.134 municípios da Amazônia Legal e seu entorno, visando analisar a concentração de material particulado fino inferior a 2,5 micrômetros no período de 2010 a 2021.

Para o cálculo, foi utilizado o método descrito por Ostro (2004), isto é, o método desenvolvido como “orientação metodológica” para mensurar a fração atribuível a doenças relacionadas à exposição a material particulado fino do ar menores de 2,5 micrômetros ($PM_{2,5}$).

É relevante apontar que a metodologia foi desenvolvida com o objetivo de calcular o número de mortes atribuíveis à exposição a material particulado do ar com partículas menores de 10 micrômetros ou 2,5 micrômetros. O presente estudo extrapolou a metodologia para o cálculo do número de internações relativas a doenças cardiorrespiratórias originárias da exposição ao $PM_{2,5}$.

Para o cálculo do número de internações relacionados à exposição a material particulado fino ($PM_{2,5}$) em um município específico, foram utilizados quatro pressupostos definidos pela metodologia (OSTRO, 2004):

1. Dados de exposição a material particulado fino do ar menores de 2,5 micrômetros, conforme apontado na sessão anterior “Fontes de dados”;
2. População alvo, sendo delimitada a faixa etária de adultos maiores de 30 anos de idade, conforme sessão anterior “Fontes de Dados”. De forma complementar, a metodologia requer a identificação do tipo de desfecho à saúde estudado, tendo como foco os capítulos CID-10²: “IX – doenças do aparelho circulatório” e “X - doenças do aparelho respiratório”;
3. As funções para análise quantitativa dos dados apontados pela literatura em epidemiologia, cujos cálculos associam a concentração de PM_{2,5} aos desfechos estudados, estimando as frações atribuíveis que definem o número de internações por doenças cardiorrespiratórias ocasionadas pela exposição ao material particulado fino (PM_{2,5}) na Amazônia Legal e Cerrado setentrional.

Para o cálculo do número esperado anual de internações por doenças cardiorrespiratórias atribuíveis a exposição crônica ao PM_{2,5} foi desenvolvida a função de risco relativo para cada um dos 1.134 municípios analisados, utilizando duas variáveis, o coeficiente log-linear de exposição da função:

$$CR = \frac{\ln 1,06}{10} \quad (1)$$

Associado à variação da concentração média do poluente e o valor base de 7,5, sendo calculada com base nos valores diários para cada município.

$$\Delta C_{PM_{2,5}} = \overline{PM_{2,5}} - 7,5 \quad (2)$$

Sendo assim, a função de risco relativo para cada município foi determinada pela constante de Euler elevada ao coeficiente de exposição multiplicado pela concentração média municipal de PM_{2,5}.

$$RR = e^{CR * \Delta C_{PM_{2,5}}} \quad (3)$$

Por fim, para o cálculo da fração atribuível municipal anual, foi utilizada a proporção do risco relativo superior a 1 (caso hipotético sem poluição observada) em relação ao risco relativo total, resultando na equação abaixo.

$$FA = \frac{RR-1}{RR} \quad (4)$$

² CID-10 se refere à lista de Morbidade Hospitalar do SUS. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sih/mxcid10lm.htm>

Como resultado, foram obtidos os fatores de atribuição populacionais para doenças cardiorrespiratórias em população acima de 30 anos, observando a parcela referente a internações ocasionadas pela exposição a material particulado fino (PM_{2,5}) nos anos 2010 a 2021.

De forma complementar, foi estimado o número anual de internações atribuíveis a exposição crônica ao PM_{2,5} conforme a metodologia de Ostro, resultante da multiplicação das variáveis de tamanho da população exposta de 30 anos ou mais em 2010 para cada município analisado (T), a taxa de internação da população maior de 30 anos por desfechos cardiorrespiratórios por mil habitantes (I), coeficiente de exposição disposto na Equação 1 e a concentração média do poluente verificada na Equação 2.

$$E = T * I * CR * C_{PM_{2,5}} \quad (5)$$

4.4. Cálculo dos custos de internação

A partir da fração atribuível de doenças cardiorrespiratórias que foram ocasionadas pela exposição ao PM_{2,5} na região da Amazônia legal e Cerrado setentrional, foram calculados os custos ao SUS.

Assim, foram coletados os dados referentes ao número de internações por desfechos cardiorrespiratórios pelo Sistema Único de Saúde, o valor total pago pelas internações, a partir das Autorizações de Internação Hospitalar (AIH) e o número de dias de permanência dos pacientes.

Posteriormente, foram calculados os custos de internação de doenças cardiorrespiratórias atribuíveis a exposição a material particulado fino (PM_{2,5}) na região da Amazônia legal e Cerrado setentrional. Os valores foram obtidos a partir da multiplicação dos valores de internação totais (V) pela fração atribuível.

$$VFA = V * FA \quad (6)$$

Como resultado, foram verificados os custos de internação a preços correntes. De modo a compatibilizar os custos de internação para análise a preços constantes de 2021, foi utilizado o Deflator Implícito do PIB³, índice que mede a variação média anual do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (**Tabela 1**).

³ O Deflator Implícito do PIB pode ser consultado em <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=1184389724&module=M#:~:text=O%20deflator%20impl%C3%ADcito%20do%20PIB,Nominal%20e%20o%20PIB%20Real>

Tabela 1 - Deflator implícito do PIB a preços constantes de 2021

Ano	Deflator implícito	Base em 2021 (%)
2005	7,43	292,7662626
2006	6,77	272,518163
2007	6,44	255,2385155
2008	8,78	239,7956741
2009	7,31	220,440958
2010	8,42	205,424432
2011	8,32	189,4709759
2012	7,94	174,9178138
2013	7,5	162,050967
2014	7,85	150,7450856
2015	7,57	139,772912
2016	8,1	129,9367035
2017	3,67	120,2004658
2018	4,49	115,9452742
2019	4,22	110,963034
2020	6,47	106,47
2021	11,38	100

Fonte: Deflator IPEA

5. Resultados

A partir da metodologia exposta, foram obtidas as frações atribuíveis e a estimativa de custos de internação relativos à exposição a material particulado fino (PM_{2,5}) na região amazônica a preços correntes para todos os 1.134 municípios analisados.

Esta seção abrange a **Análise das frações atribuíveis**, derivadas do cálculo dessas frações, em relação às doenças cardiorrespiratórias causadas pela poluição do ar. Em seguida, será apresentada a **Análise dos custos de internação** segmentados pela **Análise das frações atribuíveis e Custos por grupos de municípios**. Assim, com base nos resultados, também será exposta a **Análise dos custos ao SUS**, proporcionando uma visão abrangente do impacto econômico das internações hospitalares relacionadas à poluição atmosférica.

5.1. Análise das frações atribuíveis

As frações atribuíveis foram calculadas com base na metodologia de Ostro, exposta anteriormente, de modo que foram obtidos os percentuais anuais atribuíveis à exposição a poluição atmosférica por material particulado fino (PM_{2,5}) na região da Amazônia legal e Cerrado setentrional para todos os municípios estudados. Os resultados estão dispostos em formato de mapa na **Figura 4**.

Na **Tabela 2**, abaixo, é possível observar os 10 municípios com maior percentual de internações atribuíveis à exposição ao PM_{2,5} entre os anos de 2010 e 2021. Sendo seis municípios localizados no estado do Mato Grosso, três no estado de Rondônia e um no estado do Pará. O maior percentual de fração atribuível observado foi no município de Feliz Natal (MT), onde 12,9% das 592 internações totais ocorridas entre 2010 e 2021 foram atribuíveis à exposição ao PM_{2,5}.

Tabela 2 – Municípios com maiores Frações Atribuíveis - Número e percentual de internações por doenças cardiorrespiratórias atribuíveis à exposição ao PM_{2,5} no período entre 2010 e 2021, Amazônia legal e Cerrado setentrional.

Estado	Município	Internações		
		Fração Atribuível	Total	% de Fração Atribuível
Mato Grosso	Feliz Natal	77	592	12,9%
Mato Grosso	Porto Alegre do Norte	73	568	12,8%
Rondônia	Buritis	332	2.644	12,6%
Mato Grosso	Vila Rica	200	1.693	11,8%
Mato Grosso	Cláudia	235	1.996	11,8%
Mato Grosso	União do Sul	30	259	11,8%
Rondônia	Alto Paraíso	219	1.874	11,7%
Pará	Santana do Araguaia	636	5.487	11,6%
Rondônia	Itapuã do Oeste	48	427	11,3%
Mato Grosso	Confresa	343	3.064	11,2%

Fonte: Elaboração própria

Com relação aos dados desagregados por municípios (**Figura 4**) é possível observar que, em 2010, foram verificadas as maiores frações atribuíveis de toda a série, com 18,5% dos municípios com percentuais acima de 10%, sendo tais municípios localizados justamente no Arco do Desmatamento. É relevante destacar que 211 municípios apresentaram frações atribuíveis iguais ou superiores a 10%, distribuídos nos estados de Mato Grosso, Pará, Tocantins, Rondônia, Acre, Maranhão, Mato Grosso do Sul e Amazonas. Os municípios com maiores frações atribuíveis foram: Vila Rica (MT) com 35%, Santana do Araguaia (PA)

com 34,9%, Confresa (MT) com 33,5%, Porto Alegre do Norte (MT) com 32,9% e Canabrava do Norte (MT) com 32%.

Com relação aos dados obtidos para 2011, os municípios com maior fração atribuída foram Nova Maringá (MT) com fração atribuível de aproximadamente 9,3%, Feliz Natal (MT) com 9,1%, Itanhangá (MT) com 8,8%, Cláudia (MT) com 8,2% e União do Sul (MT) com 8%. No ano, os cinco municípios com maior fração atribuível também corresponderam ao estado de Mato Grosso.

Em 2012, o município de Feliz Natal (MT) apresentou a maior fração atribuível de aproximadamente 20,4%, permanecendo como um dos municípios com maior FA pelo segundo ano consecutivo. Os demais municípios com maiores percentuais verificados foram Corumbá (MS) com fração de 16,2%, Ladário (MS) 16%, Cláudia (MT) com 14,9% e União do Sul (MT) com 14,9%. Também vale destacar que a partir do ano de 2012 é percebida uma expansão dos efeitos da exposição ao $PM_{2,5}$ para o estado do Amazonas, sendo observada uma FA de 10,5% no município de Apuí, além de frações superiores a 5% em outros 13 municípios.

Em 2013, os municípios de Santana do Araguaia (PA) e União do Sul (MT) apresentaram a maior fração atribuível para síndromes cardiorrespiratórias, com 7,1%. A seguir, foram verificados os municípios, Nova Maringá (MT), com 6,9%, Caseara (TO) com 6,7% e Cláudia (MT) com FA de aproximadamente 6,6%.

No ano de 2014, os cinco municípios com maior fração atribuível foram verificados em Mato Grosso, sendo eles: Feliz Natal (MT) com 16,3%, União do Sul (MT) com 13,4%, Santa Carmem (MT) com 13,1%, Cláudia (MT) com 13% e Vera (MT) com 11,9%. É relevante destacar que o município de Feliz Natal figura novamente como localidade cujas internações apresentam a maior parcela relativa à exposição ao $PM_{2,5}$. Assim como, novamente, todos os cinco municípios estão localizados no estado do Mato Grosso.

Em 2015, é possível verificar um aumento da fração atribuível de modo geral, com maior número de municípios com FA entre 5% e 10%. No ano, os municípios com maior FA foram verificados no estado de Rondônia, sendo eles: Buritis (RO) com 20,9%, Alto Paraíso (RO) com 18,7%, Itapuã do Oeste (RO) com 15,4%, Candeias do Jamari (RO) com 15,2% e Porto Velho (RO) com 14,9%. Vale destacar que esse foi o primeiro ano onde nenhum município do estado do Mato Grosso figura entre os cinco com maior fração atribuível, sendo todos do estado de Rondônia.

No ano de 2016, os cinco municípios com maior fração atribuível verificada foram São João do Soter (MA) com 16,4%, Buritis (RO) com 16,1%, Matões (MA) com 15,3%, Senador Alexandre Costa (MA) com 14,7% e Governador Luiz Rocha (MA) com 14,3%, sendo relevante destacar alta a incidência de municípios maranhenses. Foi verificada queda no número de internações atribuíveis nos estados da Amazônia legal e Cerrado setentrional, com exceção do estado de Roraima, com uma elevação de aproximadamente 19%.

Em 2017, há um visível aumento dos municípios com fração atribuível média acima de 10%, demonstrando um aumento do impacto das queimadas sobre a saúde da população no ano, de forma que os municípios com maior FA observada no ano foram: Buritis (RO) com 19,2%, Santana do Araguaia (PA) e Alto Paraíso (RO) com 18,3%, Caseara (TO) com 16,8% e Santa Maria das Barreiras (PA) com 16,7%.

Em 2018, é possível observar uma redução da fração atribuível de modo geral, não sendo verificados municípios com FA acima de 10%. Os municípios com maior FA foram: Itapuã do Oeste (RO) e Cláudia (MT) com 8,3%, Alto Paraíso (RO) com 8,2%, Candeias do Jamari (RO) com 8,1% e Anapu (PA), com aproximadamente 8%.

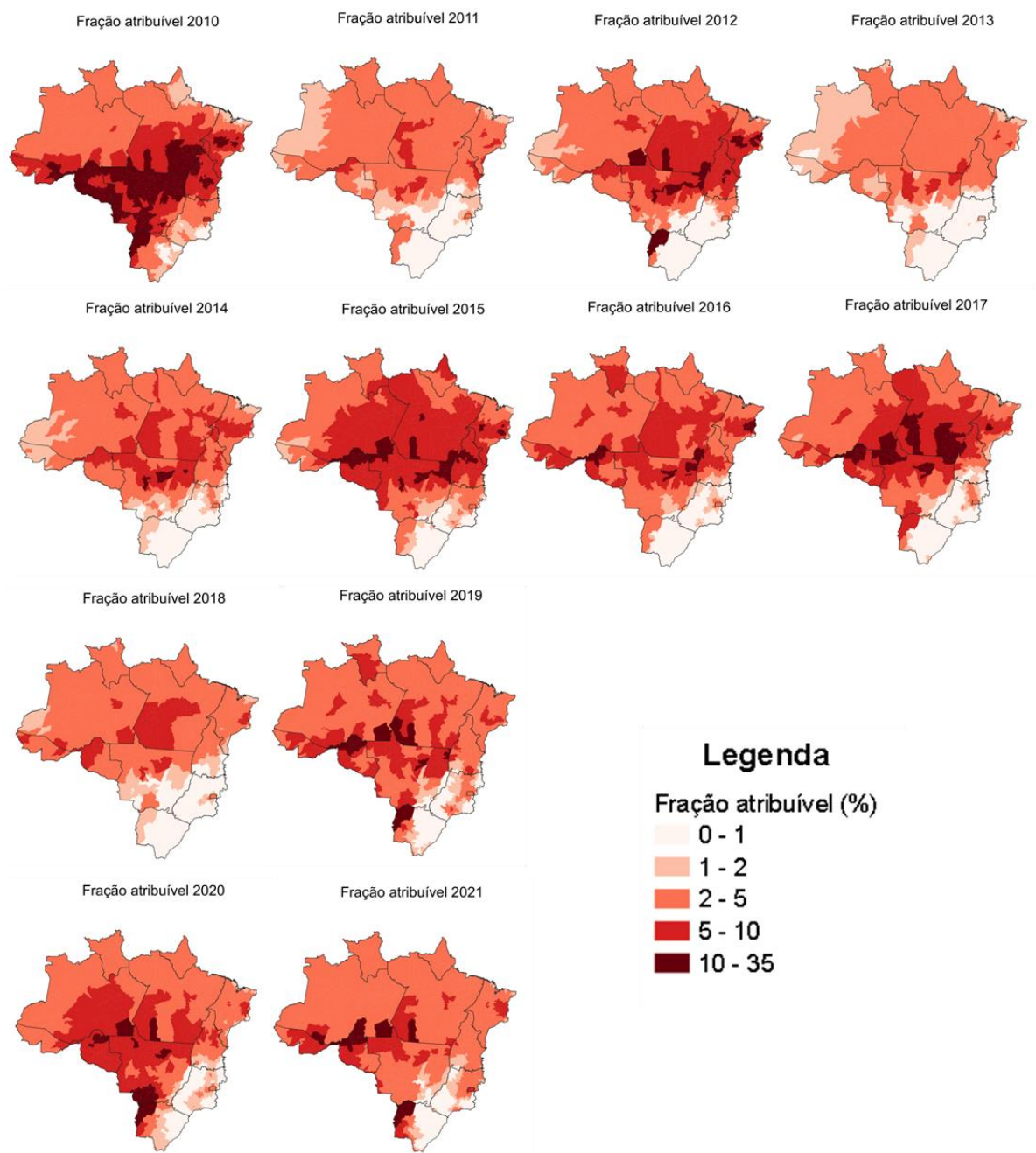
Em 2019, é verificada uma nova elevação da fração atribuível na região, de forma que os municípios com maior FA foram: Buritis (RO) com 17,2%, Novo Progresso (PA) com 16,7%, Itapuã do Oeste (RO) com 15,6%, Apuí (AM) com 15,4% e Alto Paraíso (RO) com 14,7%.

No ano de 2020, é verificada uma nova ampliação do número de municípios com FA superior a 5%, com uma alta concentração nos estados de Mato Grosso e Rondônia. Os municípios com maiores frações atribuíveis médias identificadas foram: Corumbá (MS) com 23,1%, Poconé (MT) com 22,6%, Barão de Melgaço (MT) e Ladário (MS) com 22,4% e Cáceres (MT) com 19,1%.

Já em 2021, é verificada uma menor incidência de municípios com FA entre 5% e 10%, no entanto, ainda apresentando municípios com FA superiores a 10%. Os municípios que verificaram maior fração atribuível foram Itapuã do Oeste (RO) e Apuí (AM) com 20,7%, Cujubim (RO) com 20,2%, Machadinho D'Oeste (RO) com 18,2% e Novo Progresso (PA) com 17,4%. A respeito do número de internações atribuíveis, foi verificada uma redução de aproximadamente 5% em comparação com o ano de 2020.

Figura 4 - Frações atribuíveis de internação por doenças cardiorrespiratórias ocasionadas pela exposição ao PM_{2,5} na região Amazônica por unidade da

federação nos estados da Amazônia legal e cerrado entre os anos de 2010 e 2021 (%)



Fonte: Elaboração própria

Adicionalmente, foram observados os números de internações de doenças cardiorrespiratórias atribuíveis à exposição ao $PM_{2,5}$ por unidade da federação. É relevante abordar que o ano de 2010 apresentou o maior número de focos de queimada, assim como a maior níveis de exposição ao material particulado fino (**Gráfico 2**), ocasionando no maior número absoluto de internações atribuíveis na região da Amazônia legal e Cerrado setentrional.

Tabela 3 - Número de internações por doenças cardiorrespiratórias atribuíveis a exposição ao PM_{2,5} por unidade da federação 2010 - 2021

UF	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
AC	289	88	106	78	104	138	224	152	182	251	126	249
AP	43	79	128	80	98	132	100	103	90	151	62	81
AM	915	716	1.137	701	849	1.368	950	1.009	936	1.082	904	851
DF	115	70	51	23	68	100	50	160	645	1.231	697	1.317
GO	2.253	673	563	250	689	1.290	616	621	409	1.181	751	851
MA	3.082	2.012	3.147	1.844	2.416	3.065	2.234	2.604	1.853	2.184	1.216	1.704
MT	5.092	745	1.263	639	1.057	1.579	1.196	1.451	640	1.391	1.793	694
MS	962	82	281	34	32	255	134	210	36	531	626	375
PA	6.524	3.915	5.604	3.414	4.130	5.080	3.858	4.986	3.232	3.616	2.450	2.068
RO	2.562	590	820	478	973	1.709	1.118	1.509	825	1.415	977	947
RR	132	120	138	112	148	154	184	167	175	223	103	176
TO	1.646	555	1.292	548	732	1.008	516	558	229	446	349	235

Fonte: Elaboração própria

É possível observar, também, que o estado do Pará apresentou o maior número de internações por desfechos cardiorrespiratórios atribuíveis à exposição ao material particulado fino (PM_{2,5}) em toda a série histórica, responsável por aproximadamente 32% de todas as internações da região. O maior número de internações foi observado no ano de 2010, ano com maior incidência de focos de queimada, com 6.524 internações

estimadas, segundo dados do INPE, seguido do ano de 2012, com cerca de 5.604 internações.

É relevante destacar o estado do Maranhão que, apesar de apenas parte do seu território estar inserido na região da Amazônia Legal, verifica altos impactos das queimadas da região na saúde da população. No período, estima-se que o estado foi responsável por aproximadamente 18% das internações por doenças cardiorrespiratórias ocasionadas pela exposição ao $PM_{2,5}$ na região da Amazônia Legal e Cerrado setentrional.

5.2. Análise dos custos de internação

Como resultado do trabalho, foram calculados os custos ao SUS decorrentes de internações por desfechos cardiorrespiratórios pela exposição ao material particulado fino ($PM_{2,5}$) na Amazônia legal e Cerrado setentrional. Os custos foram calculados com base nas frações atribuíveis calculadas pelo método de Ostro, desenvolvido como metodologia de análise de óbitos atribuíveis a doenças por exposição de $PM_{2,5}$ ou PM_{10} . A metodologia foi compreendida como adequada à estimativa de internações atribuíveis à exposição crônica à poluição, sendo amplamente utilizada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e adotada para o presente estudo.

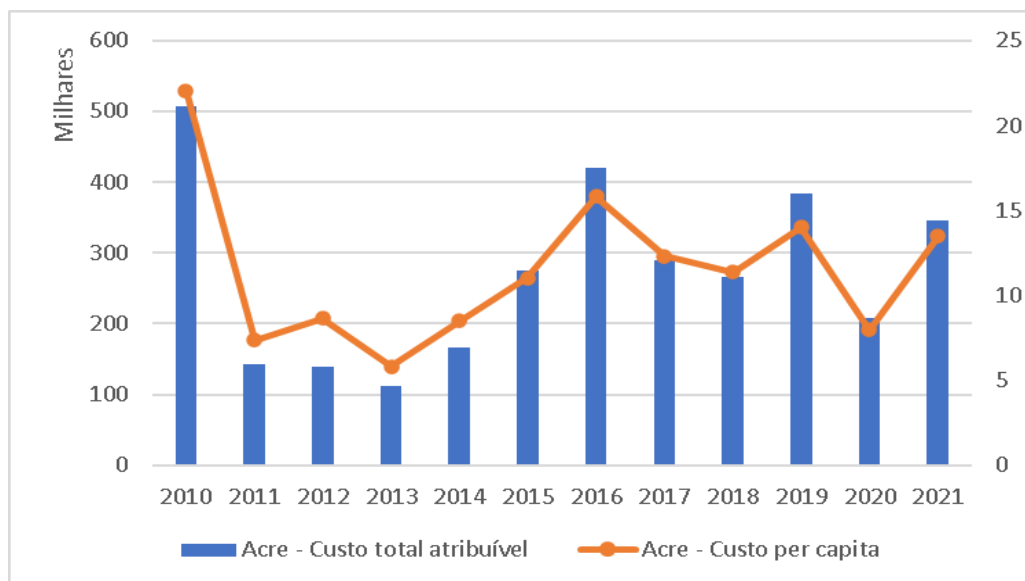
5.2.1. Custos por estado

Visando agregar a análise dos custos ao SUS, é relevante analisar a série histórica relativa aos custos totais relacionados a internações por sintomas cardiorrespiratórios decorrentes da exposição ao $PM_{2,5}$ e os respectivos custos per capita para população acima de 30 anos por estado.

No ano de 2010, o Acre atingiu os custos mais elevados totais e per capita, de forma que a capital Rio Branco apresentou o maior custo total atribuível e um dos sete maiores custos per capita durante toda a série. É relevante apontar que o município de Rio Branco tende a concentrar o maior número de internações dada a maior oferta de equipamentos de saúde.

Posteriormente ao ano de 2010, foi percebida uma queda dos custos atribuíveis totais até o ano de 2013, onde é percebida tendência de elevação dos custos totais e per capita até o atingimento do pico no ano de 2016. Em seguida, é possível perceber uma flutuação dos valores não apresentando tendência clara.

Gráfico 3 - Série de custos atribuíveis do Acre referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

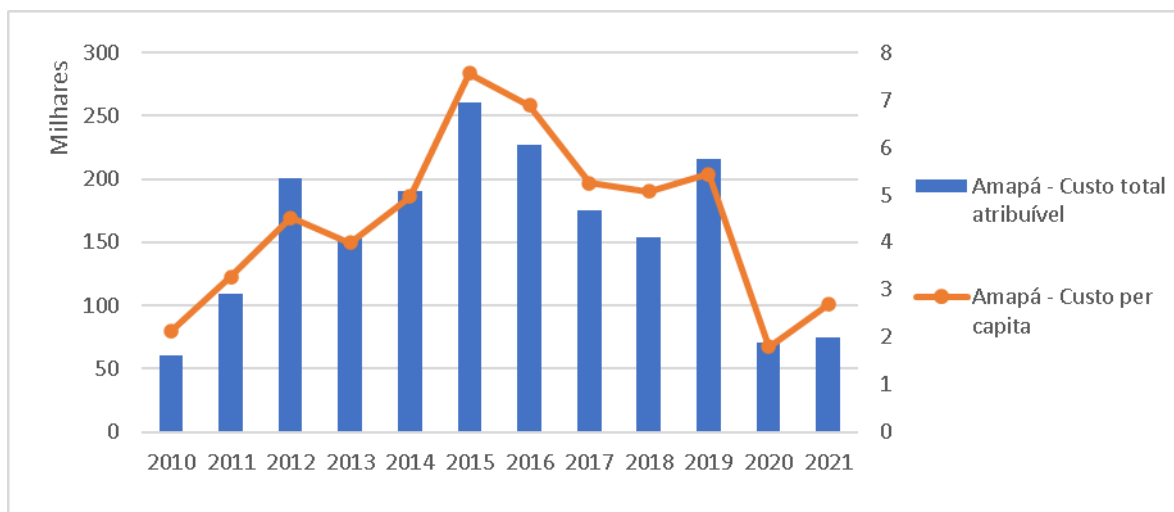


Fonte: Elaboração própria

No estado do Amapá, é possível identificar tendência de elevação da soma dos custos atribuíveis assim como o custo per capita associado até o ano de 2015. Posteriormente, o estado apresenta um movimento gradual de queda dos custos, com nova elevação no ano de 2019, ano com alta taxa de incêndios florestais na região da Amazônia Legal. Nos anos seguintes, apresentou queda brusca em ambos os custos analisados.

De forma semelhante ao Acre, a capital Macapá apresentou os maiores custos totais de internações por sintomas cardiorrespiratórios atribuíveis a exposição ao PM_{2,5}. Adicionalmente, é importante destacar que o município de Santana apresentou o segundo maior custo total em toda a série.

Gráfico 4 - Série de custos atribuíveis do Amapá referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

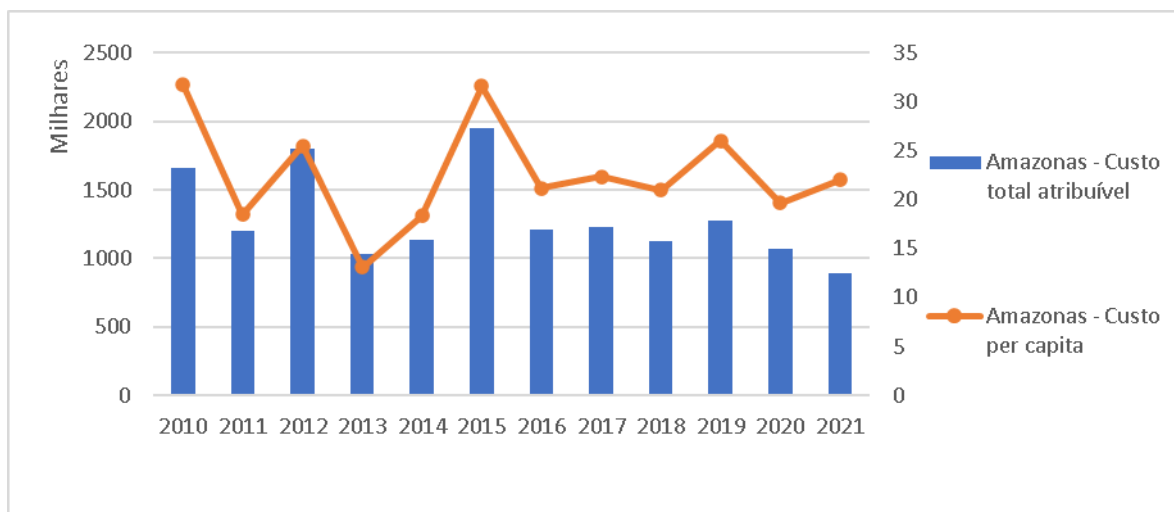


Fonte: Elaboração própria

No estado do Amazonas, é possível perceber que, até o ano de 2015, os custos atribuíveis passam por variações entre 1 e 2 milhões de reais, aproximadamente. Posteriormente ao ano de 2015, é verificada uma queda significativa em ambos os custos. No ano de 2019, é verificado aumento no custo per capita, isto é, aumento dos gastos totais proporcionalizados pela quantidade de habitantes.

A capital do estado, Manaus, apresenta o maior custo total atribuível ao longo dos anos 2010 a 2021, sendo sucedida pelo município de Parintins, até o ano de 2014 e por Manacapuru em 6 dos 7 anos posteriores. Com relação ao custo per capita, os municípios de Manaus, Apuí e Iranduba figuram entre os 15 maiores valores em toda a série.

Gráfico 5 - Série de custos atribuíveis do Amazonas referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

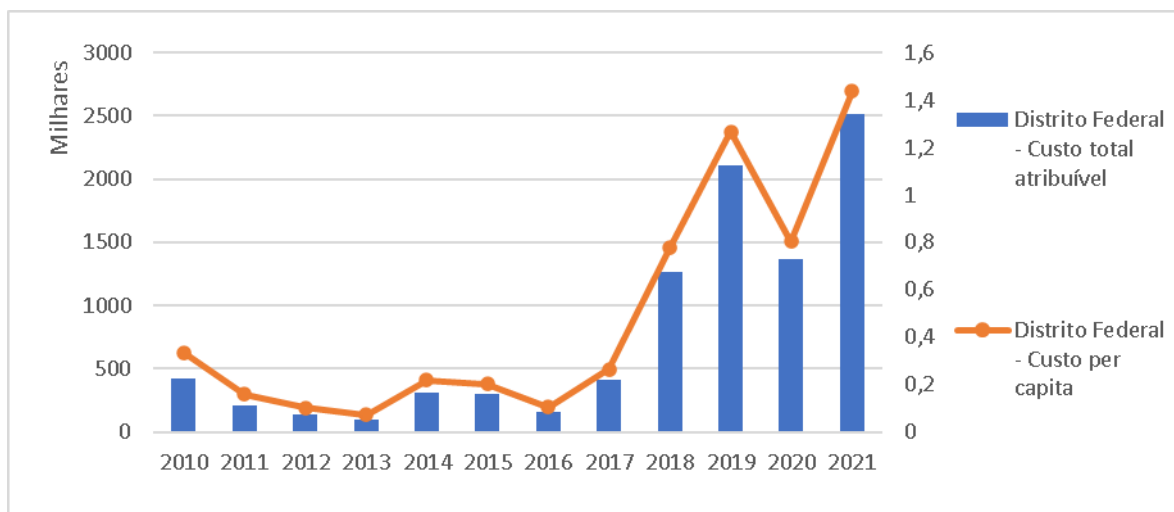


Fonte: Elaboração própria

No Distrito Federal, é visível a tendência de evolução dos custos de internação por sintomas cardiorrespiratórios ocasionados pela exposição ao PM_{2,5}. Desta forma, é verificado que os custos apresentam valores inferiores a 500 mil reais até o ano de 2017, mais do que duplicando a partir do ano de 2018 (R\$ 1,0 mi).

No ano de 2019, é verificado o pico do custo total atribuível (R\$ 2,1 mi) e per capita (R\$ 1,2) desde o início da série. Em 2020, houve queda do custo total atribuível em aproximadamente 35%, no entanto, em 2021, foi verificado um incremento de cerca de 84%, apresentando o maior valor da série histórica analisada.

Gráfico 6 - Série de custos atribuíveis do Distrito Federal referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

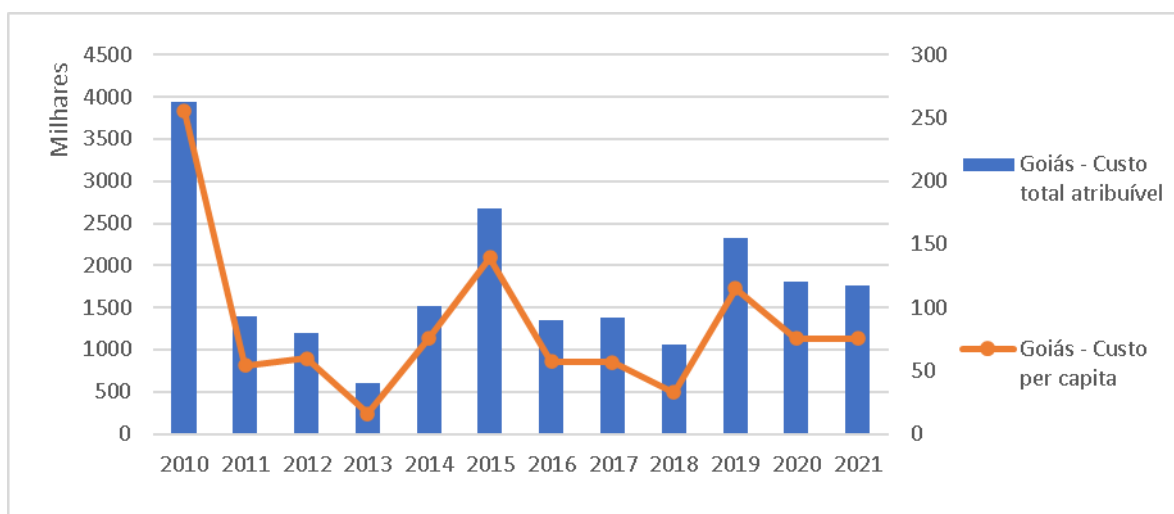


Fonte: Elaboração própria

No estado de Goiás, os maiores custos atribuíveis foram verificados em 2010, tendo uma redução no custo total atribuível de aproximadamente 64%. Posteriormente, os custos totais assumiram valores inferiores a 2 milhões de reais, com exceção dos anos de 2015 (R\$ 2,6 mi) e 2019 (R\$ 2,3 mi).

O município de Goiânia apresenta os maiores custos totais, sendo sucedido pelos municípios de Aparecida de Goiânia e Anápolis em toda a série histórica. Já com relação aos custos per capita, o município de Nerópolis figurou entre os três maiores valores na maior parte da série histórica, apresentando os maiores valores da série de 2010 a 2014 e no ano de 2020.

Gráfico 7 - Série de custos atribuíveis de Goiás referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

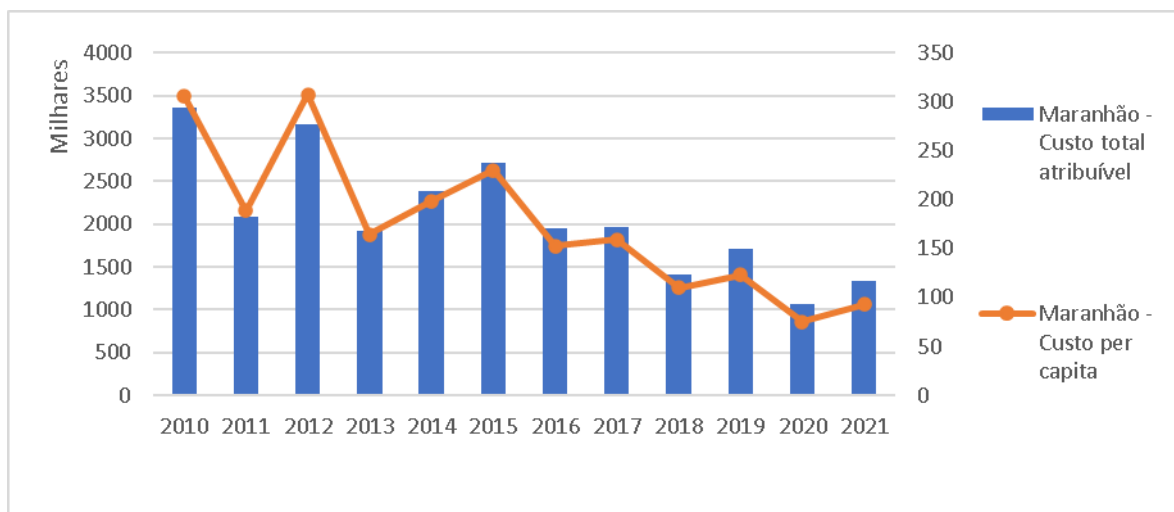


Fonte: Elaboração própria

No estado do Maranhão, foi verificada tendência de queda dos custos totais e per capita ao longo da série histórica analisada. É relevante destacar que, com exceção dos anos de 2010 e 2012, a série apresentou valores inferiores a 3 milhões de reais em todos os demais anos. É relevante também abordar que o estado apresenta a segunda maior média de custos totais ponderados pelo número de municípios, sucedendo o Distrito Federal.

O município de Imperatriz apresenta os maiores custos totais nos anos de 2010, 2012 e 2017 enquanto a capital de São Luis apresenta os maiores valores nos demais anos da série. Com relação aos custos per capita, os municípios de Buriti Bravo e Arame estiveram entre os 10 maiores valores na maioria dos anos analisados.

Gráfico 8 - Série de custos atribuíveis do Maranhão referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

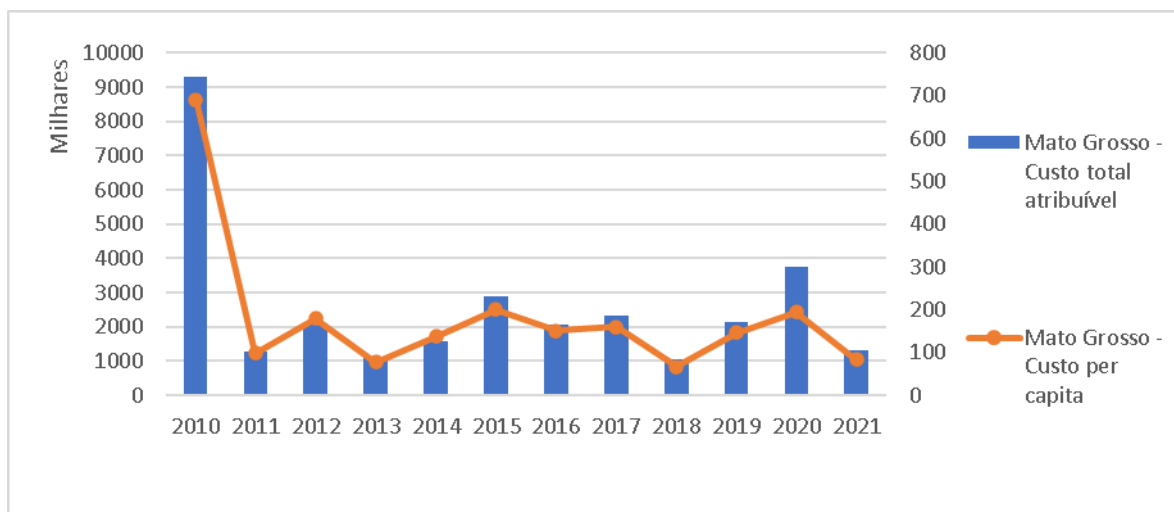


Fonte: Elaboração própria

No estado do Mato Grosso, conforme abordado no início da presente seção, os custos totais e per capita atingiram o auge no ano de 2010, verificando uma redução de aproximadamente 86% no ano de 2011. Ao longo dos demais anos da série, os custos totais apresentaram valores inferiores a 4 milhões de reais e os custos per capita foram iguais ou menores que 200 reais.

No período, a capital Cuiabá e o município de Várzea Grande apresentaram o primeiro e segundo maiores custos totais, respectivamente. Vale salientar que o município de Várzea Grande pertence à região metropolitana de Cuiabá, apresentando alta interação territorial e disponibilidade de serviços. Com relação aos gastos per capita, o município de Marcelândia esteve entre os dez maiores custos na maioria dos anos analisados.

Gráfico 9 - Série de custos atribuíveis do Mato Grosso referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

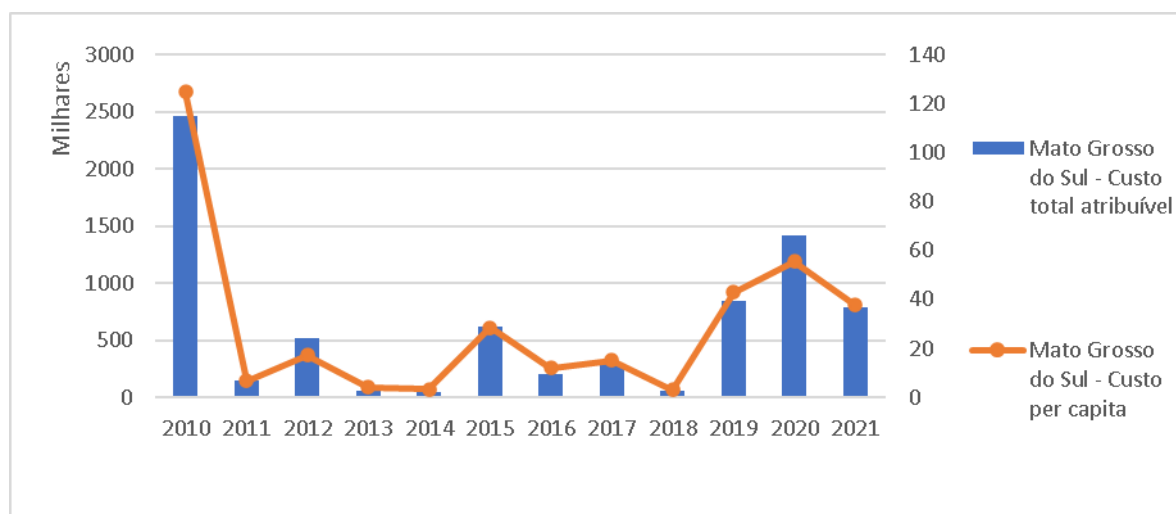


Fonte: Elaboração própria

O estado de Mato Grosso do Sul apresentou os maiores custos no ano de 2010, similarmente ao estado de Mato Grosso. Posteriormente, verificou uma redução brusca do custo total de aproximadamente 94% e, ao longo dos 8 anos que sucederam, os custos flutuaram entre 51 mil e 918 mil reais. No ano de 2019, apresentou significativa elevação, apresentando um custo total de aproximadamente 845 mil reais, com nova flutuação nos anos seguintes, porém, em patamar mais elevado.

O município de Campo Grande verificou o maior custo total atribuível à exposição a material particulado fino (PM_{2,5}) nos anos de 2010, 2015 e 2020, no entanto, não há dados disponíveis para o município dos anos 2011 a 2014 e dos anos 2016 a 2018, não sendo possível avaliar a performance do município no período.

Gráfico 10 - Série de custos atribuíveis do Mato Grosso do Sul referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

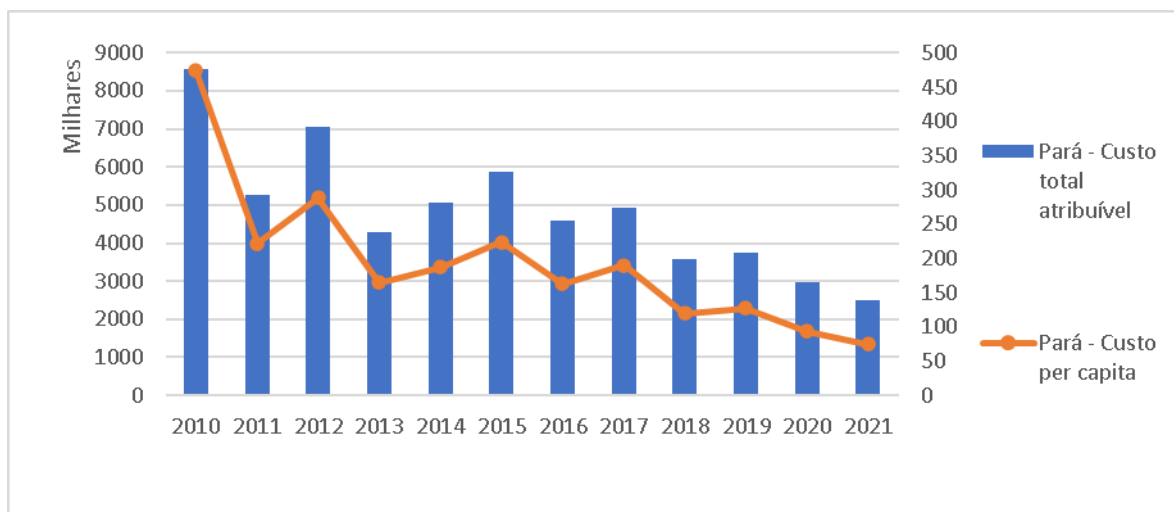


Fonte: Elaboração própria

O estado do Pará apresentou tendência de queda do custo de internações por exposição a PM_{2,5} ponderadas pelo número de residentes do estado. Com relação aos custos totais, há significativas flutuações ao longo do tempo, observando redução sutil nos custos associados ao longo da série histórica.

Os municípios de Belém e Ananindeua verificaram o primeiro e segundo maior custo total atribuível, respectivamente, ao longo de toda a série. É relevante, também, destacar os municípios de Castanhal e Santarém, que apresentaram o terceiro e quarto custos totais, respectivamente, a partir do ano de 2019.

Gráfico 11 - Série de custos atribuíveis do Pará referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

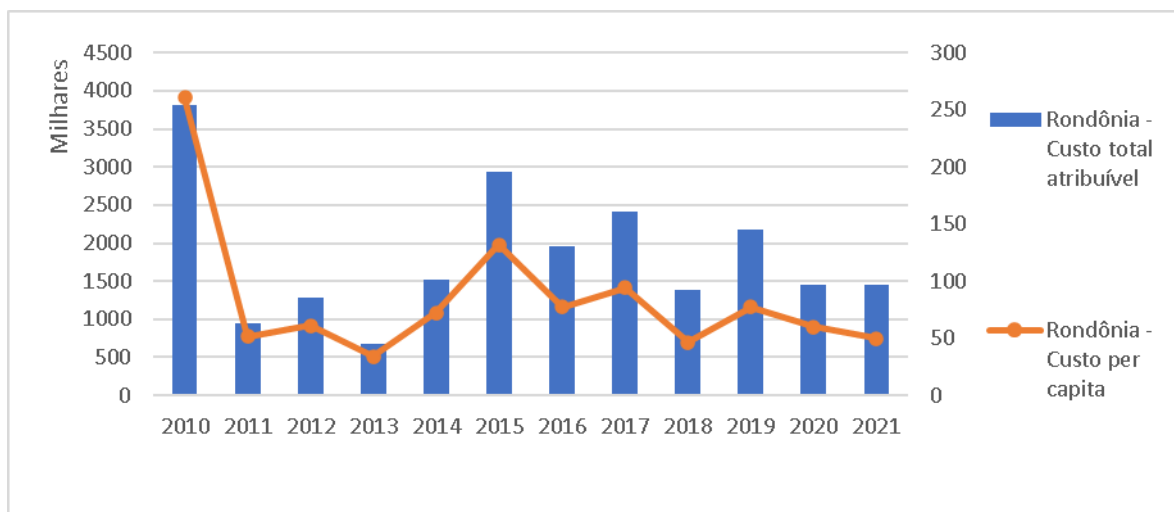


Fonte: Elaboração própria

O estado de Rondônia apresentou pico de custos totais no ano de 2010, similarmente aos estados do Acre, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Tocantins. Nos anos seguintes, apresentou forte queda, sucedida de flutuação em todos os anos da série histórica analisada. É relevante verificar que, no ano de 2015, é observado novo cume para ambos os custos.

A capital Porto Velho apresenta o maior custo total ao longo de toda série, sendo sucedida pelo município de Ariquemes em todos os anos a partir de 2011.

Gráfico 12 - Série de custos atribuíveis de Rondônia referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

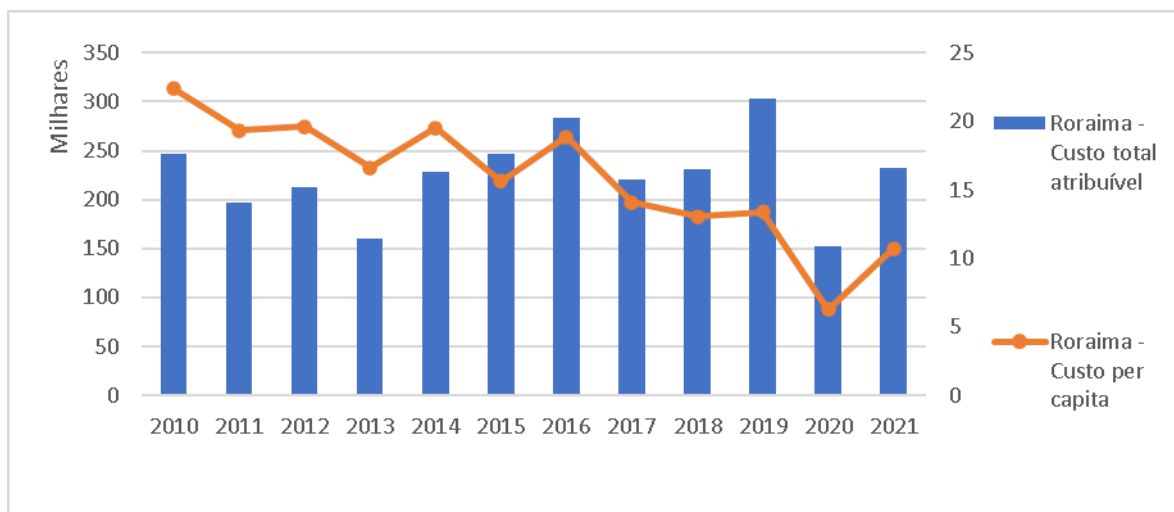


Fonte: Elaboração própria

O estado de Roraima apresentou movimentos distintos entre os custos analisados. Enquanto os custos per capita apresentam clara tendência de redução ao longo dos anos, com leves flutuações, os custos totais apresentam flutuações expressivas entre 150 mil e 305 mil reais, aproximadamente.

No período, a capital Boa Vista apresentou o maior custo total relativo à exposição ao material particulado fino (PM_{2,5}). A capital foi sucedida pelo município de Alto Alegre em todos os anos analisados, com exceção de 2020, em que o município de Rorainópolis apresentou o segundo maior custo total.

Gráfico 13 - Série de custos atribuíveis de Roraima referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021

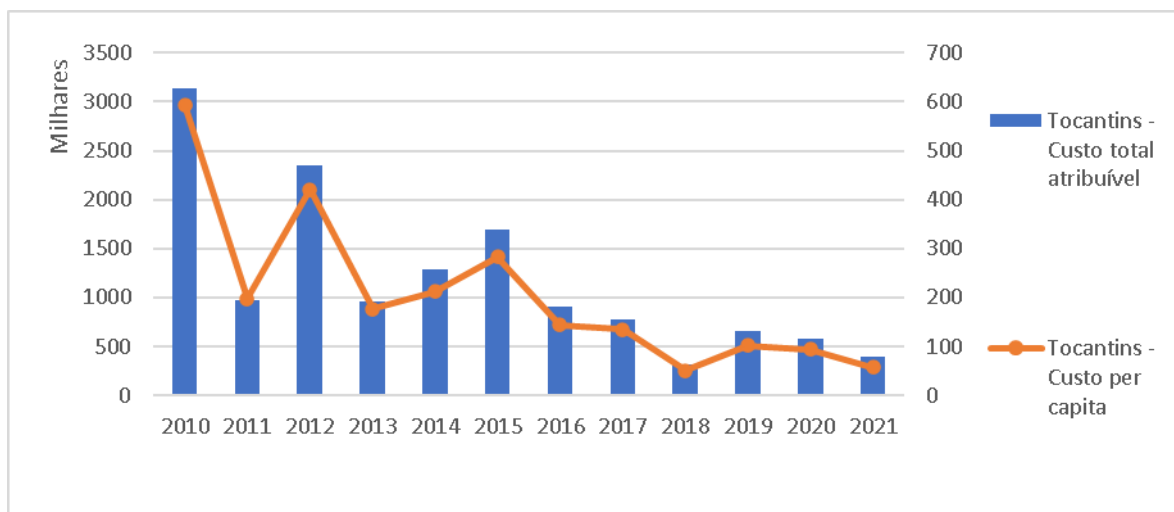


Fonte: Elaboração própria

Em Tocantins, o maior custo total da série foi verificado no ano de 2010, a seguir, observou uma queda de, aproximadamente, 68% no ano de 2011. O ano de 2012 apresentou nova elevação, chegando a cerca de 75% do valor no ano inicial da série. Nos demais anos, o custo total apresentou flutuações, no entanto, apresentando tendência de queda até o fim da série.

A capital de Palmas e o município de Araguaína apresentaram o primeiro e segundo maior custo em toda a série, de forma que o município de Palmas apresentou os maiores valores dos anos 2010 a 2016 e de 2019 a 2020 e Araguaína verificou valores superiores nos demais anos.

Gráfico 14 - Série de custos atribuíveis de Tocantins referentes às internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} – 2010 a 2021



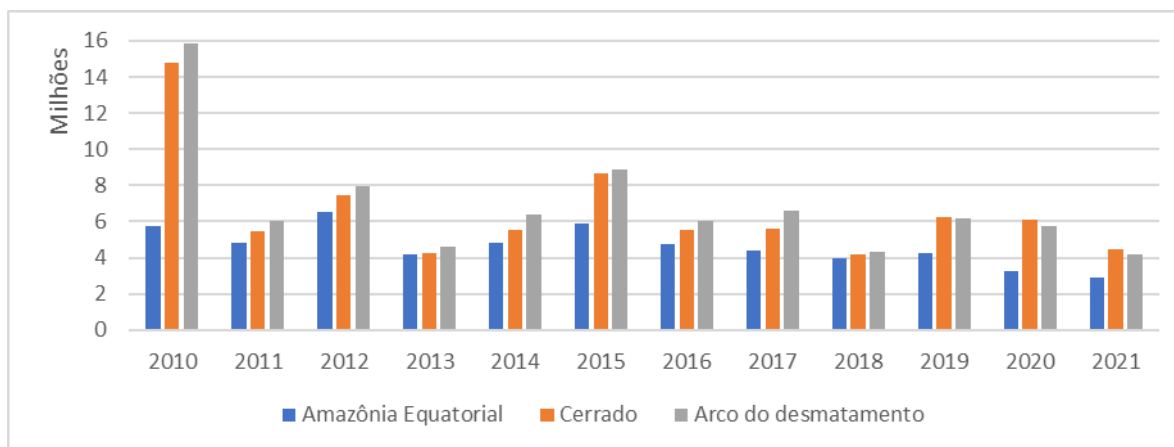
Fonte: Elaboração própria

5.2.2. Custos por grupos de municípios

De modo a ampliar a visibilidade sobre os custos por regiões, foram definidos grupos de municípios pertencentes a três territórios: Arco do Desmatamento, Cerrado e Amazônia Equatorial (**Figura 3**).

Com relação a soma dos custos por grupos de municípios (**Gráfico 15**), é possível perceber que a região do Arco do Desmatamento concentra os custos de internação atribuíveis à exposição a material particulado fino (PM_{2,5}). No entanto, em 2018, a soma dos custos da região do Cerrado é igualada, passando a superar os custos da região do Arco do Desmatamento nos anos posteriores.

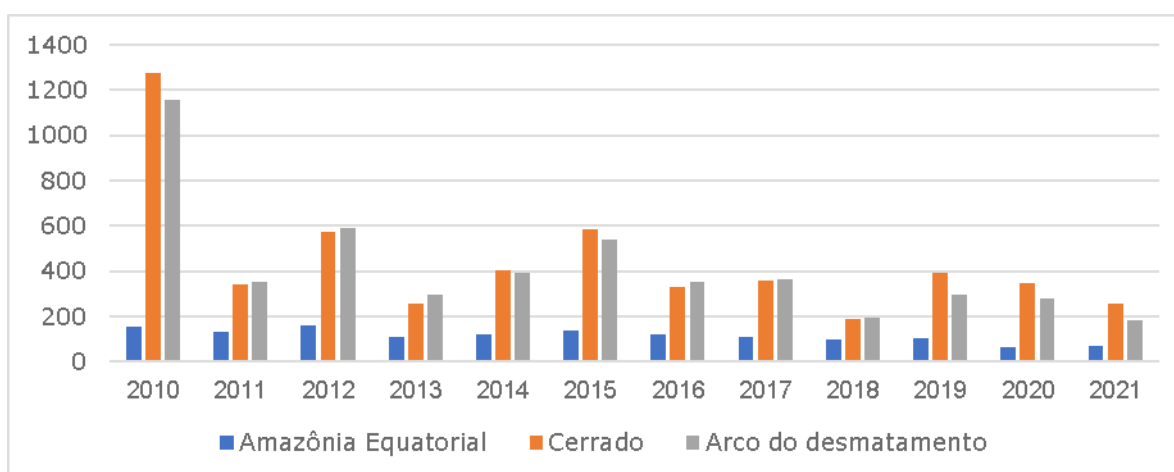
Gráfico 15 - Custos totais de internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} por grupos de municípios a preços constantes para o período de 2010 a 2021



Fonte: Elaboração própria

A respeito dos custos per capita (**Gráfico 16**), é relevante apontar o comportamento semelhante dos custos totais, de forma que o Arco do Desmatamento e a região do Cerrado apresentam custos equivalentes. Entretanto, é relevante expor que, ao longo de toda a série histórica, os 10 maiores custos são divididos entre as regiões do Cerrado e Arco do Desmatamento, de forma que 9 dos 10 gastos per capita em 2010 são relativos à região do Arco.

Gráfico 16 - Custos per capita de internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} por grupos de municípios a preços constantes – 2010 a 2021



Fonte: Elaboração própria

Ainda, é possível perceber que a soma dos custos per capita por grupos de municípios no ano de 2010 concentra os maiores valores da série relativos às regiões do Arco do Desmatamento e Cerrado, verificando significativa redução ao longo dos anos seguintes.

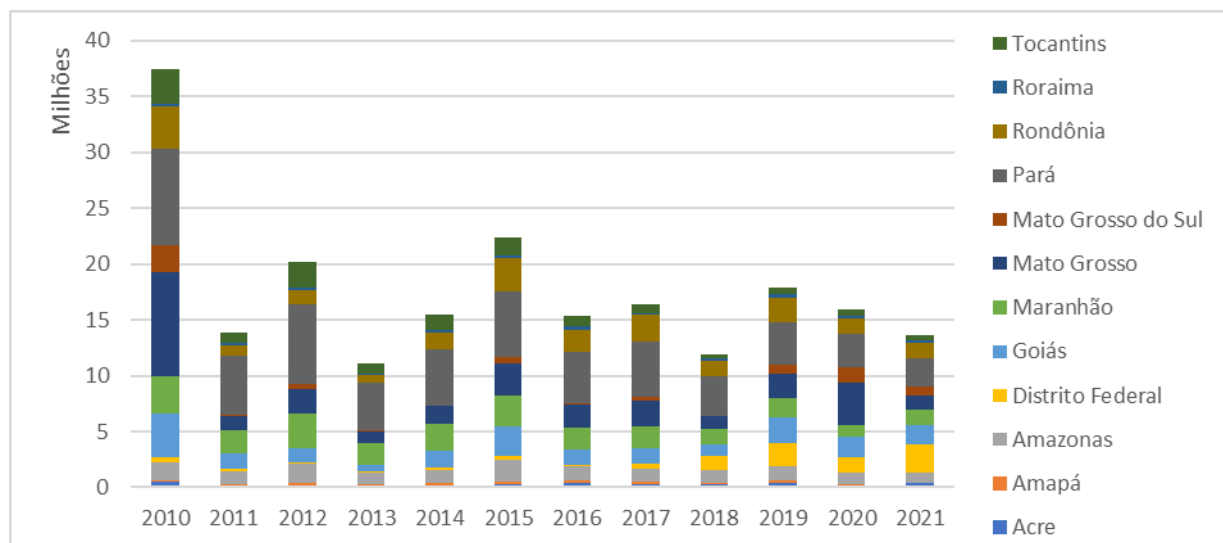
5.3. Análise dos custos ao SUS

A respeito dos custos de internação por sintomas cardiorrespiratórios atribuíveis à exposição ao $PM_{2,5}$ (**Gráfico 17**), é relevante apontar que o ano de 2010 concentrou valores significativamente acima dos demais anos, principalmente em função dos altos custos nos estados de Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Adicionalmente, é importante destacar como, ao longo de toda a série analisada, o estado do Pará figura entre os estados com maiores custos atribuíveis à exposição ao $PM_{2,5}$.

Posteriormente, são percebidas flutuações nos custos de internação atribuíveis até o ano de 2015, que é sucedido por um movimento de queda dos custos atribuíveis à exposição de $PM_{2,5}$ na região. No entanto, no ano de 2019, é verificada nova elevação, fortemente relacionado ao aumento dos incêndios florestais no mesmo ano.

Embora os anos de 2020 e 2021 apresentem queda no custo atribuível total dos estados analisados, é possível observar um aumento no custo atribuível no estado do Mato Grosso, em 2020, assim como sucessivos aumentos nos anos de 2018, 2019 e 2021 para o Distrito Federal.

Gráfico 17 - Custos atribuíveis a internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} a preços constantes de 2010 a 2021

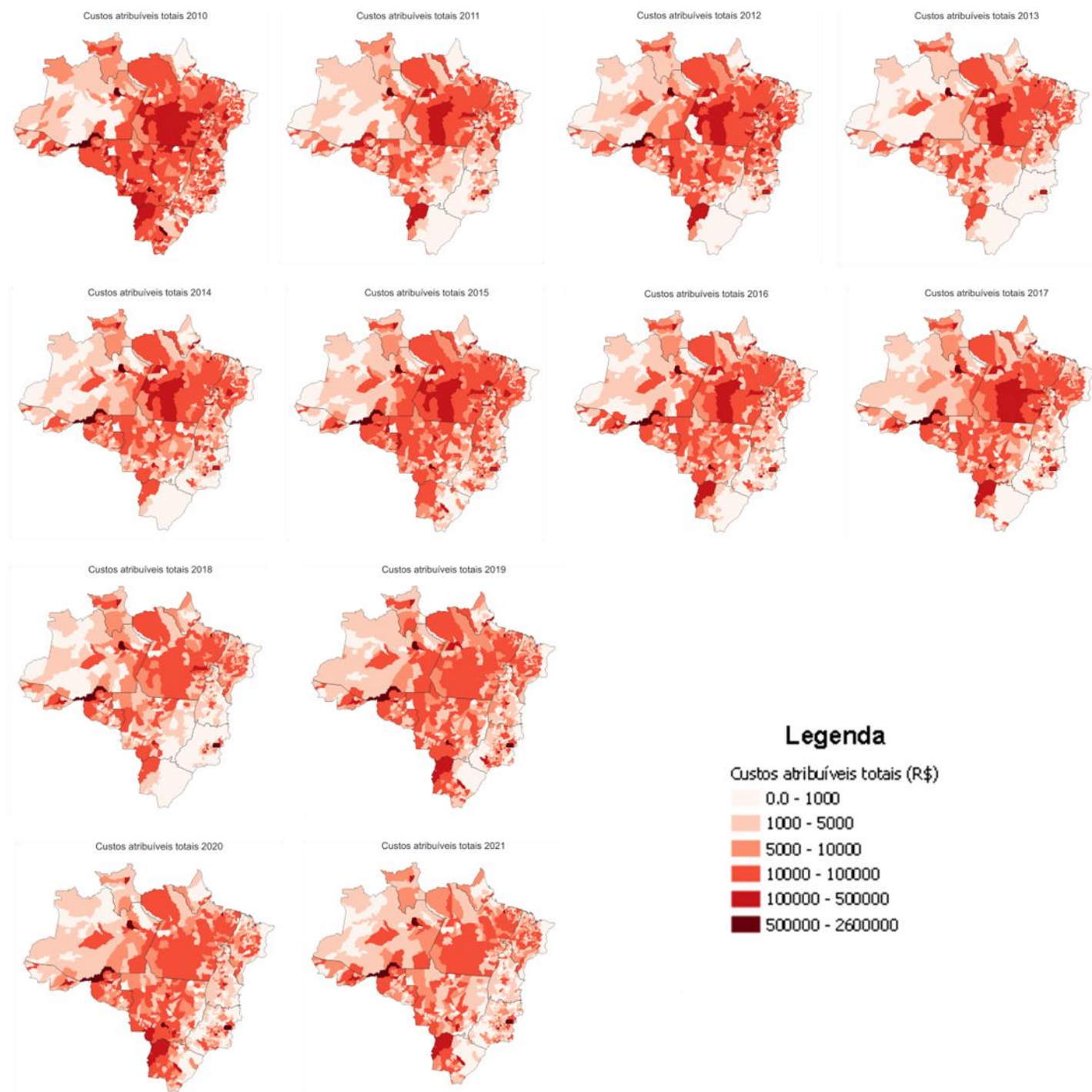


Fonte: Elaboração própria

É possível observar uma alta conexão entre a região do Arco do Desmatamento e os custos totais, com alta concentração de municípios entre os maiores custos totais atribuíveis à exposição ao PM_{2,5} (**Figura 4**). O estado do Pará apresenta o maior custo total no período, devido ao maior número de internações atribuíveis, responsável por cerca de 27% dos desembolsos em internações por desfechos cardiorrespiratórios ocasionados pela exposição ao PM_{2,5} de 2010 a 2021.

É relevante destacar o município de Porto Velho (RO), localizado na região do Arco do Desmatamento, apresentando um dos 10 maiores custos totais durante toda a série histórica e maior custo comparativo com os demais municípios no ano de 2017. Os custos por unidades da federação podem ser encontrados no **Anexo I – Valor atribuível a internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} a preços constantes de 2021 por estado**.

Figura 5 - Custo total de internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) na Amazônia Legal e Cerrado setentrional ocasionadas por PM_{2,5} 2010-2021 a preços constantes

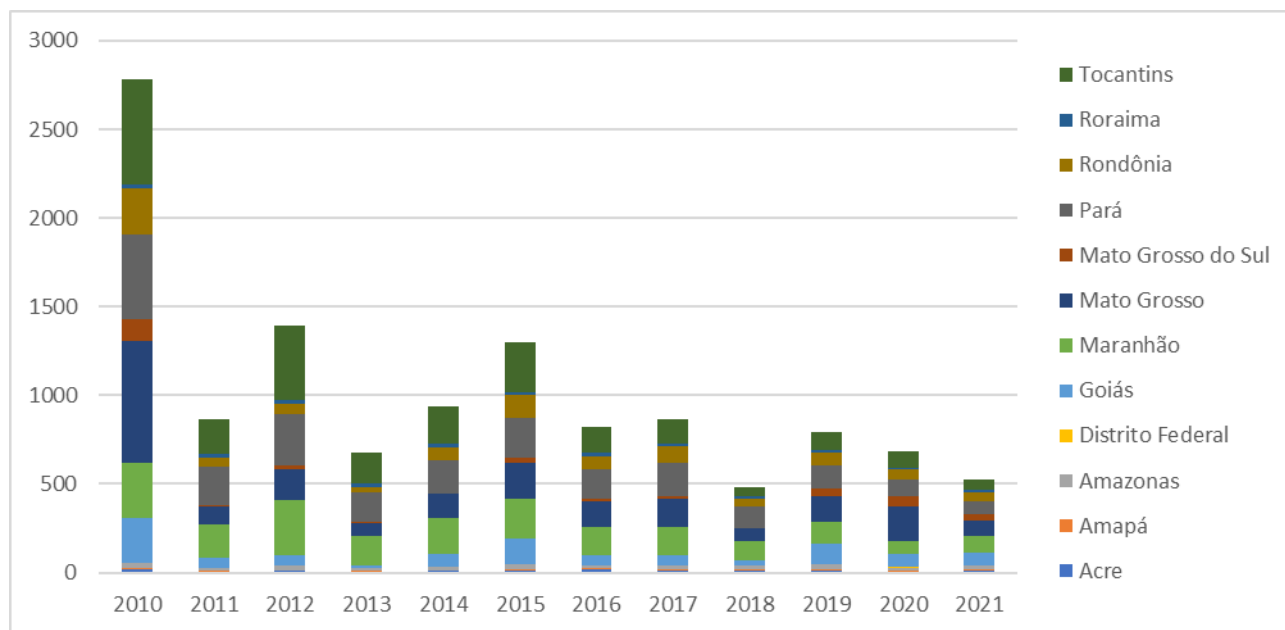


Fonte: Elaboração própria

Com relação aos valores atribuíveis per capita por estado, é possível observar um movimento semelhante aos valores atribuíveis totais, no entanto, é relevante destacar que

os maiores valores per capita foram verificados no estado de Tocantins seguido do estado de Mato Grosso.

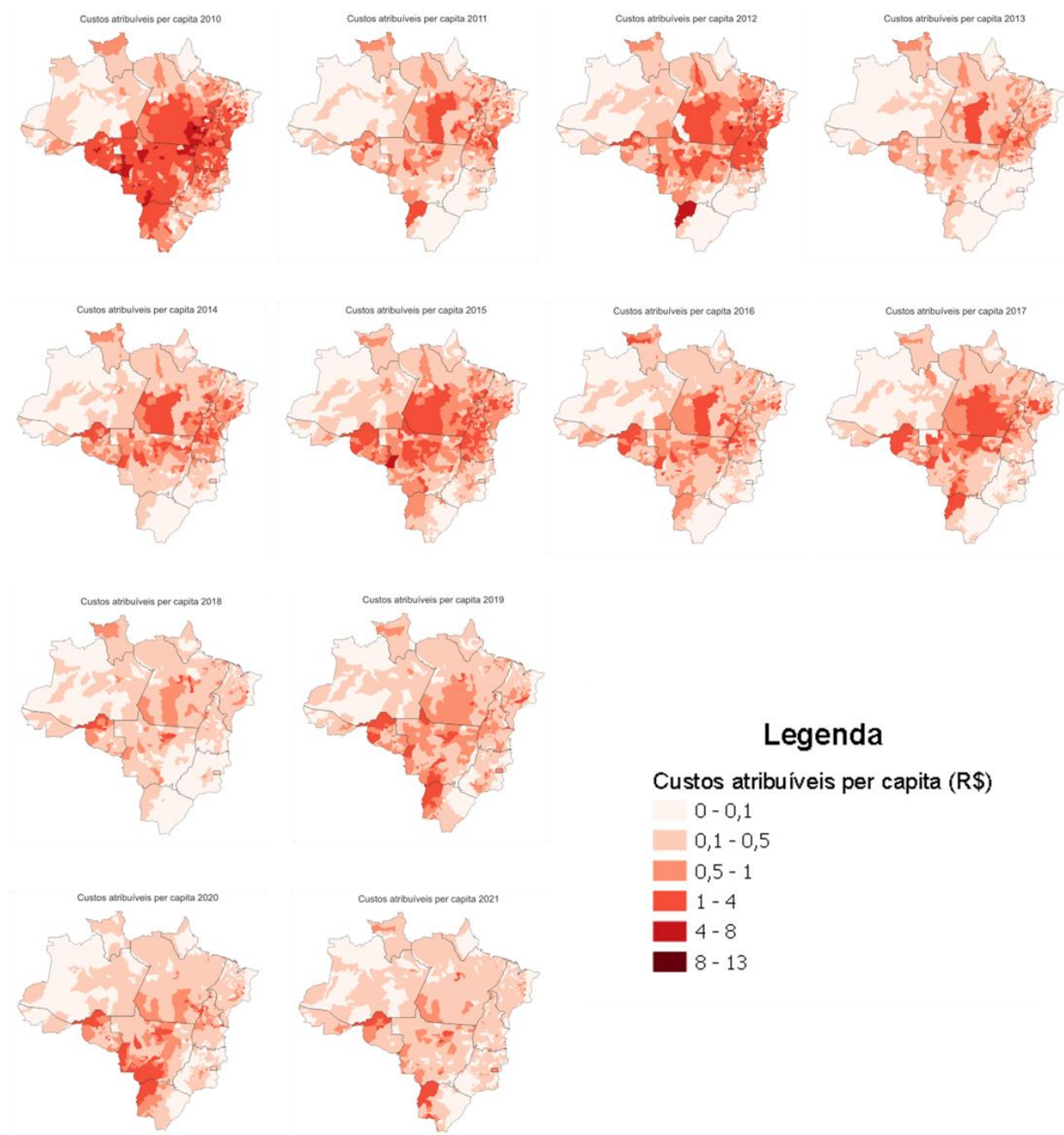
Gráfico 18 - Valor atribuível per capita referente a internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição a $PM_{2,5}$ para população acima de 30 anos a preços constantes de 2021 para o período de 2010 e 2021



Fonte: Elaboração própria

A **Figura 6** expõe os custos per capita desagregados por município, sendo possível observar uma forte interação entre os custos e a região do Arco do Desmatamento, com os maiores valores totais da série observados nos municípios de Bannach (PA), principalmente devido ao alto custo no ano de 2010, e Marcelândia (MT). Os valores por unidades da federação podem ser verificados no **Anexo II – Valor atribuível per capita referente a internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao $PM_{2,5}$ para população acima de 30 anos a preços constantes de 2021 por estado.**

Figura 6 - Custo per capita de internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição a PM_{2,5} na Amazônia Legal e Cerrado setentrional de 2010 a 2021 a preços constantes



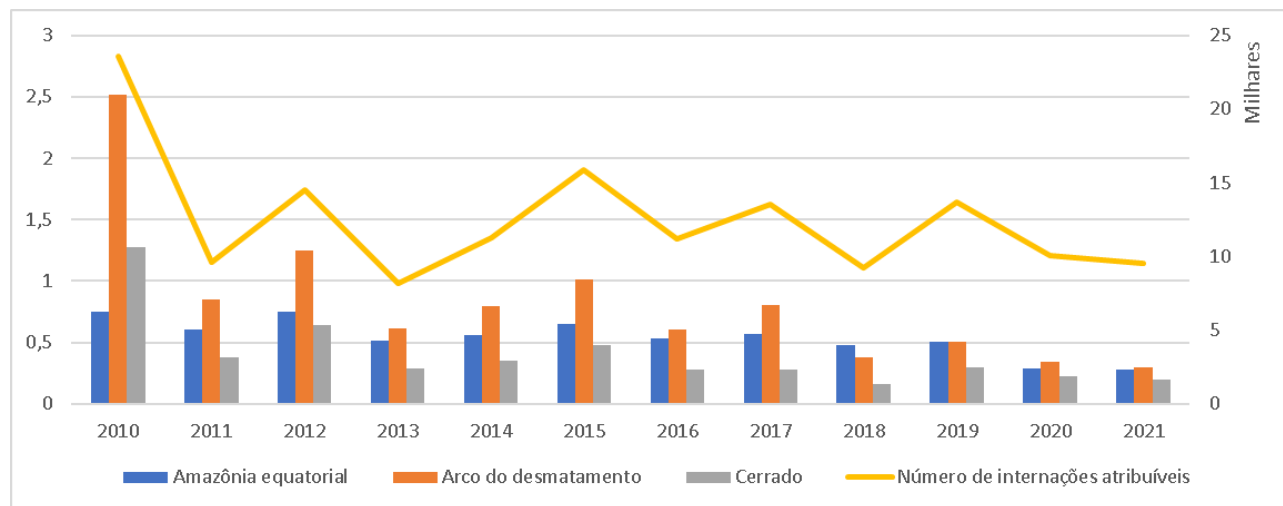
Fonte: Elaboração própria

Complementarmente, é relevante observar a relação entre o número de internações atribuíveis médio estimado para cada grupo de municípios e o número médio de estabelecimentos de todos os tipos vinculados ao SUS (**Gráfico 19**). Tal indicador pode ser utilizado como uma proxy do nível de impacto das internações cardiorrespiratórias decorrentes da exposição ao material fino (PM_{2,5}) às redes de atenção.

É possível perceber uma maior relação entre o número de internações atribuíveis e o número de estabelecimentos disponíveis na região do Arco do Desmatamento ao longo de toda a série, indicando uma maior carga de atendimentos na região. A respeito da taxa referente à Amazônia equatorial, vale ressaltar a baixa oferta de estabelecimentos relacionados à rede de atenção do SUS.

De modo geral, é percebida uma redução da taxa em todos os grupos de municípios ao longo do tempo, relativo ao aumento de estabelecimentos no período. No entanto, é importante mencionar que o levantamento de estabelecimentos vinculados ao SUS inclui unidades de todos os tipos, somando locais de pronto atendimento e internação assim como demais tipos de estabelecimentos que não oferecem esse tipo de serviço, como farmácias. Sendo assim, é possível inferir que existe uma maior participação do número de internações por causas cardiorrespiratórias atribuíveis à exposição ao PM_{2,5}.

Gráfico 19 - Número médio anual de internações por doenças cardiorrespiratórias atribuíveis à exposição ao PM_{2,5} dividido pelo número médio anual de estabelecimentos de todos os tipos vinculados ao SUS por grupos de municípios (esquerda) e número de internações atribuíveis totais (direita) de 2010 a 2021



Fonte: Elaboração própria

Com relação aos resultados obtidos, é possível observar altas taxas de internação por doenças cardiorrespiratórias no ano inicial da série, 2010. No mesmo ano, foi observado o maior número de focos de incêndio na Amazônia Legal, assim como os maiores níveis de poluição por PM_{2,5} na região, alcançando o pico da série histórica analisada.

No ano de 2012, conforme **Gráfico 1**, foi verificada uma nova elevação do número de focos de queimada na região da Amazônia Legal, assim como do número de internações

atribuíveis à exposição ao PM_{2,5} na região, com uma elevação de cerca de 45% nos custos de internação totais (**Gráficos 3 e 4**).

No ano de 2013, os indicadores de focos de queimada e poluição verificaram queda, refletidos na redução do número de internações atribuíveis e custos associados. O maior custo total de internações atribuíveis à exposição ao PM_{2,5} foi observado no estado do Pará (R\$ 4,3 milhões).

No ano de 2014, é percebida uma baixa elevação em todos os indicadores, com os maiores custos totais verificados ainda no Pará (R\$ 5 milhões), responsável pelo maior número de focos de queimada no ano, segundo dados do INPE. Estudos realizados pelo Imazon (2014) expuseram que o estado também verificou a maior quantidade de quilômetros quadrados de desmatamento.

No ano de 2015, é percebida nova elevação nos indicadores de focos de queimada e poluição do ar, que pode ser relacionada com uma nova incidência de secas extremas em algumas regiões da Amazônia (LATORRE *et al.*, 2017). No mesmo ano, o governo brasileiro assinou o Acordo de Paris⁴, assumindo metas para reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE), incluindo emissões provenientes no setor florestal e de mudanças no uso da terra. Os maiores custos totais de internação em 2015 foram novamente verificados no estado do Pará (R\$ 5,9 milhões), seguido pelo estado de Rondônia (R\$ 2,9 milhões).

Em 2016, segundo levantamento do Ministério do Meio Ambiente, o desmatamento na Amazônia Legal alcançou uma redução de 59,3%, também sendo observada queda significativa na quantidade de focos de queimada e poluição do ar por PM_{2,5}. Tais indicadores explicam o declínio do percentual de internações por causas cardiorrespiratórias atribuíveis à exposição a material particulado fino (PM_{2,5}).

Como resultado, foi verificada queda no número de internações atribuíveis nos estados da Amazônia legal e Cerrado setentrional, com exceção do estado de Roraima. Os custos de internação relacionados à exposição ao PM_{2,5} proveniente da queima de biomassa foram superiores no estado do Pará (R\$ 4,6 milhões) e Mato Grosso (R\$ 2 milhões).

A respeito do número de internações por desfechos cardiorrespiratórios atribuíveis à exposição ao material fino (PM_{2,5}), foi observada uma queda de aproximadamente 32%, em comparação a 2017. Tal resultado impacta na redução dos custos atribuíveis totais, também

⁴ O Acordo de Paris é um tratado de cooperação internacional sobre mudanças climáticas, aprovado em 2015 pelos 195 países Parte da UNFCCC. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>

inferior ao ano anterior. É relevante apontar que o Pará segue com o maior custo (R\$ 3,6 milhões), seguido pelo estado do Maranhão (R\$ 1,7 milhões).

Com relação ao custo de internação no ano de 2020, foi verificada uma queda de cerca de 11% comparativamente a 2019, de forma que o estado de Mato Grosso voltou a apresentar os maiores custos associados a internações (R\$ 3,7 milhões), seguido do estado do Pará (R\$ 2,9 milhões).

Em 2021, foi observada uma queda estimada em 14% nos custos atribuíveis totais, sendo o Distrito Federal (R\$ 2,5 milhões) responsável pela maior soma, pela primeira vez na série histórica, seguido pelo estado do Pará (R\$ 2,5 milhões) e Goiás (R\$ 1,7 milhões).

6. Discussão

A partir dos resultados apresentados no capítulo anterior, é possível observar um elevado número de internações por causas cardiorrespiratórias decorrentes da exposição ao PM_{2,5} oriundo principalmente da queima de biomassa, assim como frações atribuíveis relevantes em todos os estados da Amazônia legal e Cerrado setentrional ao longo de todo o período analisado. Adicionalmente, pode-se verificar que, em períodos e regiões com maior ocorrência de queimadas, as internações atribuíveis à exposição ao PM_{2,5} também são mais relevantes.

Latorre (2017) aborda a presença de uma anomalia intensa no padrão de chuvas em 2010 que, pela influência do *El Niño*, em conjunto com o aumento da temperatura superficial do oceano Atlântico Norte ocasionou o aumento da temperatura na região da Amazônia. Tal fenômeno é apontado como um possível intensificador do impacto das queimadas e incêndios florestais na região.

Em 2010, o custo de internações atribuíveis foi de aproximadamente 37,5 milhões de reais, com os maiores valores observados no estado de Mato Grosso (R\$ 9,3 milhões) seguido do estado do Pará (R\$ 8,6 milhões). No ano de 2011, foi observada significativa redução do número de focos de calor, poluição do ar por PM_{2,5} e internações por causas cardiorrespiratórias. Sendo assim, é percebida uma queda significativa dos custos ao SUS atribuíveis à exposição a poluição, com os maiores custos verificados no estado do Pará (R\$ 5,2 milhões), representando o impacto financeiro ao Sistema Único de Saúde da queima de biomassa na Amazônia legal de Cerrado setentrional.

É relevante apontar que, nos anos 2010 e 2011, os impactos foram limitados nos estados do Amazonas e Roraima. No entanto, a partir do ano de 2012, há uma expansão dos efeitos

da exposição à queima de biomassa para o estado do Amazonas. Ao longo dos anos subsequentes, é percebido um alastramento para outros municípios do Amazonas, também passando a atingir o estado de Roraima a partir do ano de 2015.

Segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em 2017, o Brasil apresentou um número recorde de queimadas desde o início da série histórica do INPE, em 1999. Foi verificado que o bioma Amazônico apresentou maior participação no total de hectares destruídos. A pesquisa revela, ainda, que o bioma Cerrado foi responsável pela segunda maior extensão destruída, sendo também o bioma com maior incidência de focos em unidades de conservação federais, explicando o maior número de internações atribuíveis no ano.

Em 2018, é verificado um incremento de aproximadamente 8% na área desmatada na região da Amazônia legal, comparativamente ao ano anterior. Paralelamente, é verificada uma redução de cerca de 39% no número de focos de calor. No ano de 2019, foi observada uma forte elevação na área desmatada na região da Amazônia legal, com elevação de aproximadamente 34% em relação ao ano anterior. O número de queimadas na região também verificou aumento, com um incremento de aproximadamente 39% no número de focos, comparativamente ao ano anterior.

É relevante destacar que no dia 10 de agosto de 2019 uma série coordenada de incêndios florestais foi iniciada na região Novo Progresso (PA), provocando um aumento estimado em 300% dos focos de queimada em um único dia. A ação ficou conhecida como “dia do fogo”, gerando impactos na qualidade do ar em diversos estados brasileiros, como São Paulo, localizado a cerca de dois mil quilômetros de distância (ISA, 2021).

A ação criminosa foi objeto de inúmeras reportagens, sendo apontado em matéria publicada pelo jornal *Le Monde diplomatique* Brasil que

“capitalistas do campo aproveitam a seca para incendiar os territórios quando o fogo se alastra mais facilmente. Assim, responsabilizam os próprios sujeitos das comunidades, ocultando as ações criminosas do agronegócio. O próprio Bolsonaro repetiu em discursos em 2020 – ano em que ocorreram as queimadas criminosas no Pantanal – que os culpados seriam indígenas, quilombolas e aliados, desresponsabilizando o agronegócio” (*Le Monde Diplomatique* Brasil, 2023).

O elevado número de focos de calor na região da Amazônia legal em 2019 pode ser associado ao maior número de internações atribuíveis ao mesmo nível do ano 2017, apresentando um aumento de aproximadamente 48% comparativamente ao ano anterior. No ano, os custos atribuíveis totais sofreram uma elevação de cerca de 50% em relação a

2018. O estado do Pará observou o maior custo atribuível (R\$ 3,7 milhões), assim como nos anos anteriores, seguido pelo estado de Rondônia (R\$ 2,17 milhões) e Mato Grosso (R\$ 2,15 milhões).

Conforme observado anteriormente, a área desmatada na Amazônia legal apresentou uma tendência de elevação a partir do ano de 2019, verificando um aumento de 7,1% das áreas desmatadas e 20% na quantidade de focos de incêndio no ano. No ano de 2020, o número de internações atribuíveis à exposição a poluição do ar proveniente da queima de biomassa na região da Amazônia legal e Cerrado setentrional apresentou redução de aproximadamente 26% em relação ao ano anterior.

Contudo, no mesmo ano de 2020, foram observados incêndios florestais de grande escala ao longo do bioma Pantanal, que podem ser considerados uma das possíveis causas para a elevação dos custos de internação no estado do Mato Grosso. Foram identificados mais de 3.500 focos de incêndio, representando um incremento de mais de 300% em relação ao período de 2012 a 2019 e sendo responsável pela devastação de cerca de um terço do território do bioma (GONZAGA, 2020; PLETSCHE, 2021).

Em 2020, a OMS definiu o surto do novo coronavírus como Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII), declarada em março de 2020 como pandemia. Em decorrência da COVID-19, foram detectados casos de síndrome respiratória aguda grave, sendo diagnosticados cerca de 7,6 milhões de casos em 2020 (OPAS, 2023; Ministério da Saúde, 2023).

Em estudo realizado em 2023, foi identificada relação entre a poluição do ar por material particulado e a incidência, mortalidade e gravidade da COVID-19 em cinco estados da Amazônia brasileira. O estudo abordou a possibilidade de o material particulado em suspensão produzido pelos incêndios florestais agravar o risco de infecção, morte e gravidade da COVID-19 em quase duas vezes entre indivíduos expostos a altas concentrações de PM_{2,5} (GONÇALVES et al, 2023).

É relevante apontar que o presente estudo utilizou dados hospitalares de internação disponibilizados pelo Sistema Único de Saúde, podendo observar distorções ocasionadas pela dificuldade de diagnóstico de doenças respiratórias ocasionadas pela COVID-19 a partir do ano de 2020 (OLIVEIRA et al, 2021).

Em 2021, foi observada uma expressiva ampliação da área desmatada na região da Amazônia legal, com uma perda da vegetação em território aproximadamente 20%

superior, comparativamente ao ano anterior. Já o número de focos de queimada verificou queda de cerca de 32% em relação ao ano de 2020.

Pode-se concluir que a queima de biomassa na região da Amazônia Legal apresenta um relevante impacto social e econômico aos municípios analisados, de forma que os resultados apresentados são coerentes com os estudos referenciados neste trabalho. Sendo assim, é preciso salientar que é apresentada uma questão de saúde pública de grande importância.

A contenção do desmatamento ilegal depende diretamente da capacidade de fiscalização e controle de entes públicos, tendo como principal agente o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Nesse sentido, para que a instituição desempenhe a fiscalização ambiental, é preciso que haja o direcionamento de recursos financeiros para diversos fins, sendo relevante apontar que nos últimos anos o orçamento desse órgão ambiental vem sendo comprimido pelo contingenciamento do governo Temer derivado da recessão econômica e, posteriormente, por cortes abruptos de verbas para ações de prevenção e combate à incêndios pelo governo Bolsonaro (El País, 2017; O Eco, 2022).

Historicamente, a região do Arco do Desmatamento apresenta altas taxas de desmatamento, demandando ações específicas de fiscalização e controle pelo governo brasileiro. Nos últimos anos, foi observada uma expansão do raio de devastação para novos municípios, levando à reavaliação do território em 2019 (INPE, 2019; ISA, 2019). Para o presente trabalho, foram identificados 293 municípios, considerados focos da ação expandida do desmatamento da região da Amazônia legal e Cerrado setentrional.

A progressiva devastação sobre esses territórios apresenta uma forte interação com os índices de saúde pública e bem-estar. Nesse sentido, os resultados do trabalho demonstram que a exposição ao material particulado proveniente da queima de biomassa na região da Amazônia Legal e seu entorno geram impactos expressivos no número de internações por doenças cardiorrespiratórias na região.

Para a análise dos impactos da poluição do ar por queima de biomassa à saúde, foram analisados os números de internação por causas cardiorrespiratórias na região da população residente da Amazônia legal e Cerrado setentrional. Dessa forma, foram utilizados dados secundários disponibilizados pelo Sistema Único de Saúde (DATASUS).

É relevante apontar que muitos municípios brasileiros não contam com aparelhos do Sistema Único de Saúde preparados para internação e tratamento de doenças

cardiorrespiratórias, levando à migração dos indivíduos para municípios com maior infraestrutura de saúde pública. Por essa razão, toda a análise foi conduzida com base em município de residência e não de ocorrência das internações.

As morbidades por desfechos cardiorrespiratórios aumentam a demanda de atendimentos nas redes de atenção do SUS, com maior impacto em municípios com menor oferta de estabelecimentos, podendo, ainda, afetar o tratamento de outras doenças e sobrecarga do serviço como um todo.

Vale abordar que a queima de biomassa florestal pode gerar efeitos desiguais às comunidades afetadas, apresentando um fator de atenção à disponibilidade de recursos à saúde. Assim, é importante destacar que os cortes orçamentários reduzem a disponibilidade e qualidade dos serviços públicos, ampliando ainda mais os impactos àqueles que dependem da rede (ALVARENGA; COSTA; YOUNG, 2022).

Como limitação do presente estudo apontamos a incapacidade de distinção dos poluentes no material particulado fino menor que 2,5 micrômetros. É de amplo conhecimento que a maior fonte de aerossóis para a atmosfera na América do Sul são as emissões por queimadas de florestas e cerrados, especialmente no período de estação seca entre os meses de agosto e outubro (ANDRADE FILHO, 2011). No entanto, a análise não pode desconsiderar os impactos dos demais poluentes à saúde humana, especialmente em locais com maior nível de urbanização. Assim, compreende-se que o maior conhecimento sobre a distribuição dos poluentes permite uma compreensão mais refinada dos impactos da queima de biomassa na região.

O presente trabalho busca compreender as externalidades negativas da queima de biomassa na região da Amazônia legal e Cerrado setentrional a partir da análise dos impactos financeiros das internações ao SUS. É importante abordar que o estudo subdimensiona os impactos totais das queimadas e incêndios na região, como os efeitos a partir da produção sacrificada.

É relevante mencionar outra limitação relacionada à utilização de dados secundários do Sistema Único de Saúde (DATASUS) para a análise das internações por causas cardiorrespiratórias pode refletir subnotificações, dado que a utilização de dados secundários depende da qualidade de descrição dos dados em cada um dos aparelhos do SUS.

Com isso, é relevante perceber que as limitações na diferenciação de causas específicas podem ocorrer especialmente a partir do ano de 2020, devido à pandemia de COVID-19.

No entanto, é necessário destacar que os dados utilizados permitem um alto nível de abrangência territorial a partir de uma base unificada, seguindo os mesmos parâmetros para Autorização de Internação Hospitalar (AIH).

Por fim, vale mencionar que a metodologia de Ostro foi desenvolvida com o objetivo de calcular o número de mortes atribuíveis à exposição a material particulado do ar com partículas menores de 10 micrômetros ou 2,5 micrômetros, sendo adaptada aos objetivos do trabalho. No entanto, a complexidade das interações entre variáveis ambientais, de saúde e sociais sugere a necessidade da continuidade de estudos específicos sobre o tema a partir de estudos epidemiológicos específicos e análises da dinâmica socioambiental da região.

O estudo torna público o produto das discussões entre a academia brasileira e a Organização Pan-Americana de Saúde, auxiliando na construção de uma linguagem integrada e utilizando metodologia reconhecida. Dessa forma, o trabalho amplia a literatura de valoração ambiental de integração entre saúde e meio ambiente, trazendo novas discussões a respeito do tema.

Assim, a análise apresentada neste trabalho possibilita o maior conhecimento sobre os custos da queima de biomassa na região da Amazônia Legal e Cerrado setentrional, propondo uma visão focada nos custos à saúde pública decorrentes das internações por doenças cardiorrespiratórias nos empreendimentos do Sistema Único de Saúde da região.

7. Considerações Finais

O principal achado deste estudo reside na identificação do impacto substancial da exposição ao PM_{2,5} decorrente da queima de biomassa na região da Amazônia Legal e Cerrado setentrional sobre as taxas de internação por doenças cardiorrespiratórias, representando um custo médio anual de aproximadamente 2,5 bilhões de reais ao Sistema Único de Saúde.

De forma complementar, observou-se uma relação direta entre o aumento das áreas desmatadas e a incidência de focos de calor, contribuindo para uma significativa elevação nos custos associados a internações nos anos de maior intensidade desses eventos, como em 2010 e 2019.

Ao longo do trabalho foi observada a expansão dos impactos da exposição ao material particulado fino com partículas menores que 2,5 micrômetros proveniente da queima de

biomassa para os estados de Amazonas e Roraima, ampliando as frações atribuíveis na região a partir do ano de 2012.

É importante destacar que o Estado do Pará apresenta os maiores números de internações por desfechos cardiorrespiratórios ao longo de toda a série histórica, apresentando os maiores custos totais de internações atribuíveis em nove dos doze anos analisados.

Assim, a análise de custos de internação proposta pelo presente trabalho pode permitir o dimensionamento dos efeitos da degradação ambiental de modo a orientar a tomada de decisão de gestores públicos em direção ao desenvolvimento sustentável, sendo relevante que novos trabalhos sejam originados de modo a ampliar cada vez mais a compreensão sobre os impactos da queima de biomassa aos indivíduos e à economia como um todo.

8. Referências

ANDRADE FILHO, Valdir Soares de. Estudo da associação entre material particulado emitido em queimadas e doenças respiratórias no município de Manaus, AM. Manaus:[sn], 2011. xiii, 86 f. 2011. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado em Clima e Ambiente) Programa de Pós-graduação de Clima e Ambiente (CLIAMB), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

ALBUQUERQUE, Guilherme Souza Cavalcanti de; SILVA, Marcelo José de Souza. **Sobre a saúde, os determinantes da saúde e a determinação social da saúde**. Saúde em Debate, v. 38, p. 953-965, 2014.

ALVARENGA JUNIOR, Marcio; COSTA, Lucas de Almeida Nogueira da; YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. Um green new deal para o Brasil. GV Executivo, 2022.

ANDRADE, Mônica Viegas *et al.* **Desigualdade socioeconômica no acesso aos serviços de saúde no Brasil: um estudo comparativo entre as regiões brasileiras em 1998 e 2008**. Economia Aplicada, v. 17, p. 623-645, 2013.

Banco Central do Brasil. (Julho de 2023). **Deflator do PIB e IGP-DI médio**. Fonte: <https://www.bcb.gov.br/htms/relinf/port/2001/03/ri200103b2p.pdf#:~:text=O%20deflator%20implícito%20do%20PIB,pelo%20tratamento%20dado%20às%20importação>

BARCELLOS, Christovam *et al.* Queimadas na Amazônia e seus impactos na saúde: A incidência de doenças respiratórias no sul da Amazônia aumentou significativamente nos últimos meses. 3º Informe técnico do Observatório de Clima e Saúde. Observatório de Clima e Saúde Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde (ICICT), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Observatório de Clima e Saúde, 2019.

BURNETT, R. T. *et al.* An Integrated Risk Function for Estimating the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Fine Particulate Matter Exposure. **Environmental Health Perspectives**, v. 122, n. 9, September 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1307049>>.

CARMO, C. N. D. *et al.* Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. **Panam Salud Publica**, v. 27, n. 1, 2010. Disponível em: <<https://scielosp.org/pdf/rpsp/v27n1/02.pdf>>.

CERETTI, Elisabetta et al. Results from the European Union MAPEC_LIFE cohort study on air pollution and chromosomal damage in children: are public health policies sufficiently protective?. *Environmental Sciences Europe*, v. 32, p. 1-11, 2020.

CONAMA. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição. Resolução n. 5, 15 junho 1989. DOU, de 25 de agosto de 1989, Seção 1, páginas 14713-14714.

COLLINS, Patricia Hill; BILGE, Sirma. **Intersectionality**. John Wiley & Sons, 2020.

DA MOTTA, Ronaldo Seroa. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1998.

DE ALMEIDA PINA, Carla Simone Giroto, et al. RECORTES TEÓRICOS SOBRE O PROGRAMA VIGIAR NO BRASIL E SUA INCLUSÃO NO CAMPO DA VIGILÂNCIA EM SAÚDE EM UM SÉCULO DE HISTÓRIA. *Revista Contemporânea*, 2024, 4.3: e2783-e2783.

DIAZ, Maria del Carmen Vera et al. O preço oculto do fogo na Amazônia: Os custos econômicos associados as queimadas e incêndios florestais. Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2002.

DUARTE, Alejandro Fonseca; MASCARENHAS, M. D. M. Manifestações do bioclima do Acre sobre a saúde humana no contexto socioeconômico da Amazônia. *Amazônia Ciência e Desenvolvimento*, v. 3, n. 5, p. 149-162, 2007.

El País. Encurralada, gestão Temer vê ameaça de colapso em mais serviços públicos. Disponível em <
https://brasil.elpais.com/brasil/2017/07/08/politica/1499468453_733256.html> Acesso em janeiro de 2024

Fundo Amazônia. Fortalecimento do Controle e do Monitoramento Ambiental para o Combate ao Desmatamento Ilegal na Amazônia. Disponível em: <https://www.fundoamazonia.gov.br/pt/projeto/Fortalecimento-do-Controle-e-do-Monitoramento-Ambiental-para-o-Combate-ao-Desmatamento-Ilegal-na-Amazonia/>
Acesso em dezembro de 2023

GONÇALVES, Karen dos Santos et al. The potential impact of PM2. 5 on the covid-19 crisis in the Brazilian Amazon region. *Revista de Saúde Pública*, v. 57, p. 67, 2023.

GONZAGA, Claudio Angelo Correa et al. Ações governamentais para a mitigação e prevenção de danos ambientais no Pantanal Mato-grossense após o grande incêndio de

2020. Research, Society and Development, v. 11, n. 7, p. e48111730413-e48111730413, 2022.

Greenstone, M., Hasenkopf, C., & Lee, K. (2022). *AIR QUALITY LIFE INDEX | JUNE 2022*.

Health Effects Institute (2020). *State of Global Air 2020*. Special Report.

HERCULANO, Selene. Riscos e desigualdade social: a temática da Justiça Ambiental e sua construção no Brasil. Encontro da ANPPAS, v. 1, p. 1-15, 2002.

IGNOTTI, E. *et al.* Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region. **Rev Saúde Pública**, Cáceres, v. 44(1), p. 121-30, 2010.

IGNOTTI, Eliane *et al.* Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial Amazon: a time series approach. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 26, p. 747-761, 2010.

IMAZON. Boletim do desmatamento da Amazônia legal. Outubro. 2014. Disponível em Fonte: <http://imazon.org.br/publicacoes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-outubro-de-2014-sad>

INPE. (2019) A estimativa da taxa de desmatamento por corte raso para a Amazônia Legal em 2019 é de 9.762 km². Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5294 Acesso em janeiro de 2024

INPE. Terra Brasilis - BD Queimadas. 2023. Fonte: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/#exportar-dados>.

ISA. (2019) Novo Arco do Desmatamento: fronteira de destruição avança em 2019 na Amazônia. Disponível em: <https://site-antigo.socioambiental.org/pt-br/noticias-socioambientais/novo-arco-do-desmatamento-fronteira-de-destruicao-avanca-em-2019-na-amazonia> Acesso em janeiro de 2024

ISA. (2021) O “Dia do Fogo” nunca acabou na Amazônia. Disponível em: <https://site-antigo.socioambiental.org/pt-br/noticias-socioambientais/o-dia-do-fogo-nunca-acabou-na-amazonia> Acesso em janeiro de 2024

LATORRE, Natalia Salazar *et al.* **Impactos de queimadas sobre diferentes tipos de cobertura da terra no leste da Amazônia legal brasileira**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 69, n. 1, p. 179-192, 2017.

Le Monde Diplomatique Brasil (2023). O fim do governo Bolsonaro e a ameaça do agronegócio. Disponível em: <https://diplomatique.org.br/o-fim-do-governo-bolsonaro-e-a-ameaca-do-agronegocio/> Acesso em janeiro de 2024

LIU, Jia C. et al. A systematic review of the physical health impacts from non-occupational exposure to wildfire smoke. *Environmental research*, v. 136, p. 120-132, 2015.

LIU, Cong et al. Ambient particulate air pollution and daily mortality in 652 cities. *New England Journal of Medicine*, v. 381, n. 8, p. 705-715, 2019.

LONGO, K. M. et al. Queima de biomassa na Amazônia: emissões, transporte de fumaça em longa distância e seus impactos regionais e remotos doi: 10.1029/2008GM000847. *Amazonia and global change, Geophysical monograph series*, v. 186, p. 207-232, 2009.

M, R. A. et al. Prevalência de asma em estudantes escolares e adolescentes de um município da Amazônia Brasileira. *Jornal Brasileiro de Pneumologia (Online)*, v. 35, p. 7-13, 2009.

Medici, A. C. (Julho de 2023). *Implicações do Uso de Distintos Tipos de Deflatores nos Gastos em Saúde no Brasil*. Fonte: Monitor de Saúde: <http://monitordesaude.blogspot.com/2021/07/implicacoes-do-uso-de-distintos-tipos.html>

Ministério do Meio Ambiente – Prevenção e Controle do Desmatamento. OS PLANOS DE PREVENÇÃO E CONTROLE DO DESMATAMENTO EM ÂMBITO FEDERAL. Fonte: <http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/> Acesso em novembro de 2023

Ministério da Saúde. Covid-19 no Brasil. Disponível em https://infoms.saude.gov.br/extensions/covid-19_html/covid-19_html.html Acesso em janeiro de 2024

N, C. C. et al. Mortality due to cardiorespiratory diseases in elderly people in Mato Grosso State, 1986 to 2006. **Revista de Saúde Pública (Online)**, v. 44, p. 1-7.

NAWAZ, M. O.; HENZE, D. K. Premature Deaths in Brazil Associated With Long-Term Exposure to PM_{2.5} From Amazon Fires Between 2016 and 2019. **GeoHealth**, 29 July 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1029/2020GH000268>>.

O Eco. Bolsonaro corta 35 milhões do orçamento do Ministério do Meio Ambiente para 2022. Disponível em: <https://oeco.org.br/noticias/bolsonaro-corta-35-milhoes-do-orcamento-do-ministerio-do-meio-ambiente-para-2022/> Acesso em janeiro de 2024

O Globo (2018). Brasil termina 2017 com número recorde de queimadas desde 1999. Disponível em <https://oglobo.globo.com/politica/brasil-termina-2017-com-numero-recorde-de-queimadas-desde-1999-22204556#ixzz54GIFDWeT> Acesso em janeiro de 2024

OLIVEIRA, Beatriz Fátima de et al. Nota Técnica 2021: impacto das queimadas e incêndios florestais na saúde da população da Amazônia Legal e Pantanal em 2020. 2023.

OLIVEIRA, Igor Neves de et al. Air pollution from forest burning as environmental risk for millions of inhabitants of the Brazilian Amazon: an exposure indicator for human health. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 39, p. e00131422, 2023.

Oliveira, M. L., Santos, L. M., & Silva, E. N. (2014). Bases metodológicas para estudos de custos da doença no Brasil. *SEÇÃO TEMÁTICA - ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS E CLÍNICOS NA PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO*.

OVIEDO, A., LIMA, W. P., & AUGUSTO, C. (2020). *O Arco do Desmatamento e suas flechas*. Acesso em 20 de 06 de 2022, disponível em https://site-antigo.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/nsa/arquivos/nova_geografia_do_arco_do_desmatamento_isa.pdf

OPAS. Histórico da pandemia de COVID-19. Disponível em <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19> Acesso em janeiro de 2024

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. Não polua o meu futuro! O impacto do ambiente na saúde das crianças. 2018. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/49123>. Acesso em outubro de 2023

OSTRO, B. Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. *Environmental Burden of Diseases Series*, n. 5. World health Organization. 2004

PLETSCH, Mikhaela AJS et al. The 2020 Brazilian pantanal fires. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 93, p. e20210077, 2021.

REQUIA, Weeberb J. et al. Association of high ambient temperature with daily hospitalization for cardiorespiratory diseases in Brazil: A national time-series study between 2008 and 2018. *Environmental pollution*, v. 331, p. 121851, 2023.

ROCHA, L.C.R; RAUBER, A. L.Z. Amazônia legal brasileira: a incidência de focos de calor entre os anos de 2001 e 2020 e a correlação com o desmatamento de corte raso. *Revista equador*, v. 12, n. 1, p. 199-226, 2023.

ROCHA, R., & Sant'Anna, A. A. (Dezembro de 2021). Winds of fire and smoke: Air pollution and health in the Brazilian Amazon. *World Development*.

RODRIGUES, Poliany Cristiny de Oliveira; IGNOTTI, Eliane; HACON, Sandra de Souza. 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*, v. 22, n. 3, p. 455-464, 2013.

ROSA, Antonia Maria et al. Doença respiratória e sazonalidade climática em menores de 15 anos em um município da Amazônia brasileira. *Jornal de Pediatria*, v. 84, p. 543-549, 2008.

SILVA, P. R. S. *et al.* Hospitalização de crianças por asma na Amazônia brasileira: tendência e distribuição espacial. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 6, Dezembro 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.2223/JPED.1952>>.

SOUSA, Tatiane Cristina Moraes et al. Covid-19 e queimadas na Amazônia Legal e no Pantanal: aspectos cumulativos e vulnerabilidades. Rio de Janeiro: Observatório de Clima e Saúde do Ict/Fiocruz, 2020.

THOMAS, Douglas et al. The costs and losses of wildfires. NIST special publication, v. 1215, n. 11, p. 1-72, 2017.

URRUTIA-PEREIRA, Marilyn et al. Impacto da exposição à fumaça da queima de biomassa na Floresta Amazônica na saúde humana. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 47, p. e20210219, 2021.

VORMITTAG, E. D. M. P. A. D. A. *et al.* Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. **ESTUDOS AVANÇADOS** 35, 2021.

YE, T. *et al.* Risk and burden of hospital admissions associated with wildfire-related PM_{2.5} in Brazil, 2000–15: a nationwide time-series study. **Lancet Planet Health** 2021, v. 5, September 2021. Disponível em: <<https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2542-5196%2821%2900173->

YOUSSEF, Hassani et al. Quantifying wildfires exposure for investigating health-related effects. *Atmospheric environment*, v. 97, p. 239-251, 2014.

Anexo I – Valor atribuível a internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} a preços constantes de 2021 por estado

Unidade Da Federação	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Acre	506357,77 76	142525,61 78	139338,85 24	111269,46 06	167115,40 45	274875,53 2	420454,66 44	289500,06 69	265857,21 17	383798,78 92	208069,54 21	345635,42 13
Amapá	60899,034 31	108810,39 98	200340,30 07	152512,53 91	190457,95 1	260887,43 12	226980,07 48	175685,37 15	153686,02 52	215977,31 74	70788,433 55	74769,255 08
Amazonas	1659328,5 71	1195765,9 35	1801046,7 5	1030582,1 54	1130480,0 55	1950782,5 62	1213348,8 56	1225063,8 88	1123663,2 35	1271839,3 69	1065442,6 26	891914,56 66
Distrito Federal	417511,66 87	205420,19 86	136537,49 5	100792,35 21	312770,58 87	298885,12 05	158460,79 05	415491,08 23	1263642,3 71	2109614,3 5	1370049,8 82	2514422,8 29
Goiás	3944646,6 88	1391636,4 44	1195985,3 95	610129,13 68	1517733,2 32	2678801,4 79	1345567,3 79	1383961,4 76	1063287,9 74	2332027,8 91	1806035,9 07	1761152,7 71
Maranhão	3359873,6 77	2085766,5 3	3165832,8 63	1914776,7	2389159,2 09	2720986,5 6	1943279,0 43	1968856,5 31	1406605,1 17	1707464,0 64	1060814,6 4	1338538,6 48
Mato Grosso	9302108,5 9	1263260,0 27	2119985,6 08	1089877,4 51	1566404,8 99	2884761,1 3	2073685,7 22	2345368,9 89	1072247,1 6	2154612,5 53	3737378,7 61	1309542,8 31
Mato Grosso Do Sul	2468900,9 02	143772,59 06	516858,60 82	59854,979 88	51762,931 83	618560,79 78	200371,77 37	291964,61 45	52981,675 63	844817,99 76	1417661,5 18	783122,20 88
Pará	8559474,5 45	5251037,3 42	7061484,8 13	4286975,0 97	5067064,7 11	5881623,0 61	4595509,9 47	4913740,7 49	3569094,6 33	3755200,7 82	2965836,9 87	2512744,7 14
Rondônia	3819109,0 07	947354,73 55	1285936,3 04	675623,66 83	1516370,8 61	2928212,5 04	1954442,1 64	2409780,4 28	1390936,6 75	2178968,7 44	1459374,7 63	1456554,1 82
Roraima	246209,24 63	196903,98 2	212196,57 94	160012,82 47	228897,62 03	246982,55 44	283821,94 4	221034,27 97	230472,72 7	302810,78 33	152480,42 8	232844,94 11
Tocantins	3134337,9 6	975815,22 2	2353589,2 89	955771,19 55	1289424,0 12	1687999,2 91	912903,32 45	770368,15 86	318523,03 93	659429,70 31	585291,33 97	392012,97 51

Anexo II – Valor atribuível per capita referente a internações por doenças cardiorrespiratórias (capítulos da CID-10 IX e X) ocasionadas por exposição ao PM_{2,5} para população acima de 30 anos a preços constantes de 2021 por estado

Unidade Da Federação	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Acre	22,064823 43	7,3545404 81	8,6402816 48	5,8299799 67	8,4908013 39	11,014407 27	15,807290 23	12,312334 79	11,357598 2	14,012634 55	7,9760181 37	13,482475 5
Amapá	2,1187002 32	3,2762697 66	4,5219258 14	3,9848076 48	4,9664105 88	7,5615451 39	6,8922199	5,2446942 6	5,0730289 95	5,4408961 53	1,7909933 69	2,6903944 74
Amazonas	31,755477 67	18,465080 92	25,507777 91	13,121441 45	18,377991 27	31,596060 23	21,177228 24	22,379792 11	20,951547 54	26,010951 03	19,654710 92	22,006285 2
Distrito Federal	0,3357282 64	0,1590365 52	0,1018639 3	0,0725516 82	0,2175816 59	0,2013238 06	0,1035206 99	0,2636491 88	0,7799438 28	1,2681827 23	0,8031036 67	1,4388891 57
Goiás	255,51809 25	54,314766 66	59,714473 81	16,288860 72	76,067757 66	139,26492 72	57,308279 98	56,649410 27	32,707454 25	115,06321 45	75,603950 96	75,713759 45
Maranhão	305,54821 87	188,58435 32	307,59783 68	164,51219 71	198,44154 1	229,97318 76	152,76854 51	159,33516 13	110,02902 99	123,02207 78	75,511989 92	92,856304 32
Mato Grosso	690,00493 07	98,443307 77	180,09818 43	78,291703 46	137,72315 33	200,01689 22	151,11109 23	159,93119 7	66,679003 71	146,82727 39	193,98124 82	83,877526 8
Mato Grosso Do Sul	124,83707 59	6,7644919 13	17,221764 73	4,0488513 29	3,2906317 97	28,543089 95	12,103191 4	15,088349 94	3,1158749 7	43,026496 83	55,467472 86	37,625537 43
Pará	474,28935 91	222,00664 92	287,99225 14	164,25333 98	187,24735 46	223,30883 06	162,42869 83	190,24527 61	120,15482 18	127,01922 37	93,518502 03	74,328067 1
Rondônia	260,80022 13	51,674008 27	61,309625 49	34,174596 72	72,497952 78	131,70133 67	77,194656 74	94,326496 18	46,759332 19	77,290856 85	59,907196 43	49,633794 17
Roraima	22,375099 62	19,324717 32	19,626927 95	16,613322 83	19,516124 6	15,650874 18	18,848744 33	14,078397 54	13,065408 47	13,399061 45	6,2428887 81	10,714573 61
Tocantins	593,78491 74	198,18356 61	420,12480 85	177,11994 24	212,06375 39	283,09578 83	143,36743 98	135,11559 67	50,944347 34	102,59115 76	93,957297 61	57,562966 17