UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

GERCIANA APARECIDA REZENDE

ENSAIOS SOBRE MEIO AMBIENTE E SAÚDE

Juiz de Fora
2026

GERCIANA APARECIDA REZENDE

ENSAIOS SOBRE MEIO AMBIENTE E SAÚDE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de doutora em economia. Área de concentração: Economia do Clima e da Saúde

Orientadora: Prof.ª Dra. Flávia Lúcia Chein Feres

Coorientadora: Prof.ª Dra. Paula Carvalho Pereda

Juiz de Fora

2026

Ficha catalográfica elaborada através do Modelo Latex do CDC da UFJF
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

REZENDE, GERCIANA APARECIDA.
ENSAIOS SOBRE MEIO AMBIENTE E SAÚDE / GERCIANA APARECIDA REZENDE. – 2026.
139 f. : il.

Orientadora: Flávia Lúcia Chein Feres
Coorientadora: Paula Carvalho Pereda
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de pós-graduação em Economia, 2026.

1. Clima. 2. Saúde. 3. Poluição do ar. 4. Desmatamento. 5. Estado Nutricional 6. Choques climáticos I. Feres, Flávia, orient. II. Pereda, Paula, coorient.

Gerciana Aparecida Rezende

Ensaios sobre meio ambiente e saúde

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Economia. Área de concentração: Economia.

Aprovada em 27 de agosto de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Dr.ª Flávia Lúcia Chein Feres - Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr.ª Paula Carvalho Pereda - Coorientadora
Universidade de São Paulo

Dr. Ricardo da Silva Freguglia
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr.ª Suzana Quinet de Andrade Bastos
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr.ª Tatiane Almeida de Menezes
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Adriano Dutra Teixeira

Insper Instituto de Ensino e Pesquisa

Juiz de Fora, 18/08/2026.

Documento assinado eletronicamente por **Flavia Lucia Chein Feres**, **Professor(a)**, em 31/08/2026, às 11:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **PAULA CARVALHO PEREDA**, **Usuário Externo**, em 01/09/2026, às 05:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Adriano Dutra Teixeira**, **Usuário Externo**, em 01/09/2026, às 12:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Suzana Quinet de Andrade Bastos**, **Usuário Externo**, em 04/09/2026, às 19:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Ricardo da Silva Freguglia**, **Professor(a)**, em 09/09/2026, às 18:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Tatiane Almeida de Menezes**, **Usuário Externo**, em 22/10/2026, às 12:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **3152070** e o código CRC **D6EA7B41**.

AGRADECIMENTOS

Em especial a minha família, meus pais, Aparecida e Geraldo, pelo apoio e incentivo nos estudos. As minha irmãs, Jeliane e Geyse pela irmandade e amizade.

Agradeço à professora Flávia pela orientação e por toda instrução, e à professora Paula pela acolhida generosa e pelas valiosas contribuições durante o período em que estive na FEA-USP. Mulheres, professoras e pesquisadoras que admiro profundamente e que são fonte constante de inspiração. É uma honra poder aprender com vocês.

Às professoras Suzana, Clarissa e Luciana pela contribuição na qualificação. Aos membros da banca, professora Tatiane e professores Adriano e Ricardo, pela disponibilidade em participar da avaliação deste trabalho.

Aos colegas do doutorado, a jornada do online foi mais divertida e leve na companhia de vocês. Em especial, Dryelli, pelas nossas risadas.

Agradeço as professoras e os professores do Programa de Pós-Graduação em Economia da UFJF, pelos ensinamentos.

Por fim, ao CNPq pelo apoio financeiro fundamental para realização do doutorado.

RESUMO

A relação frágil entre o meio ambiente e a saúde humana tem se tornado cada vez mais evidente, despertando crescente preocupação em nível global. Nesse contexto, esta tese tem como objetivo analisar os efeitos de fatores climáticos, meio ambiente, mudanças ambientais e problemas ecológicos no bem-estar da população. O primeiro ensaio investiga os impactos da poluição do ar proveniente de regiões portuárias na saúde respiratória de grupos vulneráveis residentes nas áreas próximas a portos (porto de Santos e Vitória). Os portos marítimos são potenciais poluidores atmosféricos, entender essa relação é importante para desenvolver projetos de portos mais sustentáveis e menos poluentes, assim como o transporte marítimo mais limpo. A estratégia empírica explora a exogeneidade da velocidade do vento como instrumento para a poluição (PM10). Os resultados indicam que a atividade portuária tem efeitos positivos na concentração de PM10 e que o aumento da poluição do ar aumenta as hospitalizações, principalmente de bebês e idosos. O segundo ensaio busca explorar as externalidades da mitigação climática baseada em florestas sobre a saúde da população da Amazônia Legal através de uma política de conservação. Geralmente, o desflorestamento é acompanhado da queima de bioma, resultando em poluentes que podem representar perigos à saúde humana e ao meio ambiente. A política de conservação aqui analisada proporcionou uma redução no nível de desmatamento. Para a estratégia de identificação, utilizam-se essas reduções acentuadas no desmatamento ao longo da Amazônia Legal, sua heterogeneidade espacial. Os principais resultados apontam que a redução no desmatamento levou a uma diminuição na taxa de internações por doenças do aparelho respiratório e circulatório em idosos, assim como nos níveis de CO2. Além disso, a política de conservação florestal contribui para redução de focos de incêndios. Esses achados mostra a importância da conservação de florestas para a saúde humana e o meio ambiente. Por fim, o terceiro ensaio tem o objetivo de capturar os efeitos de choques climáticos, especificamente choques de seca e estiagem, no estado nutricional de crianças em condições de vulnerabilidade socioeconômica. As adversidades climáticas podem exercer influência sobre o consumo de nutrientes, o que, por sua vez, pode resultar em má nutrição infantil, comprometendo o desenvolvimento e acarretando custos sociais no futuro. A estratégia empregada é baseada no estimador de efeitos fixos. Os resultados encontrados indicam efeitos negativos sobre o status nutricional. Além disso, esses efeitos variam conforme o nível de desenvolvimento municipal (IDH). Juntos, os três ensaios contribuem para a compreensão dos problemas de saúde decorrentes de fatores relacionados ao meio ambiente e destacam a importância de ações para proteger, gerir de forma sustentável e restaurar recursos naturais que beneficiam a natureza e os indivíduos.

Palavras-chave: Clima. Saúde. Internações. Poluição do ar. Desmatamento. Choque climático. Estado Nutricional.

ABSTRACT

The fragile relationship between the environment and human health has become increasingly evident, raising growing concern at a global level. In this context, this thesis aims to analyze the effects of climate factors, the environment, environmental changes, and ecological problems on the well-being of the population. The first essay investigates the impacts of air pollution in port regions (Santos and Vitória) on the respiratory health of vulnerable groups living near these port cities. Seaports are potential air polluters, and understanding this relationship is important to develop more sustainable and less polluting port projects, as well as cleaner maritime transport. The empirical strategy explores the exogeneity of wind speed as an instrument of pollution (PM10). The results indicate that port activity has positive effects on PM10 concentrations and that increased air pollution increases hospitalizations, especially of babies and the elderly. The second essay seeks to explore the externalities of forest-based climate mitigation on the health of the legal Amazon population through a conservation policy. Deforestation is usually accompanied by the burning of biomes, resulting in pollutants that can pose risks to human health and the environment. The conservation policy analyzed here has led to a reduction in the level of deforestation. These sharp reductions in deforestation in the legal Amazon, as well as its spatial heterogeneity, are used for the identification strategy. The main results indicate that the reduction in deforestation led to a decrease in the rate of hospitalizations due to respiratory and circulatory diseases in the elderly, as well as in CO2 levels. In addition, forest conservation contributes to the reduction of fire outbreaks. These findings show the importance of forest conservation for human health and the environment. Finally, the third essay examines the effects of climate shocks—specifically droughts and dry spells—on the nutritional status of children living in socioeconomically vulnerable settings. Climate-related adversities can affect nutrient intake, potentially leading to child malnutrition, impairing healthy development, and generating long-term social costs. The empirical strategy relies on a fixed-effects estimator. The results indicate that droughts and dry spells have negative effects on children's nutritional status. Moreover, these effects vary according to the level of municipal development, as measured by the Human Development Index (HDI). Together, the three essays contribute to the understanding of health problems arising from environmentally related factors and highlight the importance of actions to protect, sustainably manage and restore natural resources that benefit nature and individuals.

Keywords: Climate. Health. Hospitalizations. Air pollution. Deforestation. Climate shock. Nutrition. Nutritional Status.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização dos monitores e portos considerados na análise. 24
Figura 2 – Média de PM10 por monitor e o nível recomendado pela OMS. 26
Figura 3 – Distribuição espacial do número de internações por bairro, 2015-2019. . 30
Figura 4 – Efeito da atividade portuária e velocidade do vento no PM10 na região do Porto de Santos - Ilustração do primeiro estágio 33
Figura 5 – Sazonalidade do efeito de PM10 nas taxas de hospitalizações. 37
Figura 6 – Distribuição das variáveis climáticas 48
Figura 7 – Efeito da atividade portuária e velocidade do vento no PM10 na região do Porto de Vitória - Ilustração do primeiro estágio 49
Figura 8 – Distribuição de tonelagem por tipo de carga 54
Figura 9 – Taxa de desmatamento da Amazônia Legal, em km², 1988-2020 58
Figura 10 – Desmatamento pré-intervenção dos municípios da Amazônia Legal . . . 64
Figura 11 – Evolução do desmatamento médio por quartil de desmatamento pré-intervenção 64
Figura 12 – Evolução das taxas médias de internações de doenças respiratórias e circulatórias, por grupo, 2000-2007 70
Figura 13 – Evolução das taxas médias de internações de doenças respiratórias e circulatórias por sexo, 2000-2007 71
Figura 14 – Evolução das taxas médias de internações de malária, por grupo, 2000-2007 72
Figura 15 – Evolução das taxas médias de internações de leishmaniose e dengue, por grupo, 2000-2007 72
Figura 16 – Evolução das taxas médias de internações de febre amarela e doenças de Chagas, por grupo, 2000-2007 73
Figura 17 – Tendência de emissões de CO2, 2000-2007 74
Figura 18 – Distribuição da taxas de internações por doenças respiratória antes e depois do PPCDAm 83
Figura 19 – Distribuição da taxas de internações de doenças relacionada a vetores antes e depois do PPCDAm 84
Figura 20 – Distribuição da taxas de internações de doenças relacionada a vetores antes e depois do PPCDAm - continuação 85
Figura 21 – Evolução do Estado Nutricional de crianças, 2013-2019 91
Figura 22 – Evolução dos registros de desastres no Brasil, 2013-2019 94
Figura 23 – Evolução dos registros de desastres de "Seca e estiagem"no Brasil, 2013-2019 94
Figura 24 – Registros meteorológicos no Brasil, 2013-2019 95
Figura 25 – Registros hidrológicos no Brasil, 2013-2019 95
Figura 26 – Registros de seca e estiagem no Brasil, 2013-2019 96
Figura 27 – Distribuição dos choques e os municípios sem choques, 2014–2019 . . . 97

Figura 28 – Distribuição do IDH 97
Figura 29 – Choques de seca estiagem x IDH 98
Figura 30 – Média dos indicadores ao longo dos anos por grupo. 101
Figura 31 – Análise gráfica do z-score de peso para altura - 6 a 24 meses 102
Figura 32 – Análise gráfica do z-score de peso para altura - Maiores de 2 meses . . 103
Figura 33 – Análise gráfica do z-score de peso para idade - 6 a 24 meses 104
Figura 34 – Análise gráfica do z-score de peso para idade - Maiores de 2 anos . . . 105
Figura 35 – Análise gráfica do z-score de IMC para idade - 6 a 24 meses 106
Figura 36 – Análise gráfica do z-score de IMC para idade - Maiores de 2 anos . . . 106
Figura 37 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem. 110
Figura 38 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem no Nordeste. 112
Figura 39 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - 6 a 24 meses. 114
Figura 40 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - Maiores de 2 anos. . . . 115
Figura 41 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - 6 a 24 meses. 117
Figura 42 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - Maiores de 2 anos. . . . 117
Figura 43 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - 6 a 24 meses. 119
Figura 44 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - 25 a 60 meses. 119
Figura 45 – Municípios com e sem choques de seca e estaigem, 2014-2019 121
Figura 46 – Distribuição dos score do estado nutricional de criannças de 6 a 24 meses 121
Figura 47 – Distribuição dos score do estado nutricional de criannças de 25 a 60 meses 122
Figura 48 – Status nutricional de crianças de 6 a 24 meses por grupo - continuação 124
Figura 49 – Status nutricional de crianças de 25 a 60 meses por grupo 125
Figura 50 – Status nutricional de crianças de 25 a 60 meses por grupo - continuação 126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas da taxa de internações diária por grupo para cada ano . . 27
Tabela 2 – População e a porcentagem dos grupos por cidade 28
Tabela 3 – População média por bairro 28
Tabela 4 – Estatísticas de PM10, toneladas e navios por ano 29
Tabela 5 – Correlação da atividade portuária sobre PM10 34
Tabela 6 – Impacto de poluição sobre a taxa de hospitalização 35
Tabela 7 – Impacto de poluição sobre a taxa de hospitalização semanal 38
Tabela 8 – Segundo estágio para Bebês - defasagem de PM10 39
Tabela 9 – Segundo estágio para idosos 65 mais - defasagem de PM10 40
Tabela 10 – Impacto da poluição sobre internações com diferentes instrumentos . . 42
Tabela 11 – Impacto de poluição sobre internação incluindo a distância ao porto . . 44
Tabela 12 – Impacto de PM10 nas hospitalizações por porto 46
Tabela 13 – Estatíticas de atividades portuárias por porto 48
Tabela 14 – Correlação da variação na média semanal sobre PM10 50
Tabela 15 – Primeiro estágio - PM10 50
Tabela 16 – Segundo estágio para Crianças - defasagem de PM10 51
Tabela 17 – Efeito sobre PM10 com diferentes instrumentos 52
Tabela 18 – Primeiro estágio da heterogeneidade por porto 53
Tabela 19 – Primeiro estágio utilizando a distância ao porto 53
Tabela 20 – Estatísticas descritivas das variáveis de saúde. 68
Tabela 21 – Estatísticas descritivas-continuação. 69
Tabela 22 – Efeitos diversos da política de conservação. 75
Tabela 23 – Efeito da política de conservação nas internações por doenças respiratória e circulatória. 77
Tabela 24 – Outros efeitos da política na saúde. 78
Tabela 25 – Efeito da política de conservação na saúde respiratória e circulatória por gênero. 79
Tabela 26 – Efeito da política de conservação nas doenças vetoriais por gênero. . . 80
Tabela 27 – Efeito da política de conservação nas internações de doenças não relacionadas ao desmatamento. 81
Tabela 28 – Efeito diversos da política de conservação - Dados PRODES. 86
Tabela 29 – Efeito da política de conservação nas internações-Dados PRODES. . . 86
Tabela 30 – Desastres por região e tipo no Brasil, 2013-2019. 95
Tabela 31 – Teste de média dos scores das crianças em municípios com e sem choques, 2014-2019. 99
Tabela 32 – Características socioeconômicas dos grupos. 107
Tabela 33 – Efeito de choque de seca e estiagem sobre z-score. 109

Tabela 34 – Efeito de choque de seca e estiagem sobre z-score - Nordeste. 111
Tabela 35 – Efeito de choque de seca e estiagem sobre a probabilidade de status nutricional - imc para idade (BMI). 113
Tabela 36 – Efeito de choque de seca e estiagem sobre a probabilidade de status nutricional - peso para idade (WFA). 116
Tabela 37 – Efeito de choque de seca e estiagem sobre a probabilidade de status nutricional - peso para altura (WFH). 118

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
2 ENSAIO 1 - EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR NA SAÚDE: EVIDÊNCIAS DE PORTOS BRASILEIROS 16
2.1 **INTRODUÇÃO** 16
2.2 **CONTEXTUALIZAÇÃO** 19
2.2.1 Poluição do ar e portos 19
2.2.2 Poluição do ar e saúde 21
2.3 **METODOLOGIA** 22
2.3.1 Base de dados e construção 22
2.3.2 Estatísticas Descritivas 26
2.3.3 Estratégia Empírica 31
2.4 **RESULTADOS** 33
2.4.1 Primeiro estágio 33
2.4.2 Segundo estágio 34
2.4.3 Efeito por semana 37
2.4.4 Defasagem de PM10 38
2.4.5 Robustez 40
2.4.6 Heterogeneidade 42
2.4.6.1 **Distância** 42
2.4.6.2 **Porto** 44
2.5 **CONSIDERAÇÕES FINAIS** 47
2.6 **APÊNDICE A - Informações Complementares** 48
3 ENSAIO 2 - EXTERNALIDADES NA SAÚDE HUMANA DA MITIGAÇÃO CLIMÁTICA BASEADA EM FLORESTA . . . 55
3.1 **INTRODUÇÃO** 55
3.2 **CONTEXTUALIZAÇÃO** 58
3.2.1 A política de conservação 58
3.2.2 As mudanças climáticas, a floresta e a saúde 60
3.3 **METODOLOGIA** 61
3.3.1 Base de dados 61
3.3.2 Estratégia Empírica 63
3.3.3 Estatísticas Descritivas 66
3.4 **RESULTADOS** 74
3.4.1 Resultados principais 74
3.4.2 Heterogeneidade 78
3.4.3 Robustez 80
3.5 **CONSIDERAÇÕES FINAIS** 82

3.6 APÊNDICE B - Informações Complementares 83
4 ENSAIO 3 - EFEITOS DE CHOQUES CLIMÁTICOS NO ESTADO NUTRICIONAL DE CRIANÇAS EM SITUAÇÃO SOCIOECONÔMICA VULNERÁVEL 87
4.1 INTRODUÇÃO 87
4.2 CONTEXTUALIZAÇÃO 89
4.3 METODOLOGIA 90
4.3.1 Dados e análises descritivas 90
4.3.2 Estatísticas Descritivas 96
4.3.3 Estratégia Empírica 108
4.4 RESULTADOS 108
4.4.1 Resultados principais 108
4.4.1.1 **Nordeste** 110
4.4.2 Probabilidades 112
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 120
4.6 APÊNDICE C - Informações Complementares 121
5 CONCLUSÃO 127
REFERÊNCIAS 129

1 INTRODUÇÃO

As questões que envolvem a relação entre saúde e meio ambiente têm ganhado destaque em nível global. O tema abrange tanto desafios de escala mundial, como o aquecimento global e a destruição da camada de ozônio, quanto problemas locais que impactam diretamente a população, como desmatamento, poluição do ar, choques climáticos e falta de saneamento básico, todos com potencial de afetar a saúde humana (Dias *et al.* , 2018).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, em 2016, do total de óbitos no mundo, 24% foram atribuíveis às causas ambientais. Os fatores incluem poluição do ar, água e saneamento, aumento de ondas de calor e eventos climáticos severos, exposição prejudicial a produtos químicos e muito mais (WHO, 2018).

Atualmente, as alterações climáticas são amplamente reconhecidas como um fator de grande impacto na saúde, com efeitos diversos nos diferentes territórios. Segundo, Wu *et al.* (2016), as mudanças climáticas prejudicam a imunidade humana e aumentam a suscetibilidade a doenças, afetando sua transmissão. Ressaltam também que a vulnerabilidade social é uma fator de risco importante. Os países em desenvolvimento tendem a ser mais sensíveis ao elevado risco à saúde causado pelas mudanças climáticas devido a falta de recursos e a capacidade insuficiente do seu sistema de saúde pública para lidar de forma eficaz todos os desafios.

No contexto dos desafios regionais, esse tema tem ganhado cada vez mais relevância. A compreensão dos problemas de saúde pública e ambientais se amplia à medida que novas evidências científicas surgem, destacando os impactos na saúde e no meio ambiente, especialmente em questões como poluição do ar, desmatamento e desastres naturais.

A saúde é um insumo importante para os indivíduos, entendida como um tipo de capital humano. Indivíduos com boa saúde tendem a ser mais produtivos e desfrutar de uma melhor qualidade de vida. Portanto, melhorar a saúde em todo o mundo é um objetivo social que gera benefícios econômicos (Acemoglu, Johnson , 2007; Bloom *et al.* , 2019). Além disso, de acordo com Correa-Macana e Comim (2013) estar livre de doenças é relevante não só pelo que representa como capital humano no crescimento econômico, mas também pela vida, dignidade, felicidade e autoestima da pessoas.

Na literatura vários estudos debateram a relação meio ambiente e saúde da população brasileira. A relação com doenças endêmicas pode ser vista em Mendes *et al.* (2016) (leishmaniose), Pereda *et al.* (2014) (dengue), Ribeiro *et al.* (2006) (dengue), Santos e Almeida (2018) (malária) e Lowe *et al.* (2011) (dengue). Carvalho *et al.* (2020) analisaram a relação da leishmaniose, dengue e malária diante de vários cenários de aquecimento global. Já Souza *et al.* (2013) analisaram o impacto da temperatura sobre a mortalidade de doenças infecciosas, circulatória, respiratória, neoplasmas e causas

externas. No mesmo contexto, Zhao *et al.* (2019) buscaram quantificar a exposição à temperaturas altas sobre o número de internações diversas nos quatro meses mais quentes do ano. Por sua vez, Araújo (2017) fez uma análise dos efeitos das ondas de calor sobre a saúde humana. As influências das mudanças climáticas sobre doenças relacionadas ao aparelho respiratório são bastantes exploradas, geralmente o foco são idosos e crianças que são mais vulneráveis e suscetíveis a tais doenças. Nesses casos, os autores consideraram como fatores impactantes a temperatura, a qualidade do ar (nível de poluição), a seca, a precipitação (Smith *et al.* , 2014; Sant'Anna e Rocha , 2020; Souza *et al.* , 2012; Barros *et al.* , 2021; Gomes *et al.* , 2018; Moraes *et al.* , 2019; Machado-Silva *et al.* , 2020; Jacobson *et al.* , 2021; Guidetti *et al.* , 2020). Já Ribeiro *et al.* (2019) considera o efeito da poluição atmosférica de tráfego sobre a incidência e mortalidade decorrente de câncer respiratório.

Contudo, há aspectos na relação entre meio ambiente e saúde humana que merecem ser explorados. Assim, diante da necessidade de compreender detalhadamente os fatores ambientais e climáticos que impactam a saúde e com o propósito de contribuir para a literatura existente, esta tese investiga essa conexão por meio da elaboração de três ensaios empíricos. Os resultados poderão fortalecer as evidências que possibilitarão o desenvolvimento de modelos de avaliação de riscos e políticas focadas no bem-estar da população. Dado que os impactos podem ser traduzidos em custos econômicos, financeiros e sociais, os benefícios econômicos podem ser determinados por meio de estratégias alternativas de mitigação dos impactos causados.

O primeiro ensaio, intitulado "Efeitos da poluição do ar na saúde: evidências de portos brasileiros"tem como objetivo analisar os efeitos da poluição do ar proveniente de portos sobre as internações de crianças e idosos residentes em seu entorno. A estratégia de identificação é utilizar a velocidade do vento como uma variação exógena da poluição. A poluição do ar normalmente está relacionada ao agravamento de doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas, principalmente em crianças e idosos. Além disso, dependendo das características dos poluentes, estes podem ser intensificadores de mudanças climáticas. No que se refere a perspectiva econômica e social, alguns dos impactos negativos são aumento dos custos do sistema de saúde com internações hospitalares, maior vulnerabilidade da população carente e queda da produtividade agrícola (WHOa, 2006; INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE , 2014).

O segundo ensaio, intitulado "Externalidades na saúde humana da mitigação climática baseada em floresta"consiste em explorar o efeito da política de prevenção ambiental sobre a saúde da população e nas emissões de CO2. Especificamente, observar se adesão ao Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) gerou benefício para o bem-estar dos indivíduos. A Amazônia tem um papel relevante na regulamentação do clima da Terra, a perda de florestas contribui para o aumento da temperatura e intensificação de eventos climáticos extremos. O desmatamento de floresta, além de causar perda da biodiversidade e mudanças climáticas, são impor-

tantes impulsionadores de doenças infecciosas emergentes, e as atividades associadas ao desmatamento contribuem para a disseminação de vetores e doenças (Ellwanger *et al.* , 2020).

Por último, o terceiro ensaio intitulado "Efeito de Choques Climáticos no Estado Nutricional de Crianças em Situação Socioeconômica Vulnerável"analisa se eventos extremos (seca e estiagem) podem afetar o nível nutricional de crianças socioeconomicamente mais vulneráveis. Mudanças na temperatura e precipitação, choques climáticos adversos e os efeitos decorridos de tais mudanças afetam o estado nutricional por diversos caminhos. Afetam os rendimentos da colheitas e a qualidade da produção. Podem afetar o acesso das famílias aos alimentos devido a mudanças nos níveis dos preços. Podem dificultar o acesso aos alimentos atráves da renda. No contexto social, a desnutrição pode afetar o desenvolvimento das crianças, tornando-as mais sensíveis às mudanças climáticas (Thiede e Strube , 2020).

Juntos, os três ensaios contribuem para uma melhor compreensão dos efeitos de poluição, do desmatamento e eventos climáticos sobre a saúde da população brasileira. O primeiro ensaio sugere que a exposição à poluição associada a portos está associada a maior internação por causas respiratórias, principalmente idosos. O segundo ensaio, aponta que a implementação de uma política de controle de desmatamento na Amazônia Legal gerou externalidades positivas na saúde da população idosa. Por fim, o terceiro ensaio encontrou-se evidências de que eventos extremos de seca e estiagem estão associados a piores resultados nutricionais em crianças.Juntos, indicam que políticas pro-meio ambiente podem gerar bem-estar e proporcionar impactos positivos no capital humano brasileiro.

2 ENSAIO 1 - EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR NA SAÚDE: EVIDÊNCIAS DE PORTOS BRASILEIROS

2.1 INTRODUÇÃO

Com o aumento das preocupações globais sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde, várias pesquisas recentes têm destinado atenção a poluição do ar. A poluição é um fator que afeta a saúde e o bem-estar da população. Segundo o Ministério da Saúde, no Brasil, as mortes em decorrência da poluição atmosférica aumentaram 14% em dez anos.

A exposição humana à poluição do ar é determinada pela concentração de poluentes atmosféricos nos ambientes onde as pessoas passam seu tempo e pela quantidade de tempo que passam no local. Os níveis de poluição sofrem variações espaciais e temporais substanciais, e as pessoas encontram diferentes concentrações à medida que se deslocam de um lugar para outro ao longo do dia. As exposições são fortemente influenciadas pela localização das fontes em relação às populações, na qual, próximo à fonte, a exposição tende ser maior (WHOa, 2006).

Segundo Girard and Nocca (2020), a poluição nas cidades decorre em particular das zonas portuárias e dos centros históricos, locais que apresentam fortes pressões de trânsito, pessoas e atividades com impactos ambientais inevitáveis. Os portos, um dos principais locais de poluição, o transporte marítimo movimenta 80% mercadorias comercializadas em todo o mundo. Embora facilite a movimentação em larga escala de mercadorias, o transporte marítimo possue um elevado custo ambiental, contribuindo significativamente para a poluição da água e do ar. O setor contribui com aproximadamente 3% das emissões de gases de efeito estufa, além de liberar poluentes perigosos, como Material Particulado (PM), Óxidos de Nitrogênio (NOx) e Óxidos de Enxofre (SOx), que prejudicam a saúde (Mueller *et al.* , 2023). As principais fontes de poluição nos portos são as escalas de navios e atividades terrestres, particularmente as operações de carga e as atividades industriais e logísticas em áreas portuárias e arredores (Notteboom *et al.* , 2022). Em 2020, a poluição portuária foram associadas a cerca de 0,5% da mortalidade global (Mueller *et al.* , 2023).

Nesse contexto, as emissões de navios internacionais têm se tornado um foco central de regulamentações em âmbito nacional e internacional, por exemplo, em 2012, o governo dos EUA, em coordenação com a Organização Marítima Internacional (IMO), introduziu sua regulamentação seminal da poluição marítima, chamada áreas de controle de emissões (ECAs). A regulamentação da ECA exigia que todos os navios comerciais operassem com combustível com baixo teor de enxofre dentro de 200 milhas náuticas da costa ou instalassem equipamentos de redução, ou enfrentassem penalidades. Em 2020, após essa regulamentação inicial da ECA, a IMO estendeu padrões semelhantes globalmente (Lewis e Marcus , 2023).

Diante desse cenário, direcionamos nossos esforços para examinar os efeitos da poluição do ar de regiões portuárias brasileiras sobre à saúde da população em seu entorno. O motivo da análise baseia-se no fato de o ambiente portuário ser altamente poluidor e também porque tendem a estar localizadas em áreas altamente populosas e de baixa renda, impactando assim negativamente a qualidade de vida da população que vive nas proximidades (Abrantes e Barella , 2019; Gillingham and Huang , 2021; Ducruet *et al.* , 2024). Além disso, devido à ausência de estudos claros sobre a relação entre a poluição do ar nos portos e seus impactos na saúde no Brasil, é fundamental compreender essa conexão para que medidas de minimização adequadas possam ser tomadas.

Especificamente, o estudo concentra-se nos complexos portuários de Santos e Vitória, selecionados em razão da disponibilidade de sistemas de monitoramento da qualidade do ar nessas regiões. A existência dessas redes de monitoramento possibilita a obtenção de medidas mais precisas e confiáveis da qualidade do ar, contribuindo para a redução de possíveis erros de mensuração. Essa maior qualidade na mensuração da exposição é particularmente relevante para a análise dos efeitos da atividade portuária sobre os desfechos de saúde. Além disso, os dois portos estão entre os maiores do Brasil em termos de movimentação de carga, de acordo com a ANTAQ.

Como a exposição à poluição do ar não é atribuída aleatoriamente entre os indivíduos, a análise empírica baseia-se na variação exógena da velocidade do vento para estimar seus efeitos sobre a saúde humana (Guidetti *et al.* , 2020; Sant'Anna e Rocha , 2020; Currie *et al.* , 2009). A hipótese é que o número de navios que chegam e partem dos portos, o tempo que um navio permanece atracado e/ou o volume de mercadorias transportadas nas chegadas e partidas são fatores determinantes no nível de poluição da região. De acordo com Abrantes e Barella (2019), quanto maior o volume de cargas movimentadas por um porto, maiores tendem a ser os impactos negativos no meio ambiente. A velocidade do vento dissipa essas partículas de poluição, reduzindo as concentrações de PM10 e não afeta a saúde diretamente.

O primeiro resultado encontrado indica que a velocidade do vento dissipa a poluição. A velocidade do vento está fortemente correlacionada negativamente com PM10, sugerindo que a qualidade do ar melhora na regiões portuárias quando venta forte. Em segundo lugar, descobriu-se que a poluição aumenta as hospitalizações relacionadas a problemas respiratórios para bebês e idosos. Uma variação positiva de 10 $\mu g/m^3$ nos níveis de PM10 está associado a cerca de 3 hospitalizações a mais de idosos de 65 anos ou mais a cada 1.000.000 habitantes. Em bebês, o efeito ocorre com atraso. Os resultados permanecem consistentes ao controlarmos pela distância do bairro ao porto. Os exercícios de robustez indicam que nossos resultados são consistentes.

Pretende-se, com essa temática, compreender os impactos da poluição que decorre da atividade portuária sobre a saúde de grupos da população no seu entorno, contribuindo

assim para gerar evidências em prol de políticas de mitigação da poluição. Além disso, avaliar o impacto da poluição do ar é de interesse da saúde pública, devido aos efeitos negativos na qualidade de vida das pessoas e resultados econômicos, como ausências no trabalho e na escola. Dado que existem poucos estudos sobre os efeitos espaciais da poluição do ar na saúde da população brasileira, especialmente no que se refere à poluição do ar de origem portuária, estudos como este se tornam necessários para compreender os padrões e escalas intra-urbanos desta relação. Além disso, o conhecimento acerca dos impactos negativos dos portos permite pensar em políticas de adaptação das atividades portuárias, como o investimento em tecnologia, pesquisa e desenvolvimento de práticas sustentáveis que cause menos danos ao meio ambiente e à sociedade.

Na literatura, podemos destacar dois trabalhos que são a base para esta análise. Gillingham and Huang (2021) e Moretti and Neidell (2011) abordaram a relação da poluição do ar dos portos marítimos nos Estados Unidos e a saúde humana. Gillingham and Huang (2021) exploraram a variação quase aleatória de navios nos portos e de eventos climáticos distantes no oceano para estimar como o tráfego portuário influencia a poluição do ar e afeta a saúde. Moretti and Neidell (2011) utilizaram o tráfego diário de navios no Porto de Los Angeles como determinante do nível ozônio. Ambos encontram efeitos positivos do número de navios, tonelagem movimentada e tráfego nos portos sobre o número de internações hospitalares. Além desses, alguns poucos estudos abordaram a relação porto, poluição ar e saúde (Brewer , 2020; Viana *et al.* , 2020; Bauleo *et al.* , 2019; Vigotti *et al.* , 2014; Corbett *et al.* , 2007). A maioria deles tem a Europa como objeto de estudo.

Além disso, há alguns outros estudos que conversam com essa temática, como Schlenker and Walker (2016), que analisaram a poluição do ar provenientes de aeroportos da Califórnia, utilizando como variação exógena o congestionamento das pistas dos aeroportos. Os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana decorrente de local próximo de trânsito intenso de caminhões a diesel foram explorados por He *et al.* (2018). Os autores analisaram a mudança na configuração do trânsito ocorrida devido à inauguração de um anel viário que removeu o fluxo de caminhões a diesel do centro de São Paulo, e os carros de passeio a gasolina e etanol preencheram o espaço deixado. Inicialmente, com saída dos caminhões das vias, houve uma redução no congestionamento, na poluição do ar e nas hospitalizações. Posteriormente, com ocupação pelos automóveis de passeio, os efeitos no ar e na saúde persistiram. Ainda no contexto de trânsito, Knittel *et al.* (2016) investigou os impactos do congestionamento de automóveis na poluição do ar local e na saúde infantil, encontrando evidências positivas, sugerindo que redução da poluição ambiental e do congestionamento do tráfego oferece oportunidades para ganhos de saúde. Heo *et al.* (2023) contribuem com a literatura de poluição do ar e saúde ao observar que o transbordamento da poluição chinesa causa impactos negativos na mortalidade e morbidade da população na Corréia do Sul, além de mostrar que as políticas ambientais

adotadas na China geram benefícios para os países vizinhos. Em comum, esses estudos citados abordam a heterogeneidade local de poluentes associados a diversos tipos de tráfego e os danos na saúde humana.

O ensaio é composto por 5 seções. A primeira seção é esta introdução, seguida por uma breve contextualização acerca da poluição derivada de portos e da relação da poluição atmosférica com a saúde humana. A terceira seção, denominada metodologia, descreve os dados e a estratégia empírica. A quarta seção apresenta os principais achados e, por fim, a quinta seção traz as considerações finais e contribuições.

2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

2.2.1 Poluição do ar e portos

Os poluentes atmosféricos podem ser emitidos para atmosfera, denominado de primários, ou formados na própria atmosfera, chamados de secundários. Os poluentes primários do ar incluem dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, compostos voláteis e partículas carbonáceas e não carbonáceas. Poluentes atmosféricos secundários surgem de reações químicas de poluentes primários na atmosfera, muitas vezes envolvendo componentes naturais do ambiente, como água e oxigênio. Incluem, ozônio, óxidos de nitrogênio e material particulado secundários (WHOa, 2006).

Embora as emissões marítimas sejam menos perceptíveis em comparação com as fontes terrestres de poluição atmosférica, nas cidades portuárias os navios representam uma fonte predominante de poluição. Isso ocorre porque cerca de 80% de todas as emissões provenientes dos navios são liberadas em um raio de até 200 milhas da costa. O crescimento continuo do comércio marítimo tem sido acompanhado pelo aumento proporcional do setor para a poluição do ar (Zanella , 2018).

A maioria dos grandes navios mercantes são movidos por motores a diesel marítimo, que contêm elevadas concentrações de contaminantes. O teor de enxofre dos combustíveis navais é 2.700 vezes superior ao do diesel convencional utilizado em automóveis (Zanella , 2018; Reed , 2012; Viana *et al.* , 2009). Muitas atividades portuárias e relacionadas a portos causam emissões atmosféricas e uma deterioração da qualidade do ar nos arredores do porto. Além das emissões provenientes dos navios, a poluição do ar nas regiões portuárias também é causada por caminhões, locomotivas e equipamentos *off-road* utilizados na movimentação de cargas (Bailey e Solomon , 2004). Sorte *et al.* (2019) descobriram que a combinação de caminhões, ferrovias, equipamentos de movimentação de carga e armazenamento de materiais a granel contribuiu mais para as concentrações superficiais de PM10 na área de porto.

Embora os motores principais, utilizados para a propulsão de navios em alto-mar, sejam responsáveis pelas maiores emissões, as emissões dos motores auxiliares, menores

e usados para geração de energia elétrica a bordo, também merecem atenção. Isso é particularmente relevante quando os navios estão atracados em portos próximos a áreas urbanas, com os motores principais desligados. De modo geral, os motores auxiliares operam continuamente, exceto quando geradores de eixo conectados aos motores principais estão disponíveis durante a navegação ou quando o navio utiliza uma conexão elétrica terrestre no atracadouro (Cooper , 2003).

A poluição dos navios se concentram perto da costa e dentro do porto. Os navios poluem mais atracados do que durante as manobras, o tempo que navio permanece atracado é considerado um fator importante de poluição (Ducruet *et al.* , 2024; Fameli *et al.* , 2020). A poluição do ar nos portos varia conforme o tipo de tráfego. Em terminais de granéis líquidos, a maior preocupação está relacionada à emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs), especialmente durante o armazenamento e a movimentação de petróleo e produtos químicos. Granéis sólidos, como grãos, carvão, minérios e cimento, podem gerar poeira durante o carregamento e descarregamento dos navios, bem como durante o transporte em correias descobertas ou o armazenamento em silos sem sistemas de filtragem. Em particular, os cereais frequentemente contêm resíduos de terra contaminados por fertilizantes agrícolas e pesticidas (Ducruet *et al.* , 2024). Os navios de cruzeiros, um setor de rápido crescimento na última década, também contribuem com a poluição do ar na cidade, prejudicando a saúde não só dos turistas como dos residentes e dos tripulantes (Ducruet *et al.* , 2024; Perdiguero e Sanz , 2019).

Segundo Zanne e Twrdy (2020), as fontes de emissões atmosféricas nos portos podem ser classificadas como estacionárias (instalações de fabricação, rede elétrica, armazéns, escritórios, etc.) ou móveis (embarcações, equipamentos de movimentação de carga, veículos pesados e leves, entre outros). Para os autores o enfrentamento desse problema pode ser realizado por meio de diversas estratégias, incluindo a modernização de equipamentos, o uso de fontes de energia mais limpas e mudanças nos níveis operacionais.

Os principais poluentes do ar relacionados às atividades portuárias são: exaustão de diesel, material particulado (PM)[1], compostos orgânicos voláteis (VOCs), óxidos de nitrogênio (NOx), ozônio, óxidos de enxofre (SOx), monóxido de carbono (CO), formaldeído, metais pesados, dioxinas e pesticidas (Bailey e Solomon , 2004). As partículas primárias emitidas pelos escapamentos dos motores dos navios estão predominantemente na fração de tamanho submicrônico, contribuindo assim para as concentrações de partículas finas e ultrafinas (Merico *et al.* , 2021; Healy *et al.* , 2009; Viana *et al.* , 2009). O transporte marítimo contribui normalmente com 1-7% dos níveis médios anuais de PM10 e 1-20% de PM2,5, especialmente nas zonas costeiras (Viana *et al.* , 2009). A emissão desse poluentes tem impactos locais e globais, afetando a qualidade do ar, a saúde da população e o clima do planeta (Ducruet *et al.* , 2024; Viana *et al.* , 2009).

[1] O Material Particulado (PM) pode ser de diâmetro menor que 10 micrômetros (µm) (PM10) ou do tipo diâmetro menor que 2,5 micrômetros (µm) (PM2,5).

Os pesquisadores Bailey e Solomon (2004), destacam que os portos marítimos são grandes centros de atividade econômica e de poluição ambiental nas áreas urbanas costeiras e que os poluentes atmosféricos afetam a saúde dos moradores das comunidades locais. Os efeitos dos poluentes do ar na saúde dos moradores das áreas adjacentes incluem asma, outras doenças respiratórias, doenças cardiovasculares, câncer de pulmão e mortalidade prematura. Especialmente em crianças, esses efeitos estão associados a asma, bronquite, faltas escolares e visitas ao pronto-socorro (Bailey e Solomon , 2004; Corbett *et al.* , 2007). Globalmente, 14.500–37.500 mortes prematuras foram atribuídas a PM 2,5 relacionadas ao transporte marítimo, com os valores mais altos em áreas que registram alta concentração de PM e densidade populacional costeira (Corbett *et al.* , 2007; Merico *et al.* , 2021).

De acordo com Zanella (2018), melhorias ambientais podem ser alcançadas por meio de mudanças nas práticas de transporte. O autor destaca que a quantidade de gases emitidos pelos motores das embarcações está diretamente relacionada ao consumo total de combustível, o qual depende de fatores como o formato do casco, as condições da carga, a rugosidade do casco, o estado do motor, entre outros.

2.2.2 Poluição do ar e saúde

A poluição do ar ambiente consiste em uma mistura altamente variável e complexa de diferentes substâncias, muitas das quais são potencialmente prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente (WHOa, 2006). Em 2012, uma em cada nove mortes foi resultado de condições relacionadas com a poluição atmosférica (WHO, 2016).

As evidências da poluição atmosférica (Material Particulado (PM)) sobre a saúde respiratória são bem documentadas, podendo estar relacionados ao surgimento, desencadeamento e piora de sintomas (por exemplo, Guidetti *et al.* (2020); Sant'Anna e Rocha (2020); Moraes *et al.* (2019); Machado-Silva *et al.* (2020)). No entanto, também são encontrados impactos em outras doenças, como as cardiovasculares (Gouveia *et al.* , 2006), na mortalidade e câncer (Ribeiro *et al.* , 2019) e no desenvolvimento e desfechos relacionados à gravidez (Arroyo *et al.* , 2016; Currie *et al.* , 2009; Lima *et al.* , 2014; Rangel and Vogl , 2019; Santos *et al.* , 2014; Trasande *et al.* , 2016). As partículas (PM) são capazes de penetrar profundamente no pulmão e entrar na corrente sanguínea, causando impactos cardiovasculares (doença cardíaca isquêmica), cerebrovasculares (derrame) e respiratórios (WHO, 2016).

No mundo todo, a carga geral estimada de doenças devido à poluição atmosférica externa pode ser responsável por aproximadamente 1,4% da mortalidade total, 0,5% de todos os anos de vida ajustados por incapacidade e 2% de todas as doenças cardiopulmonares (WHOa, 2006).

Os estudos apontam que alguns grupos populacionais são mais predispostos aos efeitos da poluição. Entre eles estão as crianças, idosos e pessoas com condições de saúde

pré-existente, como asma, DPOC e doença cardíaca isquêmica. As crianças têm taxas de doenças respiratórias mais altas do que os adultos e uma maior ingestão de poluentes do ar por unidade corporal. As crianças recebem dose potencialmente maior que os adultos porque elas apresentam maior ventilação por massa corporal. Além disso, passam normalmente mais tempo ao ar livre do que os adultos, aumentando assim seu potencial de exposição (Schwartz , 2004; WHOa, 2006). Os componentes do sistema respiratório são afetados pelo envelhecimento, tornando os idosos mais propensos as infecções respiratórias devido a um declínio na resposta da imunidade. Os idosos também podem ser mais suscetíveis à exposição de partículas devido acúmulo ao longo da vida (WHOa (2006)).

Além disso, outras condições da população são apontadas como fatores de risco para os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde, como condições sociais, em que o nível socioeconômico mais baixo está associado a nível aumentado de exposição, e esses indivíduos apresentam estado de saúde, comportamento ou traços mais predisponentes. Além do mais, pessoas com status socioeconômicos mais baixo têm maiores probabilidades de viver em grandes cidades poluídas, próximo a estradas, plantas industriais ou outras fontes de poluentes (WHOa, 2006).

Por fim, os poluentes podem gerar sequelas não relacionadas à saúde de interesse econômico. A saúde precária como resultado da exposição à poluição pode impactar contemporaneamente os ganhos aumentando o absenteísmo do trabalhador e diminuindo a produtividade do trabalhador para adultos e o absenteísmo escolar e o desempenho para crianças. A longo prazo, a poluição também pode limitar o acúmulo de capital humano, seja por efeitos diretos, como danos neurológicos, ou indiretos, ao influenciar investimentos futuros e o desenvolvimento de habilidades (Graff Zivin e Neidell, 2013).

2.3 METODOLOGIA

2.3.1 Base de dados e construção

Portos

Para nossa análise, focamos no transporte de carga. Os dados sobre a movimentação portuária foram obtidos junto à Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), que disponibiliza informações sobre a data de atracação e desatracação dos navios, a origem e o destino das embarcações, além do volume de carga movimentada, medido em toneladas, por porto brasileiro. Esses dados abrangem diferentes tipos de navios de carga, incluindo carga conteinerizada, cargas gerais, granel sólido, granel líquido e gasoso.

Para construir a medida de atividade portuária, foram calculadas diversas variáveis semelhantes as utilizadas por Moretti and Neidell (2011) e Gillingham and Huang (2021): (i) o número de navios que atracam e desatracam por dia; (ii) o número de navios ancorados no porto diariamente; e (iii) o volume de toneladas movimentadas por dia para o complexo

portuário de Santos e o de Vitória, respectivamente.

O foco foram os portos de Vitória e Santos devido à limitação dos monitores de monitoramento da qualidade do ar. Apenas nas cidades vizinhas a esses dois portos havia monitores que coletavam dados horários e diários com frequência. Segundo os dados da ANTAQ (2023), em 2021, o Porto de Santos foi considerado o segundo maior do país em termos de movimentação de carga, representando aproximadamente 9,3 % do total movimentado pelos portos brasileiros. Seguido pelo Terminal de Tubarão do Complexo portuário de Vitória, que representou 5,3 % do total. Além disso, o Porto de Santos está classificado entre os cem maiores do mundo, ocupando a 41ª posição em 2021 (LLOYD'S LIST , 2022).

Poluição do ar

As variáveis de poluição são monitoradas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o Estado de São Paulo e pelo Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) para o Estado do Espírito Santo. Ambos coletam dados de hora em hora de diversos monitores. Consideramos todos os cinco monitores existentes para as cidades do estado de São Paulo e sete[2] monitores para as cidades do Espírito Santos. A análise restringe-se ao material particulado com diâmetro inferior a 10 micrômetros (PM10), em $\mu g/m^3$, porque é regularmente coletado por todos os monitores. Os principais componentes do PM são sulfatos, nitratos, amônia, cloreto de sódio, carbono negro, poeira mineral e água (WHOa, 2006).

Os outros poluentes, como ozônio (O_3), além de possuir mais observações faltantes, são menos presentes nos monitores [3]. A utilização de apenas um tipo de poluente é comum na literatura, e os resultado são significativos. Para PM, por exemplo, podem ser vistos em Guidetti *et al.* (2020), Sant'Anna e Rocha (2020). Além do mais, é difícil diferenciar os efeitos quando se utilizam múltiplos poluentes (Deryugina *et al.* , 2019).

A construção dos dados de poluição diária envolve algumas etapas, como explicado em Guidetti *et al.* (2020), que utiliza dados da CETESB para a Região Metropolitana de São Paulo. Primeiramente, para os dados horários ausentes, as informações foram preenchidas calculando a média ponderada entre a hora anterior e a hora seguinte por 1 - $\frac{|h_i - h_m|}{h_a - h_b}$ i=a,b, em que h_a é a hora seguinte, h_b é a hora anterior e h_m é a hora faltante [4]. Quando havia doze horas ou mais sem dados no dia, a informação da poluição para

[2] Foram descartados dois monitores, pois mais de 60% da amostra para PM10 não possuía observações.

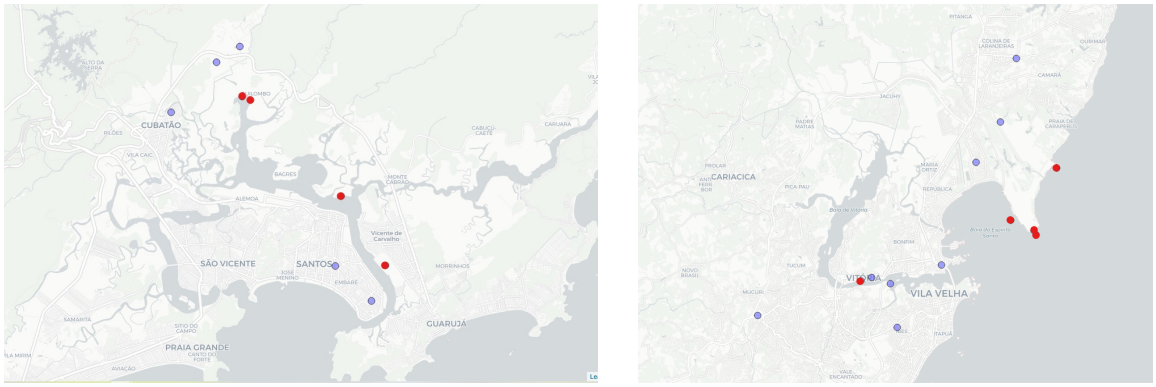
[3] Dos cinco monitores das cidades de São Paulo, há coletada de dados para O_3 apenas em quatro. Dos nove monitores das cidades do Espírito Santo, há informações para O_3 somente em quatro.

[4] Por exemplo: Se não houver informações para 16h e 17h, mas há informações para 15h e 18h. Para 16h, o valor é preenchido com uma média ponderada das informações de 15h por $\frac{2}{3}$ e 18h por $\frac{1}{3}$. De maneira semelhante, para as 17h, pondera-se as informações de 15h por $\frac{1}{3}$ e 18h por $\frac{2}{3}$.

aquele dia foi considerada como *missing*. Depois, calculou-se a média diária com base nos dados horários do dia. Para os dias faltantes, seguiu-se o mesmo procedimento de média ponderada, substituindo a hora por dia.

Atribuir o verdadeiro nível de poluição aos indivíduos é complicado por diversos motivos. Segundo Moretti and Neidell (2011), os indivíduos podem adotar comportamentos de evitação a poluição (em inglês, *avoidance behavior*), o que pode gerar viés negativo devido a mudanças de comportamento e também em razão de problemas de erros de medida. Com o objetivo de minimizar possíveis erros de medição na atribuição da exposição à poluição dos indivíduos, para compilar os dados, foi realizada uma interpolação espacial dos monitores em relação aos bairros para obtermos a exposição aos poluentes no nível de bairro. Isso foi feito utilizando como critério a ponderação pelo inverso da distância (IDW)[5] e as coordenadas geográficas para calcular as distâncias. A interpolação foi realizada para todos os bairros das seis cidades (Santos, Cubatão, Cariacica, Serra, Vila Velha e Vitória) utilizando as informações de PM10 dos cinco monitores de São Paulo e dos sete monitores do Espírito Santo.

A distância máxima entre os bairros e os monitores de poluição é inferior aos 25 quilômetros, o que é menor que as 25 milhas consideradas por Gillingham and Huang (2021). Entre bairros e o porto, a distância máxima é aproximadamente de 30 quilômetros. O monitor mais distante do porto está a cerca de 17 quilômetros. A Figura 1 exibe a localização dos monitores em azul e dos terminais portuários em vermelho.



Notas: Na primeira imagem, estão representadas a localização dos monitores de Santos, pontos em azul, e os terminais do Complexo Portuário de Santos, pontos em vermelho. Na segunda imagem, estão representados os monitores das cidades do Espírito Santo, pontos em azuis, e os terminais do Complexo Portuário de Vitória, pontos em vermelho.

Figura 1 – Localização dos monitores e portos considerados na análise.

Saúde

[5] A interpolação IDW se destaca pela eficiência e precisão. A IDW estima a variável no espaço atribuindo pesos aos n postos mais próximos, com base no inverso de uma potência da distância. Isso significa que, quanto menor a distância até o ponto a ser estimado, maior será o peso atribuído ao ponto amostrado Murara (2021).

Os dados de saúde foram coletados junto ao Sistema de Internação do Sistema Único de Saúde (SIH-SUS), um dado administrativo do sistema público de saúde brasileiro, o SUS, que contém informações sobre internações ocorridas no sistema público de saúde ou financiadas pelo SUS. Foram selecionadas todas as internações de pessoas que residiam nas cidades de Cubatão, Santos, Vitória, Vila Velha, Cariacica e Serra, cujo diagnóstico estava relacionado às "Doenças do Aparelho Respiratório"[6] conforme a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde - Décima Revisão (CID-10). Os dados do SIHSUS incluem o CEP de residência dos pacientes internados, a data de internação, a duração da internação, a idade do paciente, os gastos com a internação, o gênero e raça[7] dos indivíduos, entre outras variáveis.

A amostra foi dividida em três grupos etários: (i) bebês (idade entre 0 e 11 meses); (ii) crianças (idade entre 1 e 5 anos); (iii) idosos (idade igual ou superior a 65 anos). A exposição de curto prazo à poluição desses grupos é mais próxima ao local de residência e são consideradas mais suscetíveis aos efeitos da mudança do tempo e à exposição à poluentes atmosféricos, como (Schwartz , 2004; Moraes *et al.* , 2019; Currie *et al.* , 2009) mostram. Nesse contexto, optamos por focar nesses grupos, pois são indivíduos que tendem a passar mais tempo do dia em suas residências. Adultos podem passar muitas horas no trabalho e não observamos seu local de trabalho. O CEP de residência reportado pelo SIHSUS foi utilizado para georreferenciar e associar os indivíduos aos bairros.

Climáticas

As variáveis meteorológicas utilizadas foram a temperatura mínima e máxima, em graus Celsius, precipitação, em milímetros, umidade relativa, em porcentagem, velocidade do vento, em metros por segundo, e, radiação solar, em MJ/m2, obtidas junto ao Xavier *et al.* (2022). Os autores coletaram dados diários de estações meteorológicas e pluviométricas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Nacional de Águas (ANA), com resolução espacial 0,25º x 0,25º. Para aprimorar o conjunto de dados meteorológicos, os autores executaram interpolações em grade, aumentando a resolução para 0,1º x 0,1º. A escolha desses dados se deve ao fato de serem gerados a partir de observações e pelo fato de os autores terem utilizado diversas técnicas de interpolação, comparando-as para selecionar o melhor método que proporcionasse dados de alta qualidade.

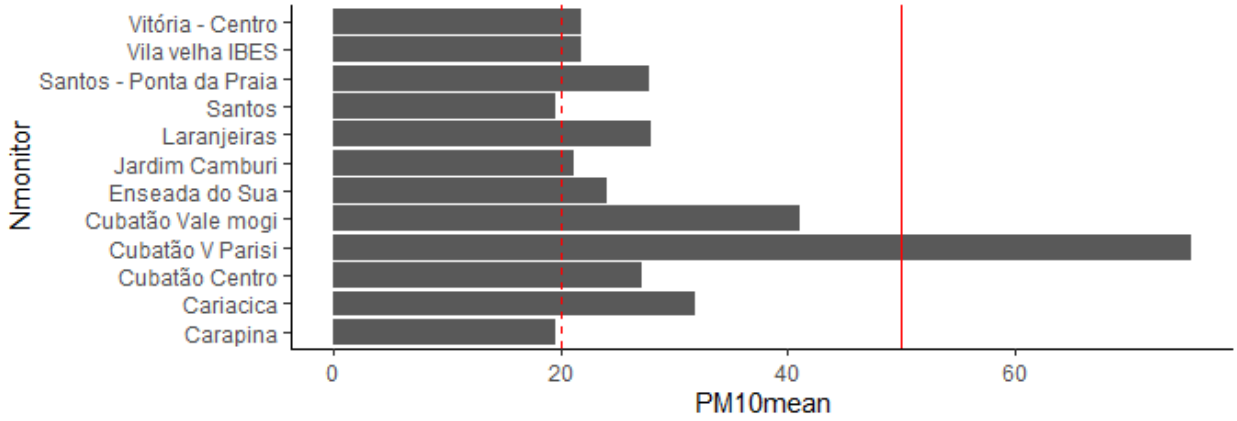
[6] São elas: Faringite aguda e amigdalite aguda, Laringite e traqueíte agudas, Outras infecções agudas das vias aéreas superiores, Influenza (gripe), Pneumonia, Bronquite aguda e bronquiolite aguda, Sinusite crônica, Outras doenças do nariz e dos seios paranasais, Outras doenças do trato respiratório superior, Bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas, Asma, Bronquiectasia, Pneumoconiose, Outras doenças do aparelho respiratório.

[7] Nos dados deste estudo, aproximadamente 79% das internações total possuem essa informação.

2.3.2 Estatísticas Descritivas

A amostra total contém 470 bairros de seis cidades localizadas próximas de portos (Cubatão, Santos, Cariacica, Vila Velha, Vitória e Serra) de dois estados (São Paulo e Espírito Santo) para o período de 2015-2019. Por se tratarem de bairros pequenos, eles foram agrupados em 34 regiões administrativas.

A Figura 2 apresenta a média diária de PM10 para cada monitor. A linha vermelha pontilhada indica o nível satisfatório para a média anual de PM10 recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), e a linha forte representa a concentração máxima por dia. Segundo a OMS, os níveis aceitáveis de PM10 são 20 $\mu g/m^3$ para a média anual e 50 $\mu g/m^3$ para a média de 24 horas(WHOb, 2006). Nota-se que em quase todos os monitores, o nível de PM10 foi acima do recomendado para a média anual.Também é possível notar que a poluição não é homogênea, mesmo dentro de uma mesma cidade. Por exemplo, as médias dos monitores de Santos ("Santos-Ponta da Praia"e "Santos") apresentam diferenças significativas.



Notas: O gráfico exibe a média de PM10 por monitor. As linhas representam as diretrizes da OMS, a linha pontilhada referente à média anual e linha contínua à média de 24 horas.

Figura 2 – Média de PM10 por monitor e o nível recomendado pela OMS.

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva, média e desvio padrão, da taxa de hospitalização por grupos etários para cada ano, média e desvio padrão. As informações no painel A são para bebês com menos de 1 ano de idade, no painel B são para crianças com idade entre 1 e 5 anos e, por fim, no painel C são para idosos com idade igual ou superior a 65 anos. As médias diárias oscilam ao longo dos anos. Entre os três grupos analisados no período de 2015 a 2019, os bebês apresentam as maiores taxas médias diárias de internação, variando de 11,82 a 16,24 por dia a cada 100.000 bebês, indicando a maior vulnerabilidade desse grupo. Para as crianças, a média entre 2,56 a 4,5 internações diária a cada 100.000 crianças, as menores taxas. Os idosos apresentaram médias diárias, oscilando de 2,78 a 5,08 hospitalizações por dia a cada 100.000 idosos.

Tabela 1 – Estatísticas da taxa de internações diária por grupo para cada ano

Ano	Média	Desvio padrão
Painel A – Grupo de Bebês (idade entre 0 - 11 meses)		
2015	16,24	280,46
2016	16,28	360,67
2017	15,44	506,86
2018	21,34	538,37
2019	11,82	225,09
Painel B – Grupo de Crianças (idade entre 1 - 5)		
2015	4,50	82,14
2016	4,01	99,67
2017	3,26	80,31
2018	3,93	64,07
2019	2,56	47,61
Painel C – Grupo de idosos (idade igual ou maior que 65)		
2015	5,08	90,66
2016	4,48	90,93
2017	4,33	99,12
2018	4,68	346,89
2019	2,78	56,73

Notas: A tabela apresenta a taxa média diária de internações, o desvio padrão, desagregados por faixa etária e ano para as seis cidades que fazem parte da análise. A variável de taxa internação é medida como o número de admissões hospitalares por 100.000 habitantes.

Para entender a dimensão populacional, a Tabela 2 apresenta o número total de habitantes e a proporção dos grupos analisados nas cidades incluídas no estudo. De acordo com o Censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, aproximadamente 1,07% da população brasileira reside nessas seis cidades. Dentre elas, Santos é a cidade mais populosa, seguida por Vila Velha e Serra. Além disso, Santos é a cidade da amostra com a maior porcentagem de idosos e a menor porcentagem de crianças e bebês, enquanto Serra apresenta o cenário oposto. A proporção de idosos com 65 anos em Santos, Vila Velha e Vitória supera a média nacional do censo de 2010 (cerca de 7,4% da população). Atualmente, de acordo com censo de 2022, os idosos com 65 ou mais é em torno de 10,9% da população total.

Por sua vez, a Tabela 3 apresenta um resumo da população média e da porcentagem média da população dos grupos por bairro, separadas por cidade. Quanto à porcentagem da população de bebês (0 a 11 meses) e crianças (1 a 5 anos), as seis cidades apresentam valores semelhantes, respectivamente entre 1-2% e 6-7%. No entanto, a proporção de idosos (60 anos ou mais) exibe diferenças consideráveis. A cidade de Santos se destaca por ter a maior porcentagem média de idosos, quase 11%, seguida por Vitória, onde aproximadamente 9% da população é composta por idosos. As demais cidades apresentam

Tabela 2 – População e a porcentagem dos grupos por cidade

Cidades	Total	Bebês		Crianças		Idosos	
		Pop	%	Pop	%	Pop	%
Santos	419 400	4251	1,01	21504	5,13	60902	14,52
Cubatão	118 720	1739	1,46	8825	7,43	6463	5,44
Cariacica	348 738	5173	1,48	26157	7,50	22117	6,34
Serra	409 267	6322	1,54	31779	7,76	19991	4,88
Vila Velha	414 586	5232	1,26	26515	6,40	31810	7,67
Vitória	327 801	3917	1,19	19642	5,99	28796	8,78

Notas: A tabela apresenta a contagem e a porcentagem da população total e dos grupos por cidade.

uma porcentagem de idosos variando entre 5% e 7%

Tabela 3 – População média por bairro

		Bebês		Criança		Idosos	
Cidades	Média	Porcentagem média	Média	Porcentagem média	Média	Porcentagem média	
Santos	80,21	1,31	405,73	6,62	1127,81	10,72	
Cubatão	59,98	1,54	304,31	7,78	222,84	5,33	
Cariacica	53,88	1,52	272,47	7,68	230,39	6,39	
Serra	56,45	1,52	286,3	7,63	178,49	5,81	
Vila Velha	57,49	1,36	291,38	6,89	349,55	7,06	
Vitória	48,36	1,23	242,5	6,22	351,17	9,14	

Notas: A tabela apresenta a população média por bairro, assim como a porcentagem da populaçao de cada grupo.

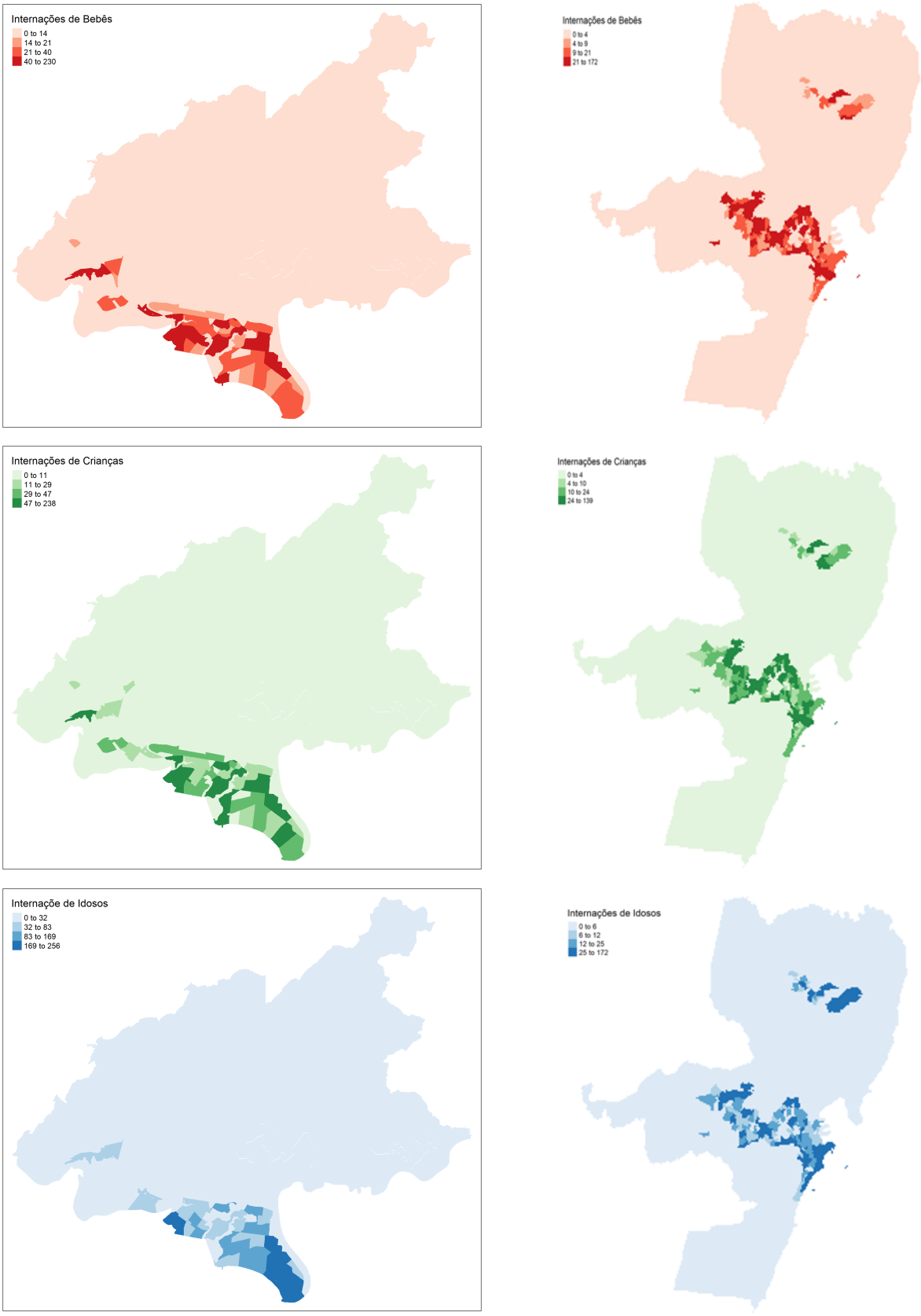
A Tabela 4 apresenta o resumo das concentrações médias de PM10, de toneladas movimentadas e das atracações de navios diárias por ano. Ao longo dos anos, observa-se uma redução nas médias das três variáveis, sugerindo a existência de uma correlação entre elas. Além disso, é possível deduzir uma leve correlação com probabilidade de hospitalização.A maior média foi registrada em 2015 para ambas as variáveis. Nesse ano, os dois complexos portuários movimentaram, em média, 425 mil toneladas por dia. No período de 2015 a 2019, a média diária foi de 329,5 mil toneladas para Santos e 363,6 mil toneladas para Vitória (Tabela 13), totalizando mais de 50 milhões de toneladas movimentadas anualmente. Esses volumes posicionam os complexos como grandes autoridades portuárias (Zanne e Twrdy , 2020).

Tabela 4 – Estatísticas de PM10, toneladas e navios por ano

Ano	PM10			Tonelada			Navios		
	Média	Desvio padrão	Máxima	Média	Desvio padrão	Máxima	Média	Desvio padrão	Máxima
2015	33,58	15,63	282,54	425,0369	260,4845	1326,029	64,83	57,55	373
2016	27,30	11,31	214,07	349,7445	241,1783	1544,347	61,03	58,31	323
2017	24,30	10,45	181,07	365,9601	229,3967	1238,960	58,34	59,92	317
2018	21,76	8,76	198,21	354,4682	220,1738	1176,886	54,96	60,56	285
2019	22,57	9,93	166,69	291,1327	203,6939	1105,810	38,45	55,87	297

Notas: A tabela apresenta médias, máximas e desvios padrão diários por ano para PM10 ($\mu g/m^3$), o volume movimentado nos portos em toneladas/1000 e quantidade de atracações de navios (incluem navios de pequeno e grande porte).

A Figura 3 mostra a distribuição espacial das internações total do período de 2015-2019 para cada bairro. Quanto mais escuro no mapa, maior o número de internações no bairro no período analisado. Podemos observar que a distribuição das internações no espaço muda entre os grupos. E que bairros mais perto dos terminais estão nos qaurtis superiores, ou seja, possuem maior número de internações.



Notas: Os mapas quantílicos da quantidade total de internações no período para cada grupo. À esquerda, para a região do porto de Santos, e à direita, para região do porto de Vitória.

Figura 3 – Distribuição espacial do número de internações por bairro, 2015-2019.

2.3.3 Estratégia Empírica

Estimar o impacto direto da poluição do ar nos resultados de saúde da população em torno dos portos pode gerar a uma estimativa tendenciosa. Isso ocorre porque a exposição à poluição não é atribuída aleatoriamente aos residentes. As pessoas mais exigentes podem optar por áreas mais limpas ou ajustar suas rotinas diárias com base na previsão de poluição (Gillingham and Huang , 2021). Indivíduos com renda mais eleveda provavelmente selecionarão locais com melhor qualidade do ar (Chay e Greenstone , 2005). Além disso, existem possíveis erros de atribuição dos níveis poluição aos bairros, a exposição à poluição do ar não é medida diretamente nos locais de residência dos indivíduos, mas estimada com base nas medições dos monitores mais próximos disponíveis, o que gera um erro de medição inevitável. Caso esse erro seja do tipo clássico, é provável que ocorra um viés de atenuação nas estimativas de interesse (Guidetti *et al.* , 2020).

Para superar esses desafios, empregamos a abordagem de variáveis instrumentais, exploramos um instrumento capaz de lidar com fontes não estacionárias: a velocidade do vento. Essa variável não parece estar diretamente correlacionada à saúde da população. Nesse sentido, explorou-se a exogeneidade da velocidade do vento como determinante da poluição, ou seja, a velocidade do vento não afeta diretamente as hospitalizações por doenças respiratórias. O impacto nas internações ocorre apenas devido a influência no nível de poluição. Estudos recentes a utilizam como uma fonte de variação exógena nos níveis de poluição, como demonstrado em Deryugina *et al.* (2019) e Guidetti *et al.* (2020). A premissa é que o vento dissipa e dilui a poluição, reduzindo as concentrações de PM10 próxima do porto e levando-a para bairros mais afastados. Além disso, velocidade do vento mais altas podem influenciar a necessidade de empuxo do motor do navio e a taxa de emissões de poluentes (Gillingham and Huang , 2021).

Ou seja, para estimar o efeito causal das concentrações diárias de poluição nas internações hospitalares em áreas portuárias, a análise ocorre em dois estágios, com base em (Gillingham and Huang , 2021; Moretti and Neidell , 2011; Deryugina *et al.* , 2019; Guidetti *et al.* , 2020). No primeiro estágio, estimamos a regressão que relaciona o efeito da velocidade do vento sobre a poluição do ar (PM10) (Equação 2.1). No segundo estágio, uma regressão da taxa de hospitalização com à poluição do ar (Equação 2.2). Nas análises foram incluídos controles de fatores climáticos, como temperatura, precipitação e velocidade do vento, uma vez que esses fatores influenciam significativamente os níveis de poluição e estão relacionados às questões de saúde, de acordo com as seguintes especificações:

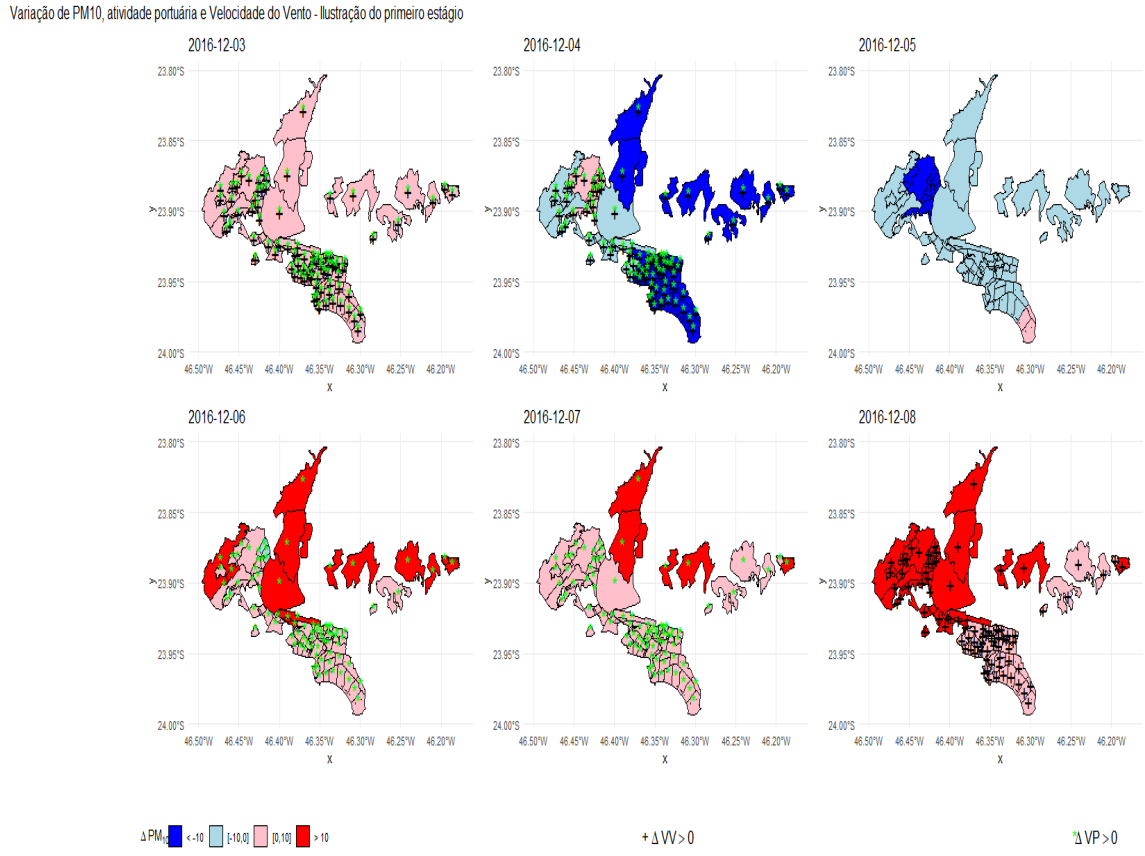
$$PM_{it} = \alpha + \beta_1 VV_{it} + \theta X_{it} + \delta_t + \mu_i + \epsilon_{it} \tag{2.1}$$

$$Hosp_{it} = \gamma + \beta P_{it} + \theta X_{it} + \delta_t + \mu_i + \epsilon_{it} \tag{2.2}$$

em que PM_{it} é o nível de poluição diária na região i, VV_{it} é a velocidade do vento no na região i, $Hosp_{it}$ é a taxa hospitalização por doenças respiratórias na região i no dia t. O vetor X inclui temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação. Também inclui termos quadráticos para cada um dos controles. δ_t e μ_i são efeitos fixos de tempo (ano, mês e dia da semana) e de região para capturar fatores locais invariantes no tempo que podem a afetar os resultados, assim como erro de medição invariável no tempo. ϵ_{it} é o termo de erro que inclui o comportamento de evitação, fatos não observados e erros de medição.

Pelo fato dos dados apresentarem uma distribuição Poisson, adotamos a estimação Poisson como a principal para a equação 2.2 juntamente com o metodos de dois estágios. Na Equação 2.1, os coeficientes de interesse, β_1, indica o efeito da velocidade do vento nas concentrações locais diárias de material particulado. Na Equação 2.2, o coeficiente de interesse β demostra o efeito de um aumento de uma unidade nas concentrações de poluentes na taxa de hospitalização por dia, cuja causa está relacionada a doenças do sistema respiratório. Para ser instrumento válido e as estimativas serem não enviesadas, VV_{it} deve satisfazer a restrição de exclusão, ou seja, não ser correlacionado com o termo de erro da Equação 2.2, isto é, $cov(VV_{it}, \epsilon_{it}) = 0$.

Para ilustrar o efeito da velocidade do vento sobre a poluição por partículas, a Figura 4 exibe as medições diárias de tonelagem, velocidade do vento e PM10 de 3 a 8 de dezembro de 2016 para a região do porto de Santos (3 de dezembro é um sábado). As áreas vermelhas indicam bairros com alta poluição em dias específicos, enquanto as áreas azuis representam regiões com ar mais limpo. O símbolo “+” destaca aumentos na velocidade do vento, e o símbolo "*"em verde sinaliza aumentos no volume de tonelagem movimentada nos portos (*proxy* para atividade portuária). Observa-se que, à medida que os ventos se intensificam, como em 4 de dezembro, mesmo com o aumento da atividade portuária, a poluição do ar é dispersada naquele dia e no seguinte. Como a poluição é gerada diariamente, é necessário um maior volume de vento para limpar o ar. Por exemplo, nos dias 6 e 7, observa-se um aumento consecutivo na atividade portuária, resultando em acúmulo de poluição devido à ausência de ventos mais intensos. Esse fenômeno também pode ser observado na região de Vitória, conforme ilustrado na Figura 7.



Notas: A figura apresenta o mecanismo subjacente à estimativa do primeiro estágio. Ela exibe as variações diárias de PM10, a tonelagem diária movimentada no porto e a velocidade do vento, no período de 3 a 8 de dezembro de 2016 (3 de dezembro é sábado), na região portuária de Santos. As áreas vermelhas indicam bairros com alta poluição em dias específicos, enquanto as áreas azuis representam regiões com ar mais limpo. O símbolo “+” destaca aumentos na velocidade do vento, e o símbolo "*"em verde sinaliza aumentos no volume de tonelagem movimentada. Observa-se que, à medida que os ventos se intensificam, como em 4 de dezembro, mesmo com o aumento da atividade portuária, a poluição do ar é dispersada naquele dia e no seguinte.

Figura 4 – Efeito da atividade portuária e velocidade do vento no PM10 na região do Porto de Santos - Ilustração do primeiro estágio

2.4 RESULTADOS

2.4.1 Primeiro estágio

O resultado do primeiro estágio, o parâmetro β_1 da Equação 2.1, é demonstrada na Tabela 5. O PM10 é regredido com a velocidade do vento contemporânea como variável instrumental, efeitos fixos de região e tempo, e as demais covariáveis descritas na seção anterior As regressões do primeiro estágio examinam se a velocidade do vento está correlacionada com o PM10. Um primeiro estágio válido é necessário para a identificação. A estatística F do primeiro estágio apresentou um valor significativamente elevado, atingindo o valor de 702,45. Assim, rejeita-se a hipótese de instrumento fraco, na qual uma estatística

abaixo de 10 é apontado como um instrumento fraco (*e.g*, Andrews *et al.* (2019)).

Como esperado, a velocidade do vento atua como um fator de dissipação da poluição. Encontrou-se uma correlação negativa e estatisticamente significativa da velocidade do vento nos níveis de PM10. Como o vento dispersa a poluição, quanto mais forte ele sopra, maior é a remoção de material particulado, resultando em um ar mais limpo.

Tabela 5 – Correlação da atividade portuária sobre PM10

	Variável dependente: PM10
Velocidade do vento	-2,8763***
	(0,1085)
Estatística F	702,45
Observações	62050
Número de Regiões	34
EF Região	Sim
EF Ano	Sim
EF Mês	Sim
EF dia da semana	Sim
Controles	Sim

Notas: A tabela apresenta os resultados do primeiro estágio, a regressão da velocidade do vento sobre a concentração de PM10. Foi utilizado efeito fixo de Ano, mês,região e dia da semana. A especificação inclui controles climáticos, bem como a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. As estatísticas F referem-se ao teste de significância do instrumento. Entre parênteses são os erros padrão. Os níveis de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

2.4.2 Segundo estágio

No segundo estágio, o foco é analisar os efeitos da poluição do ar na saúde. Primeiramente, a Tabela 6 apresenta os resultados da estimação da equação 2.2 por Poisson no painel A. Posteriormente, o painel B exibe as estimativas utilizando mínimos quadrados em dois estágios para cada grupo. Na qual instrumentalizou-se a poluição utilizando a velocidade do vento. Cada estimativa representa uma regressão individual. Os resultados mostram os efeitos do aumento nas concentrações de PM10 sobre as taxas de internações por causas respiratórias.

Em comparação com as estimativas do modelo Poisson, os coeficientes obtidos pelo método 2SLS são mais elevados. Essa diferença pode decorrer do viés associado à suposição de linearidade na modelagem da variável dependente. Como nossos dados apresentam distribuição assimétrica, o modelo Poisson pode ser o mais adequado por respeitar a natureza não linear da relação entre as variáveis. Já o modelo 2SLS trata a

Tabela 6 – Impacto de poluição sobre a taxa de hospitalização

	Variável dependente: Taxa de hospitalização		
	Bebês (0-11 meses)	Crianças (1-5 anos)	Idosos (65 ou mais)
Painel A - IV - Poisson			
PM10	-0,0093	-0,0183	0,0334**
	(0,0147)	(0,0148)	(0,0152)
Pseudo R	0,127	0,096	0,067
Painel B – 2SLS (instrumento: VV)			
PM10	-0,1158	-0,0575	0,1133**
	(0,2291)	(0,0474)	(0,0551)
Estatística F	702,45	702,42	672,47
Média da Var. dep.	15,17	3,36	3,57
Observações	62050	62050	62050
Número de Regiões	34	34	34
EF Região	Sim	Sim	Sim
EF Ano	Sim	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim	Sim
EF dia da semana	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim

Notas: A tabela apresenta os resultados de PM10 sobre a taxa de hospitalização por causa respiratória para cada grupo. A taxa de hospitalização é medida como o número de admissões hospitalares por 100.000 indivíduos. Foram utilizados efeitos fixos de Ano, mês, região e dia da semana. A especificação possui controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. Entre parênteses estão os erros padrão robustos. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

variável dependente de forma linear, o que pode levar a estimativas menos precisas ou enviesadas.

Quando utiliza-se instrumentos para a poluição atmosférica (PM10), obtivemos efeitos significativos para idosos. Para bebês e crianças não foram encontrados efeitos significativo do PM10 contemporâneo sobre as internações hospitalares. O efeito nulo pode estar relacionado ao tamanho da população, uma vez que a porcentagem de bebês e crianças é menor em comparação à de idosos nessas cidades portuárias, especialmente em Santos, onde uma parcela significativa da população tem mais de 65 anos, como observado anteriormente.

O resultado do modelo de Poisson indica que aumento de 10 $\mu g/m^3$ de PM10 está associado a um acréscimo de aproximadamente 3 hospitalizações por motivos respiratórios a cada um millhão de idosos com idade igual ou superior a 65 anos. Para as estimativas

2SLS, o efeito é maior, 11 internações adicionais a cada um millhão de idosos. Dado que a taxa média de hospitalização desse grupo foi de 35,7 por milhão de idosos, esses efeitos representam um aumento de 8,4% e 30,8%, respectivamente.

Se consideramos o número total de idosos em todas as cidades da nossa amostra, o número de internações hospitalares aumenta em aproximadamente 1,4 idosos com aumento de 10 $\mu g/m^3$ nas concentrações de PM10. Em regiões com poluição elevada, os efeitos cumulativos de múltiplos aumentos na concentração de PM10 podem levar a um impacto mais substancial.

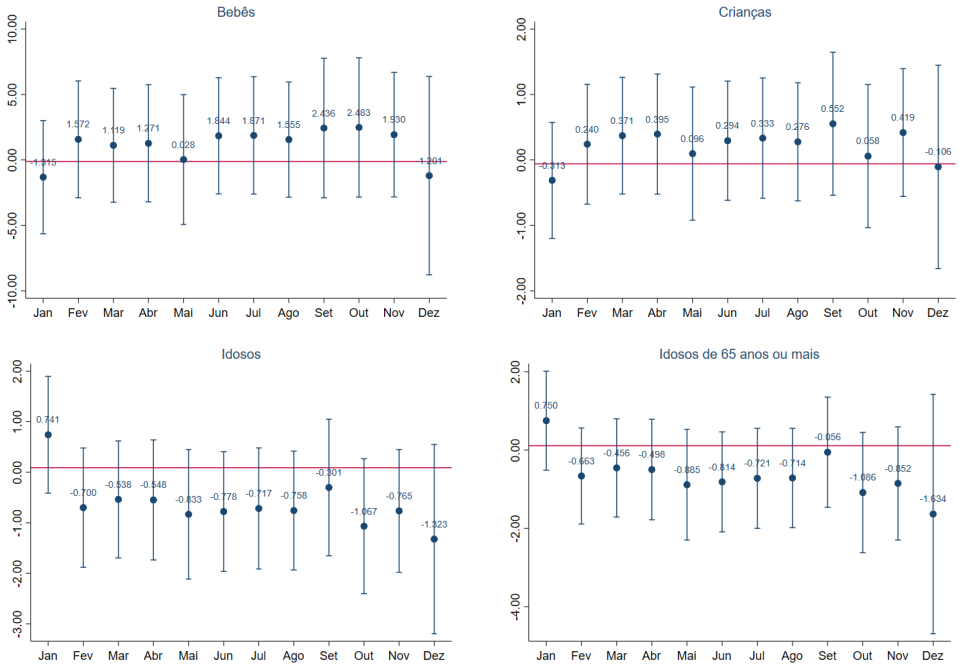
Retornando ao número de 1,4 hospitalizações hospitalizações adicionais diárias de idosos por doenças respiratórias, se consideramos o custo médio diário de hospitalização para idosos de 60 ou mais no período, que foi de R$ 264,52, a despesa adicional seria aproximadamente de R$ 370,33 por dia. Dado que, em nossos dados, a duração mediana da hospitalização é de 7 dias, o custo adicional total corresponde a R$ 2.592,30 por dia. Em um ano, esse impacto resultaria em um aumento de despesas para o governo estimado em R$ 135.170,45.

A ausência de efeito estatisticamente significativo da concentração de PM10 sobre as internações por doenças respiratórias entre crianças de 1 a 5 anos não necessariamente contraria a evidência existente na literatura. Os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde podem apresentar heterogeneidade segundo a faixa etária, o tipo de desfecho e as características locais da exposição. Estudos realizados no Brasil, por exemplo Braga *et al.* (2001), encontram efeitos distintos entre grupos etários e diferentes diagnósticos respiratórios, com evidências de maior suscetibilidade entre crianças mais jovens.

Além disso, há estudos que não identificam associação estatisticamente significativa entre PM10 e internações respiratórias, apesar de encontrarem efeitos para outras frações do material particulado. Peng *et al.* (2008), por exemplo, identificaram associação estatisticamente significativa entre $PM_{2,5}$ e internações respiratórias, mas não encontraram associação significativa para o material particulado ($PM_{10-2,5}$). A agregação dos diferentes diagnósticos em uma única medida de internações por doenças respiratórias também pode atenuar associações específicas entre a exposição ao PM10 e determinados agravos respiratórios. Dessa forma, o resultado encontrado neste estudo pode refletir diferenças na composição da exposição, nas características da população analisada, na medida de poluição utilizada ou ainda no desenho empírico adotado.

Comparando a dimensão dos resultados encontrados com os reportados por Moretti and Neidell (2011) e Gillingham and Huang (2021), os achados deste estudo são similares ao dos autores. No geral, os efeitos da poluição atmosférica sobre hospitalizações relacionados ao aparelho respiratório são positivos, e os coeficientes são maiores quando utilizaram instrumentos para poluentes, como os obtidos nesses estudos Deryugina *et al.* (2019); Moretti and Neidell (2011); Guidetti *et al.* (2020); Sant'Anna e Rocha (2020).

Para analisar a sazonalidade do impacto da poluição do ar (PM10) nas taxas de internação por causas respiratórias, incluímos no modelo as interações entre as dummies de mês e o PM10. O coeficiente dessas variáveis indica a diferença entre o efeito médio da poluição em cada mês e o efeito médio da poluição em janeiro sobre a taxa de hospitalização. Os coeficientes do segundo estágio estão plotados no gráfico da Figura 5. Não foram encontrados efeitos estatisticamente significativos.



Notas: Os gráficos apresentam a variação dos coeficientes estimados para PM10 sobre a taxa de internação dos grupos ao longo dos meses do ano. A variável é taxa de hospitalização por 100.000 habitantes. A linha vermelha indica o efeito médio. Foram utilizados efeitos fixos de Ano, região, mês e dia da semana. A especificação possui controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Figura 5 – Sazonalidade do efeito de PM10 nas taxas de hospitalizações.

2.4.3 Efeito por semana

Como os dados são diários, a percepção é de que a magnitude do efeito da poluição sobre as taxas de hospitalização por causas respiratórias é pequena. Por isso, agregamos os dados em nível semanal, de modo que a variável dependente passa a ser a taxa de internação semanal, enquanto as demais variáveis correspondem às médias semanais.

A Tabela 7 apresenta os novos resultados do segundo estágio, enquanto os resultados do primeiro estágio estão disponíveis no Apêndice (Tabela 14). Os primeiros resultados indicam que, embora o efeito diário pareça reduzido, sua magnitude se torna mais expressiva quando analisada em períodos agregados. Assim, a longo prazo, o impacto negativo da atividade portuária sobre a poluição e, consequentemente, sobre a saúde da população dessas regiões, pode ser de grande relevância. No entanto, os achados não se mostraram

estatisticamente significativos ao considerar as variações na média semanal de PM10 sobre as taxas de internação.

Tabela 7 – Impacto de poluição sobre a taxa de hospitalização semanal

	Variável dependente: Taxa de hospitalização semanal		
	Bebês (0-11 meses)	Crianças (1-5 anos)	Idosos (65 mais)
Painel A - IV-POISSON			
PM10	0,0155	-0,0131	0,0351
	(0,0220)	(0,0214)	(0,0224)
Pseudo R	0,2729	0,2061	0,1653
Painel B – 2SLS (instrumento: VV)			
PM10	2,8321	-0,0239	0,7930
	(2,3732)	(0,4814)	(0,5506)
Estatística F	106,32	106,37	99,83
Média da Var. dep.	106,56	23,58	25,07
Observações	8840	8840	8840
Número de Regiões	34	34	34
EF Ano	Sim	Sim	Sim
EF Região	Sim	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim

Notas: A tabela apresenta os resultados de PM10 sobre a taxa de hospitalização por grupo. A variável dependente é a taxa semanal de hospitalização por 100.000 habitantes. Foram utilizados efeitos fixos de Ano, mês e de região. A especificação possui controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. Entre parênteses estão os erros padrão robustos. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

2.4.4 Defasagem de PM10

Como pode haver efeitos retardados e acumulativos da poluição atmosférica, acrescentou-se defasagens nas estimações. Os resultados do primeiro estágio estão na Tabela 15 e do segundo estágio na Tabela 8 para os bebês, na Tabela 16 para as crianças (Apêndice) e para idosos na Tabela 9. No primeiro estágio, observa-se que a velocidade do vento contemporânea exerce maior efeito negativo sobre o PM10. Na ausência de vento, a qualidade do ar tende a se deteriorar progressivamente ao longo do tempo.

No segundo estágio, ao incluir defasagem, podemos pensar que o tempo até internação pode variar de acordo com a gravidade do caso e preocupação dos pais e dos idosos com sua saúde. A ida ao hospital pode ocorrer nos primeiros sintomas ou pode ser

depois de alguns dias, influenciando nos resultados contemporâneos. Esse comportamento foi observado para os bebês, entre os quais foi identificado um efeito estatisticamente significativo em t-2.

O efeito maior na defasagem, sugere que após uma exposição mais elevada à poluição (PM10), os pais tendem demorar a leva o bebês ao hospital. Isso ocorre porque os sintomas podem demorar a aparecer ou porque os pais acreditam que não seja grave, o que acaba retardando a visita ao médico. Para os idosos, o efeito contemporâneo é mais intenso, sugerindo que os sintomas surgem rapidamente e resultam em uma busca imediata por assistência médica, o que reflete uma maior preocupação com a saúde por parte dessa faixa etária.

Além disso, analisamos o efeito acumulativo. Nossos resultados indicam que a soma dos coeficientes aumenta para os idosos até t-1 e para bebês até t-2. No entanto, esse efeito acumulado não é estatisticamente significativo, destacando a maior relevância do efeito isolado.

Tabela 8 – Segundo estágio para Bebês - defasagem de PM10

	Variável	dependente:	Taxa de	hospitalização de bebês
$PM10_t$	-0,0093	-0,0054	0,0027	0,0078
	(0,0147)	(0,0178)	(0,0182)	(0,0195)
$PM10_{t-1}$		-0,0177	-0,0313	-0,0525
		(0,0309)	(0,0308)	(0,0423)
$PM10_{t-2}$			0,1062**	0,0987**
			(0,0451)	(0,0448)
$PM10_{t-3}$				-0,0406
				(0,0486)
Acumulado	-0,0093	-0,0231	0,0776	0,0134
	(0,0147)	(0,0356)	(0,0576)	(0,0808)
Pseudo R	0,1270	0,1268	0,1273	0,1276
Observações	62050	58272	58240	58208
Número de Regiões	34	34	34	34
EF Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Região	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim	Sim	Sim
EF dia da semana	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim

Notas: A tabela mostra o resultado do segundo estágio com defasagens de PM10. A novidade é a inclusão de 3 defasagens de exposição ao PM10. A variável independente é a taxa de hospitalização de bebês (0-11 meses) por 100.000 bebês. A especificação possui controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. Cada coluna relata coeficientes de uma regressão diferente. Os efeitos acumulativos são a soma de todos os coeficientes PM. Entre parênteses estão os erros padrão robustos. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Tabela 9 – Segundo estágio para idosos 65 mais - defasagem de PM10

	Variável	dependente: Taxa	de hospitalização	de idosos 65 mais
$PM10_t$	0,0334**	0,0236	0,0191	0,0121
	(0,0152)	(0,0180)	(0,0188)	(0,0205)
$PM10_{t-1}$		0,0252	0,0325	0,0651
		(0,0312)	(0,0318)	(0,0435)
$PM10_{t-2}$			-0,0568	-0,0463
			(0,0447)	(0,0439)
$PM10_{t-3}$				0,0559
				(0,0544)
Acumulado	0,0334**	0,0487	-0,0052	0,0868
	(0,0152)	(0,0360)	(0,0580)	(0,0848)
Pseudo R	0,0670	0,0667	0,0666	0,0667
Observações	62050	58272	58240	58208
Número de Regiões	34	34	34	34
EF Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Região	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim	Sim	Sim
EF dia da semana	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim

Notas: A tabela mostra o resultado do segundo estágio com defasagens de PM10. A novidade é a inclusão de 3 defasagens de exposição ao PM10. A variável independente é a taxa de hospitalização de idosos por 100.000. A especificação possui controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. Cada coluna relata coeficientes de uma regressão diferente. Os efeitos acumulativos são a soma de todos os coeficientes PM. Entre parênteses estão os erros padrão robustos. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

2.4.5 Robustez

A análise de robustez envolve testar diferentes configurações de instrumentos para PM10, além da velocidade do vento incluímos no modelo a tonelagem diária movimentada no porto e a direção do vento. Seguindo Deryugina *et al.* (2019), a direção do vento é representada por três variáveis dummies que informam o quadrante da direção. Ao usar tonelagem leva-se em consideração o fato de portos maiores com maior capacidade de movimentação de carga têm mais probabilidade de ter maiores emissões (Gillingham and Huang , 2021)

Os novos resultados são apresentados nas Tabelas 17 (1º estágio) no Apêndice e 10 (2º estágio). No primeiro estágio (Tabela 17), o Painel A mostra o resultado inical usando somente a velocidade do vento como a covariável de interesse, enquanto o Painel B mostra os resultados adicionado a tonelagem como isntrumento adicional, e o Painel C apresenta os resultados usando velocidade do vento e as dummies de quadrantes da direção do vento. Todos os resultados incluem efeitos fixos região, ano, mês e dia da semana.

Os coeficientes do primeiro estágio (Tabela 17) são estatisticamente significativo,

exceto a dummy de qudarante 1. O efeito positivo da atividade portuária sobre o PM10 indica que um aumento de um por cento na tonelagem em um porto em um dia resulta em aumentos de 0,07% nas concentrações de poluição na região portuária. No caso da velocidade do vento, em todas configurações apresentaram impactos estatisticamente significativos e negativos sobre a poluição. Ao incluir as dummies de direção do vento, esse efeito se intensifica. Quanto maior a velocidade do vento, maior a remoção de material particulado, mais limpo é o ar. Em geral, esse resultados do primeiro estágio mostra que a proxy para atividade portuária (volume de tonelagem) contribui para a poluição e que a velocidade do vento é importante na limpeza do ar.

Nessas configurações de instrumentos, os resultados do segundo estágio (Tabela 10) foram estatisticamente significativos somente para idosos também, reforçando os achados para esse grupo. Os coefiecientes são relativamente próximos do resultado principal. Destacamos apenas que, ao incluir a direção do vento, o efeito do PM sobre as hospitalizações se torna ligeiramente maior.

Tabela 10 – Impacto da poluição sobre internações com diferentes instrumentos

	Variável dependente: Taxa de internação		
Instrumentos	VV	log(ton) + VV	VV +quadrante DV
Painel A – Bebês (0-11 meses)			
PM10	-0,0093	-0,0069	-0,0031
	(0,0147)	(0,0147)	(0,0148)
Pseudo R	0,127	0,1264	0,1266
Observações	62050	58168	58400
Painel B – Crianças (1-5 anos)			
PM10	-0,0183	-0,0186	-0,0168
	(0,0148)	(0,0149)	(0,0143)
Pseudo R	0,096	0,0957	0,0959
Observações	62050	58168	58400
Painel C - Idosos (65 ou mais)			
PM10	0,0334**	0,0327**	0,0367**
	(0,0152)	(0,0152)	(0,0153)
Pseudo R	0,067	0,0668	0,0670
Observações	62050	58168	58400
Número de Regiões	34	34	34
EF Ano	Sim	Sim	Sim
EF Região	Sim	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim	Sim
EF dia da semana	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim

Notas: A tabela apresenta o resultado de PM10 sobre a taxa de hospitalização por grupo. A variável dependente é taxa de internações por 100.000 habitantes. Em ambos painéis foram utilizados os efeitos fixos de Ano, região, mês e dia da semana. Ambas especificações possuem controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. Entre parênteses são os erros padrão robusto. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

2.4.6 Heterogeneidade

2.4.6.1 Distância

Na primeira análise de heterogeneidade, incluímos a distância média mínima da região ao porto como um fator potencial de influenciar na magnitude dos efeitos estimados, partindo da premissa de que a proximidade ao porto pode afetar significativamente o nível de exposição da população à poluição. Essa abordagem permite captar a heterogeneidade espacial do efeito da poluição portuária sobre a saúde da população, reconhecendo que a

exposição tende a ser maior nas áreas mais próximas aos centros de atividade portuária e menor nas regiões mais afastadas.

Para isso, inserimos uma interação entre a variável de poluição (PM10) e a distância ao porto na especificação principal ($P_{it} * dist$):

$$Hosp_{it} = \gamma + \beta_1 P_{it} + \beta_2 P_{it} * dist + \theta X_{it} + \delta_t + \mu_i + \epsilon_{it} \tag{2.3}$$

Nessa especificação, β_2 captura como o efeito PM10 sobre a taxa de internação por causas respiratórias varia com a distância da região ao porto. Como dist é uma variável contínua (medida em quilômetros), esse termo representa o efeito marginal da distância sobre o impacto de P_{it}. O coeficiente β_1 representa o efeito médio das concentrações de PM10 sobre a taxa de internação em uma região de referência, próxima ao porto. A soma $\beta_1 + \beta_2$ fornece o efeito total das atividades portuárias em uma região situada a uma distância $dist$ do porto.

Por exemplo, se β_2 for negativo e estatisticamente significativo, isso indica que o impacto das atividades portuárias sobre a saúde diminui à medida que a distância ao porto aumenta, isso significa que os efeitos adversos da poluição portuária são mais intensos nas áreas mais próximas ao porto. Assim, um aumento de 1 km na distância ao porto reduz o impacto de PM10 na taxa de internação em β_2 unidades por 100.000 habitantes.

Os novos resultados do segundo estágio são apresentados na Tabela 11, e o primeiro estágio se encontra no Apêndice (Tabela 19). Em relação ao PM10,os efeitos sobre a taxa de hospitalização permanecem positivos e estatisticamente significativos somente para idosos. Ao incluir a variável de distância, a magnitude do efeito de PM10 sobre a taxa de internação torna-se mais alto. Isso reforça a relevância da proximidade entre a residência e o porto na determinação dos níveis de exposição e dos impactos da poluição na saúde.

A interação de PM10 com a distância revela que, em bairros mais distantes do porto, a taxa de internação por motivos respiratórios é menor, esse efeito é estatisticamente significativo para idosos. Isso sugere que, quanto mais próximo o bairro estiver do porto, maior será o impacto da poluição na saúde de seus moradores e maior a taxa de internação por doenças do aparelho respiratório. O resultado indica que, em uma região situada a 10 km do porto, a taxa de internação é 0,44 unidade menor por milhão de habitantes.

Tabela 11 – Impacto de poluição sobre internação incluindo a distância ao porto

	Variável dependente: taxa de internação		
	Bebês (0-11 meses)	Crianças (1-5 anos)	Idosos (65 mais)
IV - POISSON			
PM10	-0,0068	-0,0112	0,0447**
	(0,0179)	(0,0188)	(0,0191)
PM10*dist	-0,0003	-0,0012	-0,0044***
	(0,0019)	(0,0018)	(0,0017)
Pseudo R	0,1267	0,0960	0,0673
Observações	58400	58400	58400
Número de Regiões	34	34	34
EF Ano	Sim	Sim	Sim
EF Região	Sim	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim	Sim
EF dia da semana	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim

Notas: A tabela apresenta o resultado de PM10 sobre a hospitalização por grupo. A variável dependente é a taxa por 100.000 habitantes. Foi utilizado efeito fixo de Ano, mês, região e dia da semana. A especificação possui controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. Entre parênteses são os erros padrão robusto. O nível de significância são indicado por: ***1%, **5% e *10%.

2.4.6.2 **Porto**

Para entendermos melhor os resultados, realizamos uma análise do impacto do PM10 sobre a taxa de internação separando a amostra por região portuária. Foram analisadas separadamente a região do Porto de Santos e a região de Vitória.

A Tabela 12 apresenta os novos resultados do segundo estágio, o primeiro estágio se encontra no Apêndice (Tabela 18). No primeiro estágio, a velocidade do vento aparentemente não contribui muito para a melhoria da qualidade do ar na região portuária de Vitória, apresentando um efeito positivo e significativo. Em Santos, porém, observa-se o efeito oposto. Os resultados diferem entre os dois complexos portuários. Uma possível explicação para essa diferença está relacionada à composição das cargas movimentadas em cada complexo. Conforme apresentado na Figura 8, o Complexo Portuário de Vitória apresenta maior participação de cargas classificadas como “Granel Sólido”. A movimentação, o armazenamento e o transporte desse tipo de carga podem favorecer a emissão e a

ressuspensão de material particulado, de modo que diferenças na composição das cargas podem contribuir para explicar a heterogeneidade observada no efeito da velocidade do vento sobre as concentrações de PM10.

O efeito oposto encontrado entre os complexos portuários pode estar relacionado aos distintos mecanismos por meio dos quais a velocidade do vento afeta as concentrações de material particulado. Em condições nas quais predomina o efeito de dispersão, como o que parece acontecer na região portuária de Santos, o aumento da velocidade do vento tende a favorecer a diluição dos poluentes na atmosfera, contribuindo para a redução das concentrações de PM10 (Alastuey *et al.* , 2007; Orza *et al.* , 2011).

Estudos realizados em áreas portuárias identificam a ressuspensão de materiais associados às atividades de movimentação de cargas como uma importante fonte de PM10, particularmente no caso de materiais a granel (Alastuey *et al.* , 2007; Orza *et al.* , 2011). Dessa forma, a predominância de um desses mecanismos pode depender das características específicas de cada complexo portuário.

No segundo estágio, há diferenças estatisticamente significativas no impacto da poluição nas taxas de internações de crianças entre os dois portos. Aparentemente, o porto de Vitória causa maiores prejuízos à saúde de crianças com idade de 1 a 5 anos em comparação ao porto de Santos. Um aumento de 10 $\mu g/m^3$ nas concentrações de PM10 eleva as internações de crianças na região do porto de Vitória em aproximadamente 3 casos por 100.000 crianças. Para os demais grupos não foram encontradas diferenças significativas na hospitalização entre os dois portos.

O fato do complexo portuário de Vitória movimentar, em média, um volume maior de carga, medido em toneladas (ver Tabela 13), aliado não contribuição da velocidade do vento para a dissipação da poluição, pode ajudar a explicar o impacto positivo observado sobre a taxa de internação de crianças na região, considerando que a taxa média de internação nas duas regiões é praticamente igual.

Tabela 12 – Impacto de PM10 nas hospitalizações por porto

	Variável dependente: Taxa de internação		
	Bebês (0-11 meses)	Crianças (1-5 anos)	Idosos (65 mais)
Painel A - Santos			
PM10	0,0065	0,0178	0,0260
	(0,0168)	(0,073)	(0,0200)
Pseudo R	0,1505	0,1242	0,0755
Observações	12775	12775	12775
Média da Var. dep.	15,15	3,36	3,22
Número de Regiões	9	9	9
Painel B - Vitória			
PM10	0,1076	0,2949**	-0,1910
	(0,1481)	(0,1297)	(0,1378)
Pseudo R	0,1219	0,0866	0,0663
Observações	45625	45625	45625
Média da Var. dep.	15,18	3,34	3,69
Número de Regiões	25	35	25
EF Ano	Sim	Sim	Sim
EF Região	Sim	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim	Sim
EF dia da semana	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim

Notas: A tabela mostra o resultado do impacto de PM10 sobre as internações por região portuária, utilizando como determinantes da poluição a velocidade do vento. A variável dependente é taxa de hospitalização por 100.000 habitantes. Foram incluído na especificação efeitos fixos de ano, mês, região e dia da semana e controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. Entre parênteses, estão os erros padrão. O nível de significância são indicado por: ***1%, **5% e *10%.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os poluentes atmosféricos impactam na saúde da população e são provenientes de várias fontes. Neste ensaio, analisou-se a poluição em regiões portuárias e seus efeitos nas internações dos residentes por causa respiratória. Foi proposto um modelo de dois estágios, na qual no primeiro estágio explorou a variação exógena da velocidade do vento na concentração de PM10. No segundo estágio, o foco foi verificar os impactos da poluição na saúde.

Os resultados mostram que a combinação de níveis de atividade portuária eleva as concentrações de PM10 nas áreas próximas aos portos, consequentemente, elevando a taxa de hospitalizações por doenças respiratórias em grupos mais vulneráveis (bebês, crianças e idosos). Destaca-se que quanto maior o volume de movimentação portuária, maior a probabilidade de causar consequências negativas na saúde da população nas suas proximidades. E efeito acumulado a longo prazo tende a ser mais expressivo. Além disso, os resultados apontam que os efeitos da atividade portuária nas concentrações de PM10 e da poluição sobre a saúde dependem das características específicas de cada complexo portuário.

Este é o primeiro estudo empírico para portos brasileiros com essa temática. Além de contribuir para a literatura, fornecemos evidências do impacto da poluição decorrente de atividade portuária na saúde, identificando passivos ambientais relacionados aos portos. Essas evidências nos permitem considerar a possibilidade de tornar os portos mais sustentáveis, proporcionando ar mais limpo e, assim, mitigando os impactos negativos na sociedade. Políticas que visem reduzir as emissões de navios, por exemplo, podem beneficiar a população que vive ao redor dos terminais e causar menos impacto ao clima. O investimento em tecnologia é altamente importante para o desenvolvimento de "portos limpos".

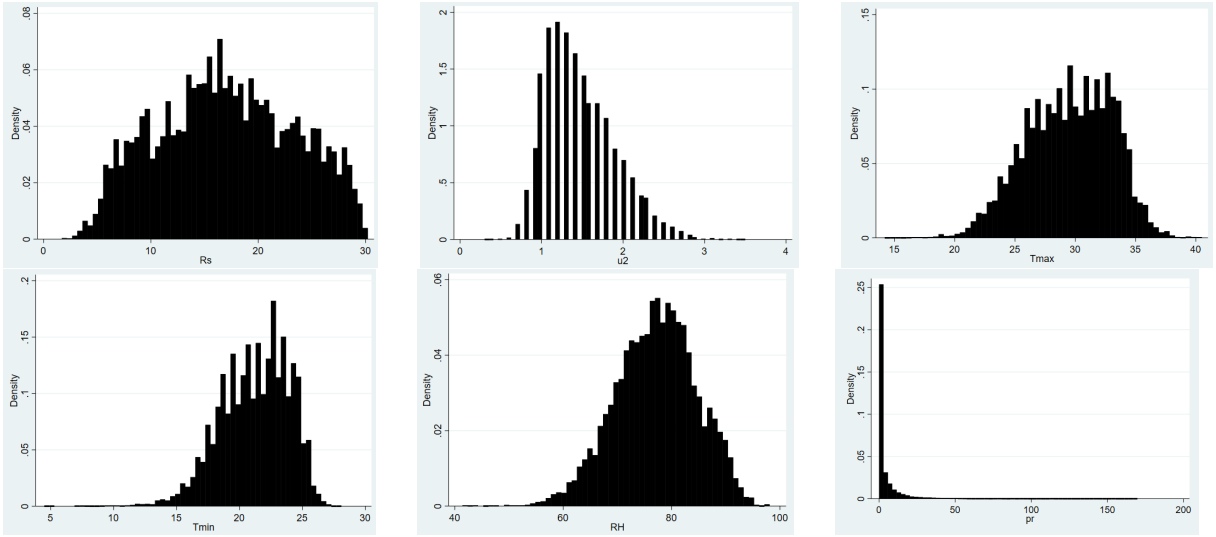
Nossos resultados possuem algumas limitações. Não foi possível incluir mais portos no estudo devido ao fato de que outras cidades brasileiras portuárias não possuem monitores que coletam informações sobre qualidade do ar. Além disso, as cidades analisadas possuem poucos monitores e a frequência de coleta de dados para outros poluentes é baixa, o que nos permitiu realizar análises apenas para um tipo de poluente.

2.6 APÊNDICE A - Informações Complementares

Tabela 13 – Estatíticas de atividades portuárias por porto

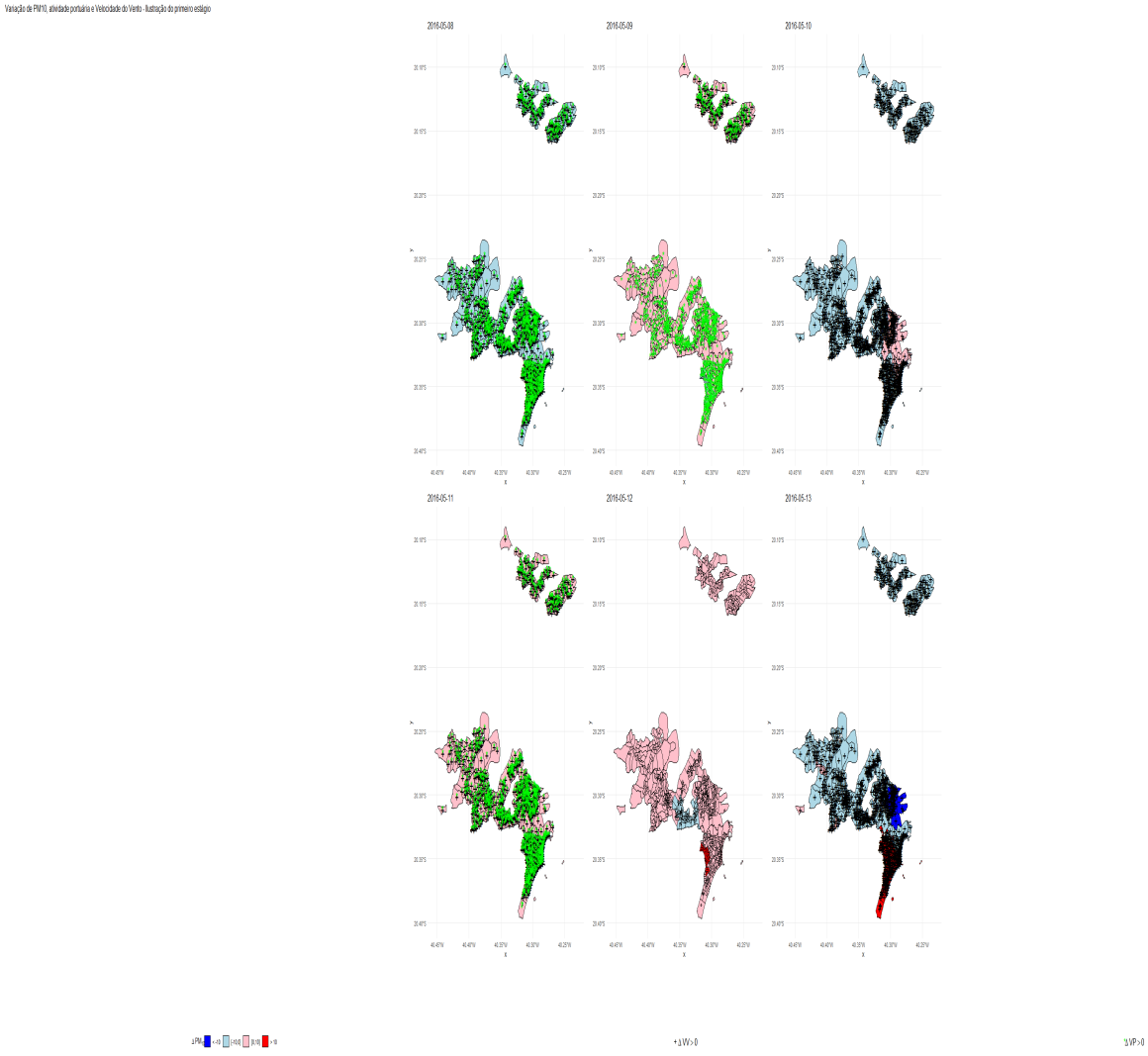
Porto		Média	Desvio Padrão
Santos	Tonelagem	329,49	121,21
	Nº de navios	126,40	57,12
Vitória	Tonelagem	363,56	253,81
	Nº de navios	39,84	46,85

Notas: A tabela apresenta a média diária e o desvio padrão de toneladas e números de navios por porto.



A figura apresenta a distribuição das variáveis climáticas, Rs = radiação solar, u2 = velocidade do vento, Tmax = temperatura máxima, Tmin = temperatura mínima, RH = umidade relativa e Pr = precipitação utilizadas como controles nas Equações 2.1 e 2.2.

Figura 6 – Distribuição das variáveis climáticas



Notas: A figura apresenta o mecanismo subjacente à estimativa do primeiro estágio. Ela exibe as variações diárias de PM10, a tonelagem diária movimentada no porto e a velocidade do vento, no período de 8 a 13 de maio de 2016, na região portuária de Vitória-ES. As áreas vermelhas indicam bairros com alta poluição em dias específicos, enquanto as áreas azuis representam regiões com ar mais limpo. O símbolo "+" destaca aumentos na velocidade do vento, e o símbolo "*"em verde sinaliza aumentos no volume de tonelagem movimentada. Observa-se que, à medida que os ventos se intensificam, como em 10 e 12 de maio, a poluição do ar é dispersada naquele dia e no seguinte.

Figura 7 – Efeito da atividade portuária e velocidade do vento no PM10 na região do Porto de Vitória - Ilustração do primeiro estágio

Tabela 14 – Correlação da variação na média semanal sobre PM10

	Variável dependente: PM10
Velocidade do vento	-3,4931***
	(0,3388)
Estatística F	106,32
Observações	8840
Número de Regiões	34
EF Região	Sim
EF Ano	Sim
EF Mês	Sim
EF dia da semana	Sim
Controles	Sim

Notas: A tabela apresenta os resultados do primeiro estágio, a regressão da velocidade do vento sobre a concentração de PM10. Foi utilizado efeito fixo de Ano, Mês e de região. A especificação inclui controles climáticos, bem como a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. As estatísticas F referem-se ao teste de significância do instrumento. Entre parênteses são os erros padrão. Os níveis de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Tabela 15 – Primeiro estágio - PM10

	$PM10_t$	$PM10_t$	$PM10_t$	$PM10_t$
VV_t	-2,8763***	-3,1578***	-3,1028***	-3,1247***
	(0,1085)	(0,1276)	(0,1282)	(0,1285)
VV_{t-1}		0,4777***	0,0693	0,1439
		(0,1249)	(0,1448)	(0,1457)
VV_{t-2}			0,6928***	0,3218**
			(0,1239)	(0,1448)
VV_{t-3}				0,5950***
				(0,1238)
Estatística F	702,45	364,71	254,90	195,60
Observações	62050	61982	61914	61846
Número de Regiões	34	34	34	34
EF Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Região	Sim	Sim	Sim	Sim
EF dia da semana	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim

Notas: A tabela mostra o resultado do primeiro estágio para PM10 contemporâneo quando incluímos 3 defasagens de velocidade do vento. Cada coluna relata coeficientes de uma regressão diferente. A estatística F refere-se ao teste de significância conjunta dos instrumentos. Entre parênteses estão os erros padrão robustos. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Tabela 16 – Segundo estágio para Crianças - defasagem de PM10

	Variável	dependente:	Taxa de	hospitalização de crianças
$PM10_t$	-0,0183	-0,0132	-0,0163	-0,0149
	(0,0148)	(0,0167)	(0,0172)	(0,0177)
$PM10_{t-1}$		-0,0073	-0,0016	-0,0096
		(0,0291)	(0,0291)	(0,0371)
$PM10_{t-2}$			-0,0415	-0,0460
			(0,0381)	(0,0388)
$PM10_{t-3}$				-0,0159
				(0,0420)
Acumulado	-0,0183	-0,0205	-0,0594	-0,0864
	(0,0148)	(0,0335)	(0,0509)	(0,0704)
Pseudo R	0,0960	0,0973	0,0974	0,0976
Observações	62050	58272	58240	58208
Número de Regiões	34	34	34	34
EF Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Região	Sim	Sim	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim	Sim	Sim
EF dia da semana	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim

Notas: A tabela mostra o resultado do segundo estágio com defasagens de PM10. A novidade é a inclusão de 3 defasagens de exposição ao PM10. A variável independente é a taxa de hospitalização de crianças por 100.000. A especificação possui controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. Cada coluna relata coeficientes de uma regressão diferente. Os efeitos acumulativos são a soma de todos os coeficientes PM. Entre parênteses estão os erros padrão robustos. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Tabela 17 – Efeito sobre PM10 com diferentes instrumentos

	Variável dependente: PM10
Painel A – VV	
VV	-2,8763***
	(0,1085)
Estatística F	702,45
Painel B – Log(ton) + VV	
Log(ton)	0,0776*
	(0,0412)
VV	-2,8642***
	(0,1088)
Estatística F	347,96
Painel C – VV + quadrante DV	
VV	-3,0335***
	(0,1111)
quadrante1	-0,5410
	(0,4107)
quadrante2	-1,3071***
	(0,3981)
quadrante3	-0,9660**
	(0,3994)
Estatística F	187,30
Número de Regiões	34
EF Região	Sim
EF Ano	Sim
EF Mês	Sim
EF dia da semana	Sim
Controles	Sim

Notas: A tabela apresenta o resultado do primeiro estágio, utilizando como instrumento para a poluição atividade portuária, velocidade do vento e direção do vento. Em ambos painéis, foi utilizado o efeito fixo de Ano, região, mês e dia da semana. Ambas especificações possui controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. Entre parênteses são os erros padrão robusto. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Tabela 18 – Primeiro estágio da heterogeneidade por porto

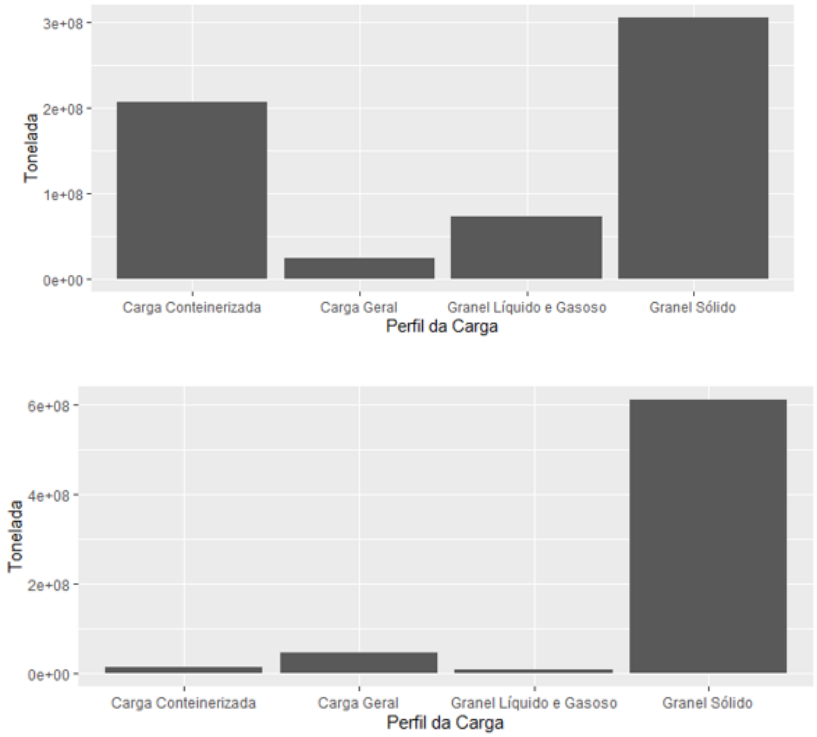
	Variável dependente	
	PM10 (Santos)	PM10 (Vitória)
Velocidade do vento	-6,2097**	0,3201***
	(0,3356)	(0,0873)
R^2	0,5934	0,4096
Observações	16425	45625
Número de Regiões	9	25
EF Ano	Sim	Sim
EF Região	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim
EF dia da semana	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim

Notas: A tabela apresenta o resultado do primeiro estágio da heterogeneidade por porto. Foi utilizado efeito fixo de Ano, mês, região e dia da semana. A especificação possui controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. Entre parênteses são os erros padrão robusto. O nível de significância são indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Tabela 19 – Primeiro estágio utilizando a distância ao porto

	Variável dependente	
	PM10	PM10*dist
Velocidade do vento	-4,9895***	-47,7123***
	(0,1799)	(1,3700)
Estatística F	460,78	669,38
Observações	62050	62050
Número de Regiões	34	34
EF Ano	Sim	Sim
EF Região	Sim	Sim
EF Mês	Sim	Sim
EF dia da semana	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim

Notas: A tabela apresenta o resultado do primeiro estágio, levando em consideração a distância ao porto. Foi utilizado efeito fixo de Ano, mês, região e dia da semana. A especificação possui controles climáticos, incluindo a forma quadrática de precipitação, temperatura mínima e máxima. As estatísticas F refere-se ao teste de significância do instrumento. Entre parênteses são os erros padrão robusto. O nível de significância são indicado por: ***1%, **5% e *10%.



Notas: Os gráficos apresentam a distribuição de cargas por porto, Santos e Vitória, respectivamente.

Figura 8 – Distribuição de tonelagem por tipo de carga

3 ENSAIO 2 - EXTERNALIDADES NA SAÚDE HUMANA DA MITIGAÇÃO CLIMÁTICA BASEADA EM FLORESTA

3.1 INTRODUÇÃO

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

O desmatamento e queimadas são as principais fontes de emissões de CO2, representaram 51% das emissões brutas brasileiras em 2016 (Bragança and Dahis , 2022; SEEG , 2018). Ocorrem devido à ocupação de terras, extração de madeira, pastagens, cultivos agrícolas, mineração. Embora sejam distintas, são práticas tradicionalmente associadas (Gonçalves *et al.* , 2012). Geralmente, a destruição da floresta resulta em queima de biomassa, produzindo poluição atmosférica, o que representa um grande risco para a saúde humana da região. A perda de cobertura florestal na região amazônica pode contribuir para o aumento da morbidade por doenças respiratórias e da mortalidade, especialmente entre grupos vulneráveis como crianças, idosos, gestantes e indivíduos com doenças pulmonares ou cardíacas preexistentes (Artaxo , 2020; Butt *et al.* , 2021; Carrillo *et al.* , 2019; Ellwanger *et al.* , 2020). Além disso, o desmatamento está associado à maior prevalência de enfermidades como malária, leishmaniose, doença de Chagas, leptospirose e dengue (Codeço *et al.* , 2021). A consequência é um aumento nas hospitalizações e na mortalidade, agravando o acesso aos serviços de saúde e os gastos com tratamentos (Artaxo , 2020).

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

Chakrabarti , 2021).

Raramente busca-se pesquisar sobre os benefícios gerados na saúde resultante do controle do desmatamento. A maioria dos debates públicos a respeito do desmatamento enfatiza os impactos globais e continentais, via emissão de CO2 e mudanças de padrões climáticos (Junior *et al.* , 2015). Observar a presença de externalidades positivas decorrentes da implementação de uma política de controle de desmatamento para a saúde pode ser particularmente motivador para os formuladores de políticas e influenciar as discussões sobre os custos e benefícios. Além disso, o controle do desflorestamento é fundamental para a política climática internacional dos países em desenvolvimento. De acordo com van den Bosch *et al.* (2024), as estratégias de mitigação das alterações climáticas baseadas nas florestas, como a florestação, a reflorestação e a gestão florestal sustentável, oferecem soluções promissoras para mitigar as alterações climáticas e, simultaneamente, produzem co-benefícios substanciais para a saúde humana. Sathler *et al.* (2015) ressaltam que o desmatamento e a degradação da floresta Amazônia estão no centro dos esforços brasileiros de mitigação das mudanças climáticas. Para Arima *et al.* (2014), a redução das emissões de carbono provenientes do desmatamento e da degradação florestal constitui uma estratégia importante para mitigar as alterações climáticas, principalmente em países com grandes florestas. Assim, este estudo pode contribuir para a formulação de políticas públicas destinadas a controlar emissões e minimizar os seus efeitos na saúde humana, na economia e no clima.

Diante disso, este estudo tem como objetivo investigar os benefícios da mitigação climática através das florestas à saúde humana. Para isso, analisa-se o efeito de uma política de conservação florestal nas emissões de CO2 e na saúde da população, especialmente dos idosos. Especificamente, avalia-se o impacto da implementação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM), iniciado em 2004, nas taxas de hospitalização por doenças respiratórias, circulatórias e doenças vetoriais. As medidas implantadas pelo PPCDAm proporcionaram uma redução significativa no desmatamento na Amazônia Legal. De 2004 para 2007, o desmatamento diminuiu aproximadamente 58%.

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

A estratégia empírica segue Carrillo *et al.* (2019), que na ausência de uma randomização, explora os diferentes níveis de desmatamento pré-intervenção, na qual

municípios com maior nível de desflorestamento eram mais propensos a se beneficiar com a política. A análise compara as mudanças nas emissões de CO2, nas taxas de internações antes e depois da intervenção nos municípios com níveis diferentes de desmatamento. Foi definido o período de 2000-2004 como pré-intervenção e de 2005-2007 como o período pós-intervenção.

As principais evidências indicam que a política de controle do desmatamento levou a uma redução na taxa de internações total por doenças do aparelho respiratório e circulatório em idosos e nas hospitalizações por leishmaniose. Estimou-se também uma heterogeneidade por gênero. A investigação apontou que a magnitude do efeito da política é maior para os homens em relação às mulheres. Além disso, o PPCDAm contribui para a mitigação climática. Nossos resultados indicam que a conservação florestal promovida pela política reduziu as emissões de CO2, o principal gás de efeito estufa responsável pelo aquecimento global.

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

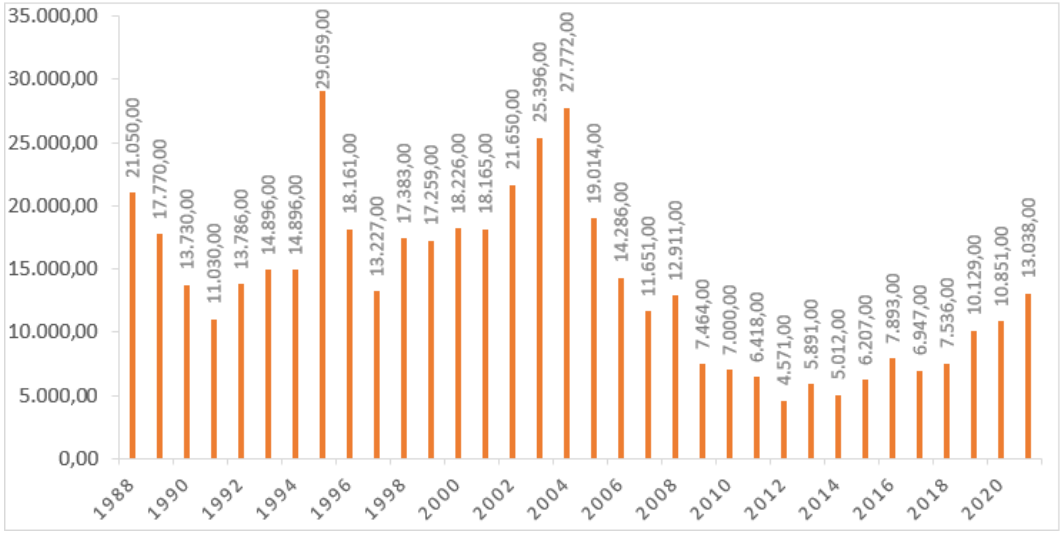
Na literatura, há outros estudos que analisaram a relação do desmatamento da Amazônia brasileira e a saúde da população. Por exemplo, Santos e Almeida (2018) utilizaram a metodologia de econometria espacial para analisar a relação entre desmatamento e malária. Por sua vez, Junior *et al.* (2015) analisaram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

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

3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

3.2.1 A política de conservação

Em 2004, a perda de floresta na Amazônia Legal alcançou o pico máximo de 27.772 km² (Figura 9), o segundo maior recorde registrado de desmatamento no período de 1988 - 2020 (INPE , 2022). Apenas quatro estados: Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia eram responsáveis por quase 90% do desmatamento. Considerados os prioritários nos esforços de combate ao desmatamento.



Fonte: PRODES - INPE.

Figura 9 – Taxa de desmatamento da Amazônia Legal, em km², 1988-2020

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

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

civil. O plano incluía medidas emergenciais, com potencial de gerar impactos no curto prazo, e outras ações prioritárias que demandavam prazos maiores para gerar impactos efetivos(CASA CIVIL (2004)).

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

As medidas de combate ao desmatamento têm as seguintes diretrizes (i) valorização da floresta para fins de conservação e uso sustentável; (ii) recuperação de áreas degradadas como forma de aumentar a produtividade e diminuir as pressões sobre as florestas remanescentes; (iii) ordenamento fundiário e territorial priorizando o combate à grilagem de terras públicas, a criação de unidades de conservação e a homologação de terras indígenas; (iv) aprimoramento dos instrumentos de monitoramento, licenciamento e fiscalização do desmatamento; (v) fomento às atividades de uso sustentável dos recursos florestais e ou uso intensivo de áreas agrícolas ; (vi) gestão descentralizada e compartilhada de políticas públicas entre a União, estados e municípios; e (vii) participação ativa dos diferentes setores interessados da sociedade amazônica na gestão das políticas relacionadas à prevenção e controle do desmatamento. O orçamento total das ações de combate ao desmatamento para o exercício de 2004 foi de R$ 394 milhões, dos quais a maioria (62%) serão destinados ao ordenamento fundiário e territorial; para monitoramento e controle os recursos somam 21% enquanto o fomento das atividades sustentáveis representa 17% (CASA CIVIL , 2004).

Ao que parece, o empenho de controlar o demstamatamente foi bem sucedido. Após a implementação do plano, a taxa de desmatamento na Amazônia Legal apresentou uma redução significativa, essa tendência se manteve até 2013. Essa diminuição foi resultado de fatores como implantação do sistema de monitoramento (Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER)) e a criação e expansão de aréas protegidas, sendo esta último uma das principais contribuições das medidas implementadas pelo PPCDAm para controle do desmatamento na região (Mello e Artaxo , 2017).

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

Alguns estudos avaliaram os efeitos da criação dessa política sobre o desmatamento, como Assunção *et al.* (2015) que apontam que um dos motivos da redução do desmatamento foi uma queda nos preços agrícolas e a política do PPCDAm. Segundo os autores, a política evitou o desmatamento de 73.000 km² de floresta no período de 2005 a 2009. Por sua vez, Simorangkir (2017), usando o método de controle sintético, encontrou que a política do PPCDAm evitou o desmatamento de 88.841 km² no mesmo período. Embora o desmatamento não tenha sido totalmente controlado, os níveis foram diminuindo em relação aos anos anteriores à política (pré-intervenção). No entanto, nos últimos anos, as taxas voltaram a subir devido ao descaso da política ambiental do governo ao revogar o plano. Avaliando a segunda fase do plano, Arima *et al.* (2014) encontraram que a fiscalização mais rigídas dos municípios que fazem parte da lista de prioritários evitaram o desmatamento de 247 km² entre 2009 e 2011.

3.2.2 As mudanças climáticas, a floresta e a saúde

As florestas são um dos principais fatores naturais que regulam e determinam o clima, os padrões climáticos e a quantidade de CO2 de uma área. Atuam como filtros naturais para a absorção de dióxido de carbono na atmosfera. Armazenam mais carbono do que liberam e são denominadas semidouras de CO2 em seu estado natural. Proporcionam benefícios sociais, econômicos, ecológicos e estéticos aos sistemas naturais e às pessoas. Atuam como um centro de biodiversidade, funcionam como abastecimento alimentar, têm valor medicinal e econômico, ajudam na regulação do ciclo hidrológico, protegem a cobertura do solo e servem como locais estéticos e recreativos. Além disso, as florestas influenciam o clima através de trocas de água, dióxido de carbono, energia e outras espécies químicas com a atmosfera, podendo ser utilizadas como uma ferramenta eficaz para mitigar as alterações climáticas (Pan, Birdsey, Fang, et al. , 2011; Ali, Riaz, Iqbal , 2014; Farooq *et al.* , 2019; Bonan , 2008).

O desmatamento é a perda/remoção da cobertura arbórea, como resultado do desmatamento de florestas para outros usos da terra, como agricultura ou pecuária. As atividades de desmatamento afetam o fluxo de carbono no solo, na vegetação e na atmosfera. Resulta na degradação do solo, na emissão de carbono como resultado da decomposição das plantas deixadas no solo da floresta, no efeito albedo e na intensificação dos riscos hidrometeorológicos (Geist e Lambin , 2002; Ali, Riaz, Iqbal , 2014).

A remoção da cobertura florestal altera os padrões climáticos globais e regionais, resultando em períodos de chuvas catastróficas seguidas de períodos de seca prolongados e aumentos da temperatura da superfície. Perturbando os padrões climáticos normais, podendo contribuir para um clima mais quente e seco, aumentando assim a seca e a desertificação, o fracasso das colheitas, o derretimento das calotas polares, as inundações costeiras e a deslocação de importantes regimes de vegetação (Bonan , 2008; Lawrence e

Vandecar , 2015; Ali, Riaz, Iqbal , 2014).

O desmatamento contribui para o aquecimento global, que ocorre devido ao aumento das concentrações atmosféricas de gases com efeito de estufa (GEE), levando ao aumento líquido da temperatura média global, uma vez que as florestas são o principal sumidouro terrestre de carbono. Assim, a desflorestação perturba o ciclo global do carbono, aumentando a concentração de dióxido de carbono atmosférico (Ali, Riaz, Iqbal , 2014). Como o CO2 absorve o calor que sai da atmosfera terrestre, há um amplo consenso de que o aumento do CO2 deve resultar em aumento das temperaturas da superfície e oscilações mais amplas no clima (Ziska *et al.*, 2009).

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

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

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 Base de dados

Para a análise, foi construído um painel de dados anuais com todos os municípios da Amazônia legal para o período de 2000 a 2007. Não foram incluídos os anos subsequentes a 2007, pois o objetivo é comparar o efeito antes e imediatamente após a adoção da política de conservação florestal. Além disso, a partir de 2008, foram adotadas novas estrátegias para o controle de desmatamento na região. A amostra final compreende 772 municípios.

A seguir são descritas as principais variáveis.

Saúde

Para os indicadores de saúde, os dados relativos as internações por causas respiratória [2], doenças circulatória, malária, Leishmaniose, febre amarela, doenças de Chagas e dengue foram obtidos a partir do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único

[2] Foram selecionadas todas as doenças que compõem o grupo Doenças do Aparelho Respiratório do CID-10. As doenças do aparelho respiratório incluem: Faringite aguda e amigdalite aguda; Laringite e traqueíte agudas; Outras infecções agudas das vias aéreas superiores; Influenza; Pneumonia; Bronquite aguda e bronquiolite aguda; Sinusite crônica; Outras doenças do nariz

de Saúde (SIH-SUS) [3]. A seleção das doenças ocorre com base na Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – Décima Revisão (CID-10). Os microdados do SIH-SUS fornecem informações individuais dos pacientes, como CEP de residência, data da internação, o número de dias que a pessoa permanece hospitalizada, bem como a causa da internação, idade, gênero, raça, os custos das hospitalizações, entre outras variáveis. Para esse estudo, foi calculada a taxa de internação anual por 100.000 habitantes para cada município, utilizando os dados de população do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para doenças respiratórias e circulatórias temos dois grupos de análise. A primeira amostra inclui toda a população e, em seguida, restringimos a análise para idosos com mais de 60 anos. Os idosos são considerados um grupo vulnerável, pois tendem a apresentar uma saúde mais frágil. Além disso, a população idosa tem crescido ao longo dos anos, tornando relevante uma atenção especial a esse grupo.

Desmatamento

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

Além do desmatamento, o MapBiomas inclui informações sobre outros tipos de uso e cobertura do solo, possibilitando estudos mais abrangentes sobre mudanças ambientais. Os mapas anuais de cobertura e uso da terra do MapBiomas são gerados por meio da classificação pixel a pixel de imagens Landsat, com resolução de 30m^2. Esse nível de detalhamento possibilita análises mais precisas e confiáveis.

CO2

Os dados de emissões de CO2, medida em toneladas, foram obtidos junto ao SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa). O Sistema é uma iniciativa do Observatório do Clima que compreende a produção de estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil com base nas diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e na metodologia de emissões

e dos seios paranasais; Doenças crônicas das amígdalas e das adenóides; Outras doenças do trato respiratório superior; Bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas; Asma; Bronquiectasia; Pneumoconiose; Outras doenças do aparelho respiratório.

[3] Foram utilizadas informações sobre internações por malária, leishmaniose, febre amarela, doença de Chagas e dengue, uma vez que o objetivo é verificar a ocorrência de casos mais graves, que demandam internação e, consequentemente, representam custos mais elevados para o sistema de saúde.

antropogênicas de GEE dos relatórios publicados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). As emissões são calculadas para cinco setores: agropecuária, energia, mudanças de uso da terra, processos industriais e resíduos. Os dados iniciam em 1970, mas os dados municipais estão disponíveis a partir de 2000.

Outros Dados

Utilizamos informações provenientes de outras fontes. Os dados de focos de incêndios são Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O tamanho dos municípios (em km²), a população, o PIB em 2003 (medido em R$ 1.000), a participação da agropecuária no PIB e o número de bovinos são do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). E, por fim, as informações de salários são da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).

3.3.2 Estratégia Empírica

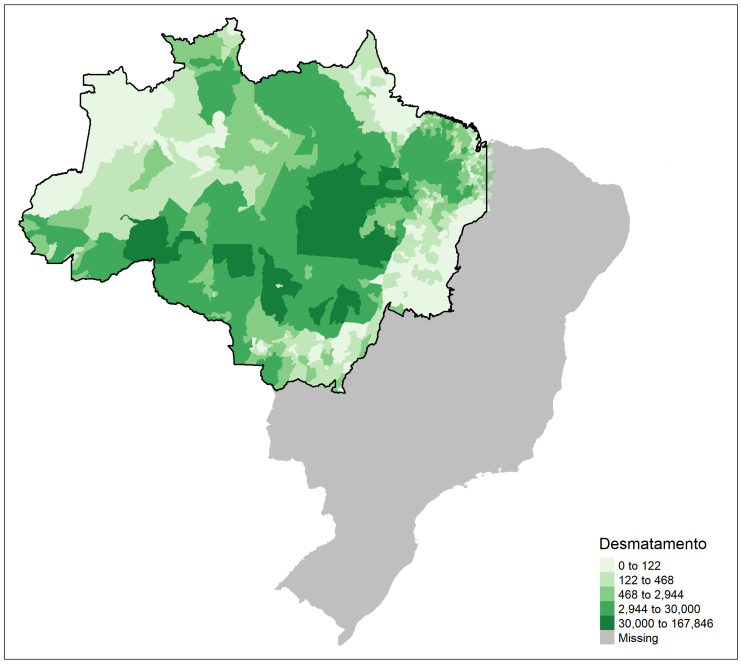
Desmatamento pré intervenção

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

$$D_{it} = \delta_0 + \delta_1 Time + \Sigma_i \lambda_i Time M_i + \Sigma_i \rho_i M_i + \varepsilon_{it} \tag{3.1}$$

em que D_{it} é a medida de desmatamento do município i no ano t, *Time* é uma tendência linear, M representa *dummies* de municípios e ε o termo de erro. Assim, usamos o valor predito de desmatamento em 2004 para cada município como a medida de desmatamento pré-intervenção. Vale destacar que essa abordagem atenua, parcialmente, erros de medição referentes ao ano

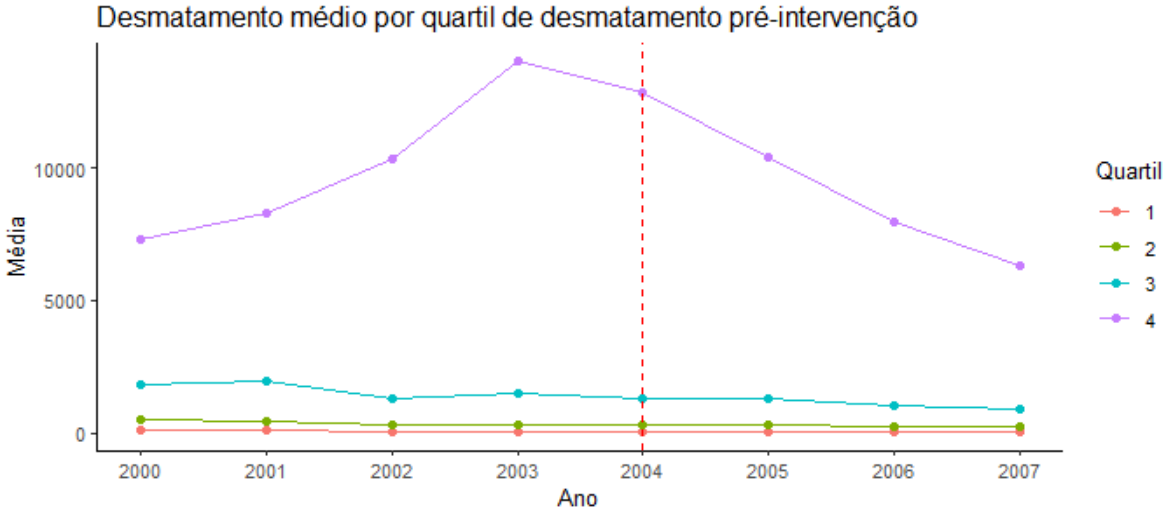
A Figura 10 mostra a variação de desmatamento pré-intervenção entre os municípios. Podemos notar que o nível de desmatamento varia consideravelmente entre os municípios. O desmatamento médio pré-intervenção foi 3.872,89 hectares, o máximo de 167.845,06 hectares e desvio padrão de 10.209,01 hectares. Por consequência dessa variação, diferentes municípios experimentaram níveis diversos de mudanças no desmatamento pós-intervenção.



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

Figura 10 – Desmatamento pré-intervenção dos municípios da Amazônia Legal

A Figura 11 mostra a evolução do desmatamento ao longo do período nos diferentes quartis de desmatamento pré-intervenção. Após a implementação da política, percebe-se uma variação mais significativa no nível de desmatamento no quartil superior, indicando que nos municípios com maiores áreas de desmatamento pré-intervenção houve maior impacto do PPCDAm.



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

Figura 11 – Evolução do desmatamento médio por quartil de desmatamento pré-intervenção

Modelo Empírico

Estimar os impactos do programa sobre a saúde da população requer uma região de comparação adequada que não tenha sido exposta ao PPCDAm. No entanto, todos os municípios da Amazônia Legal foram expostos ao PPCDAm. Na ausência de uma randomização, uma proposta é utilizar a abordagem adotada por Carrillo *et al.* (2019), que consiste em usar as grandes reduções no desmatamento entre os municípios causado pelo PPCDAm. Ou seja, a estratégia de identificação busca explorar o fato de que regiões com maior desmatamento antes da intervenção eram mais propensas a se beneficiarem da política de conservação em termos de combate absoluto do desmatamento, em comparação as que apresentavam baixos índices. Segundo Assunção *et al.* (2015), a política do PPCDAm reduziu substancialmente o desmatamento naqueles municípios que tiveram níveis críticos de desmatamento em 2004, enquanto nos municípios com baixos níveis de desmatamento, o plano teve pouco ou nenhum efeito. Dessa forma, a análise compara as mudanças na taxa de internações antes e depois da implantação do plano nos municípios com diferentes níveis de desmatamento pré-intervenção.

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

$$Y_{it} = \alpha + \beta Pos2004 * Des_pre_i + \gamma X_{it} + \varphi T_{it} + \delta_t + \mu_i + \epsilon_{it} \tag{3.2}$$

em que Y_{it} é a variável de interesse, CO2, taxa de internações hospitalares para o município i no ano t. Pos2004 é uma dummy, igual a 1 se ano é 2005 ou posterior (depois da intervenção) e assume valor 0 se anterior a 2005 (pré-intervenção). Des_pre_i é o nível desmatamento pré-intervenção, não variante no tempo, calculado pela 3.1 para cada município. X_{it} são covariadas que permitem controlar a heterogeneidade entre os municípios, como tamanho do município (km^2)e PIB de 2004. T_{it} é uma tendência linear a nível municipal, usada para capturar tendências específicas por município[4]. μ_i é o efeito fixo de município e δ_t é o efeito fixo de ano. Por fim, ϵ_{it} é o termo de erro.

A equação 3.2 compara a mudança nos índices de hospitalizações da população antes e após a intervenção nos municípios que apresentavam maior grau de desmatamento, em comparação com os municípios que registram menor nível desmatamento antes da intervenção. Se a política de controle de desmatamento levou a menores taxas de internações, então esperaríamos ver o coeficiente β negativo.

[4] Cada município pode ter uma trajetória de desmatamento distinta ao longo do tempo. A inclusão da variável permite o ajuste de tendência específicos para cada local.

Na especificação 3.2, assim como na de Carrillo *et al.* (2019), podem surgir alguns problemas de identificação. Um deles é que o desmatamento pré-intervenção é medido em hectares e não leva em conta o tamanho dos municípios. O tamanho do município é uma medida importante, pois pode ser que em municípios menores a taxa de problemas respiratórios seja mais baixa, o que pode influenciar a ocorrência de tendências diferenciadas. Para solucionar tal problema, foi incluída a interação da dummy $Pos2004$ e tamanho do município (em hectares) em todas as especificações. Assim, controla-se qualquer tendência diferencial entre os municípios com diferentes tamanhos. Além disso, também incluímos em todas as especificações a interação de $Pos2004$ e PIB de 2003, pois os municípios podem apresentar diferenças socioeconômicas.

Além disso, após 2004 ocorreu redução acentuada nos preços das safras, o que pode ter desestimulado o desmatamento afetando a produção agrícola (Assunção *et al.* , 2015; Carrillo *et al.* , 2019). Isso invalidaria nossa estratégia empírica se municípios com diferentes níveis de desmatamento pré-intervenção experimentassem diferentes variações na produção devido a variação nos preços das safras. Para abordar o problema, incluímos controles de participação da agropecuária no PIB de 2003 (Part_agro_PIB) e de densidade de bovinos (Dens_bovino) em nível municipal em todas as regressões. A participação do PIB agropecuário atua como uma proxy da dependência econômica local do setor agrícola, enquanto a densidade de bovinos reflete a intensidade da atividade pecuária. Isso vai capturar se os resultados estão relacionados a estrutura produtiva dos municípios, especialmente, na questão de variação dos preços.

3.3.3 Estatísticas Descritivas

A Tabela 20 apresenta um resumo das variáveis de saúde antes e após a intervenção. Utilizamos o nível desmatamento estimado na equação 3.2 para estabelecer os grupos "Alto"e "Baixo"e obter a média pré e pós intervenção. Em outras palavras, a tabela compara os municípios com baixo nível de desmatamento (até o percentil 75) àqueles com alto desmatamento (acima do percentil 75), fornecendo o resultado do teste de diferença das médias dos municípios com baixo e alto desmatamento pré-intervenção.

As estatísticas mostram que comparando a média de antes e depois do plano de conservação, nota-se uma redução considerável nas taxas de internações por doenças respiratórias para ambos os grupos. Com relação a diferença entre os grupos, o teste de diferença de média para as taxas de internações mostra que há diferenças entre os municípios de alto e baixo desmatamento pré-intervenção. Os resultados mostram que as taxas de internações é menor nos municípios que possuem baixo desmatamento. Esse cenário se repete para doenças circulatórias em idosos e a malária.

No caso das doenças circulatórias, para a polulação total, não há diferenças significativas na média dos municípios de "Alto"e "Baixo"desmatamento. Após o plano,

ocorre um aumento nas difernças, mas não chega a ser significativa.

No caso da leishmaniose, os municípios com maiores níveis de desmatamento pré-intervenção apresentavam taxas de hospitalização mais baixas tanto antes quanto após a implementação do PPCDAM. Contudo, no período pós-intervenção, observou-se um aumento na taxa média de internações nos municípios com "Baixo"desmatamento, enquanto aqueles com "Alto"desmatamento registraram uma redução nessa taxa.

No caso da febre amarela e da doença de Chagas, as taxas de hospitalização são bastante semelhantes entre os grupos. Destaca-se que, no período pós-intervenção, houve uma redução nas hospitalizações por doença de Chagas em ambos os grupos, embora em magnitudes distintas, enquanto os municípios com "Baixo"desmatamento apresentaram uma leve diminuição, nos de "Alto"desmatamento a redução foi superior à metade.

Por fim, as taxas de internação por dengue eram ligeiramente superiores nos municípios com alto desmatamento. No entanto, após a intervenção, nota-se uma elevação nas taxas dos municípios de "Baixo"desmatamento, aproximando dos níveis registrados nos municípios com "Alto"desmatamento, as quais permaneceram praticamente inalterados.

Tabela 20 – Estatísticas descritivas das variáveis de saúde.

	Pré-Intervenção (2000-2004)			Pós-Intervenção (2005-2007)		
	Baixo	Alto	Diferença	Baixo	Alto	Diferença
Taxa de internação total por doenças respiratórias						
Total	1194,35	1440,54	246,19***	921,92	1067,12	245,2***
Sexo feminino	1094,73	1222,14	127,41**	853,14	991,29	138,15*
Sexo masculino	1099,78	1268,37	168,59***	886,35	1043,11	156,76***
Taxa de internação de idosos por doenças respiratórias						
Total	2003,79	2571,85	568,06***	1768,25	2518,54	750,29***
Sexo feminino	1948,76	2463,84	515,08***	1688,20	2416,70	728,50***
Sexo masculino	1933,98	2605,26	671,28***	1720,33	2541,60	821,27***
Taxa de internação total por doenças circulatórias						
Total	378,07	375,08	2,99	359,77	351,34	8,43
Sexo feminino	388,36	383,61	4,75	359,28	349,26	10,02
Sexo masculino	365,58	364,42	1,16	359,88	352,64	7,24
Taxa de internação de idosos por doenças circulátorias						
Total	2372,53	2661,31	288,73***	2303,48	2610,86	307,38***
Sexo feminino	2304,52	2586,85	282,33***	2218,20	2488,47	270,27***
Sexo masculino	2427,02	2713,56	286,54***	2385,31	2713,08	327,77***
Taxa de internação total por malária						
Total	67,00	288,55	273,49***	53,08	161,37	108,29***
Sexo feminino	54,87	255,19	200,32***	51,75	144,45	92,70***
Sexo masculino	78,55	319,65	241,10***	54,52	177,01	122,49***
Taxa de internação total por leishmaniose						
Total	2,61	2,22	-0,39*	4,07	1,95	-2,12***
Sexo feminino	2,12	1,17	-0,95***	3,28	1,36	-1,92***
Sexo masculino	3,08	3,18	0,10	4,82	2,50	-2,32***
Taxa de internação total por febre amarela						
Total	0,05	0,02	-0,03	0,03	0,01	-0,02
Taxa de internação total por doenças de chagas						
Total	0,41	0,31	-0,10	0,38	0,15	-0,23**
Taxa de internação total por dengue						
Total	37,48	47,65	10,17*	52,60	47,82	-5,22
Sexo feminino	38,73	49,84	11,11*	55,47	50,10	-5,37
Sexo masculino	36,11	45,45	9,34*	49,85	45,63	-4,22
Observações	2895	965		1737	579	

Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes. Alto refere-se aos municípios que tiveram taxas de desmatamento pré-intervenção acima do percentil 75 da distribuição em 2004. O PIB é medido em R$ por 1.000. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

A Tabela 21 traz a continuação das estatísticas descritivas, pode-se observar uma diferença significativa na média da área desmatada entre os grupos de baixo e alto desmatamento. No entanto, essa diferença diminui após a implementação do plano. O grupo de alto desmatamento apresentou uma redução de aproximadamente 23% na média do desmatamento, enquanto o grupo de baixo desmatamento teve uma redução de 19,77%.

Com relação às emissões de CO2, nota-se uma redução da média para ambos os grupos após a intervenção. E o teste de diferença de médias também indica que há diferenças entre os municípios de alto e baixo desmatamento pré-intervenção. Os municípios com baixo desmatamento apresentam médias significativamente menores de emissões de CO2 em comparação aos municípios de alto desmatamento. Isso se repete para o número de focos de incêdios, no entanto, pós-intervenção foram registrados mais focos de incêndios em ambos os grupos.

Tabela 21 – Estatísticas descritivas-continuação.

	Pré-Intervenção (2000-2004)			Pós-Intervenção (2005-2007)		
	Baixo	Alto	Diferença	Baixo	Alto	Diferença
Demais variáveis						
Desmatamento	579,28	10700,87	10121,28***	464,74	8238,00	7773,26***
CO2	643,86	6742,34	6098,48***	524,39	5358,26	4833,87***
Incêndios	87,65	587,80	500,15***	125,91	844,36	718,45***
Área (km)	4586,36	12303,79	7717,43***	4586,36	12303,79	7717,43***
PIB2003	161469,60	169523,50	8053,90	161469,60	169523,50	8053,90
Salário	371,54	406,76	35,22***	396,61	455,48	58,87***
% de idosos (60 ou mais)	8,66	6,80	-1,86***	8,66	6,80	-1,86***
% de crianças (0-4 anos)	9,92	9,75	-0,17**	9,92	9,75	-0,17**
Observações	2895	965		1737	579	

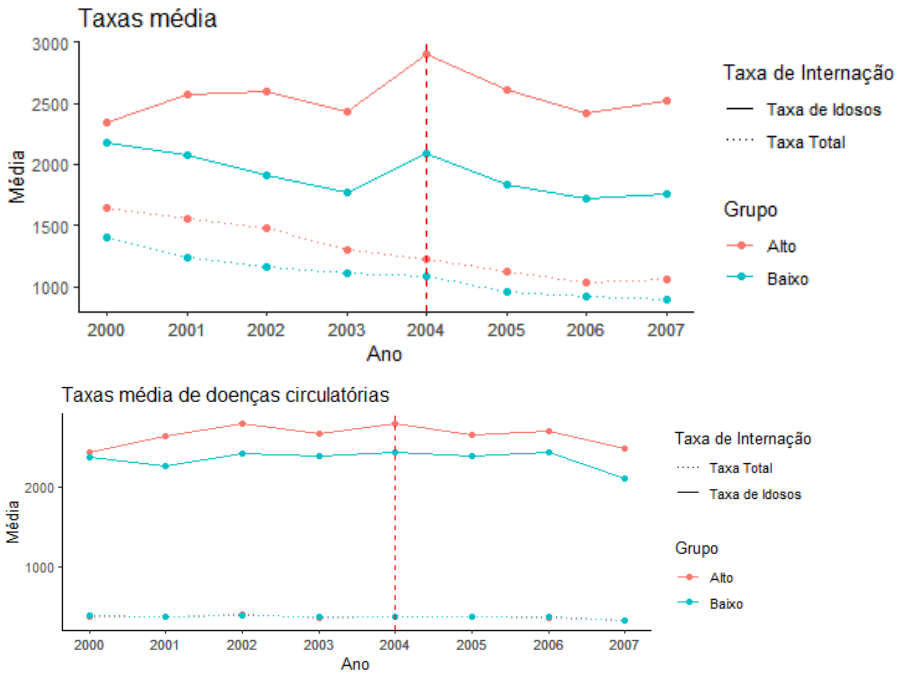
Nota: Desmatamento é dado em hectares. CO2 é medido em toneladas (os valores foram divididos por 1000). Alto refere-se aos municípios que tiveram taxas de desmatamento pré-intervenção acima do percentil 75 da distribuição em 2004. O PIB é medido em R$ por 1.000. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

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

Por fim, em termos da composição demográfica, os municípios são significativamente

diferentes. Os municípios com baixo desmatamento pré-intervenção têm uma porcentagem maior de idosos e crianças (entre 0 e 4 anos) em comparação ao municípios de alto desmatamento pré-intervenção. Contudo, os valores da proporção de idosos de 60 anos ou mais são semelhantes ao registrada pelo Censo de 2000, aproximadamente 8,6% da população brasileira.

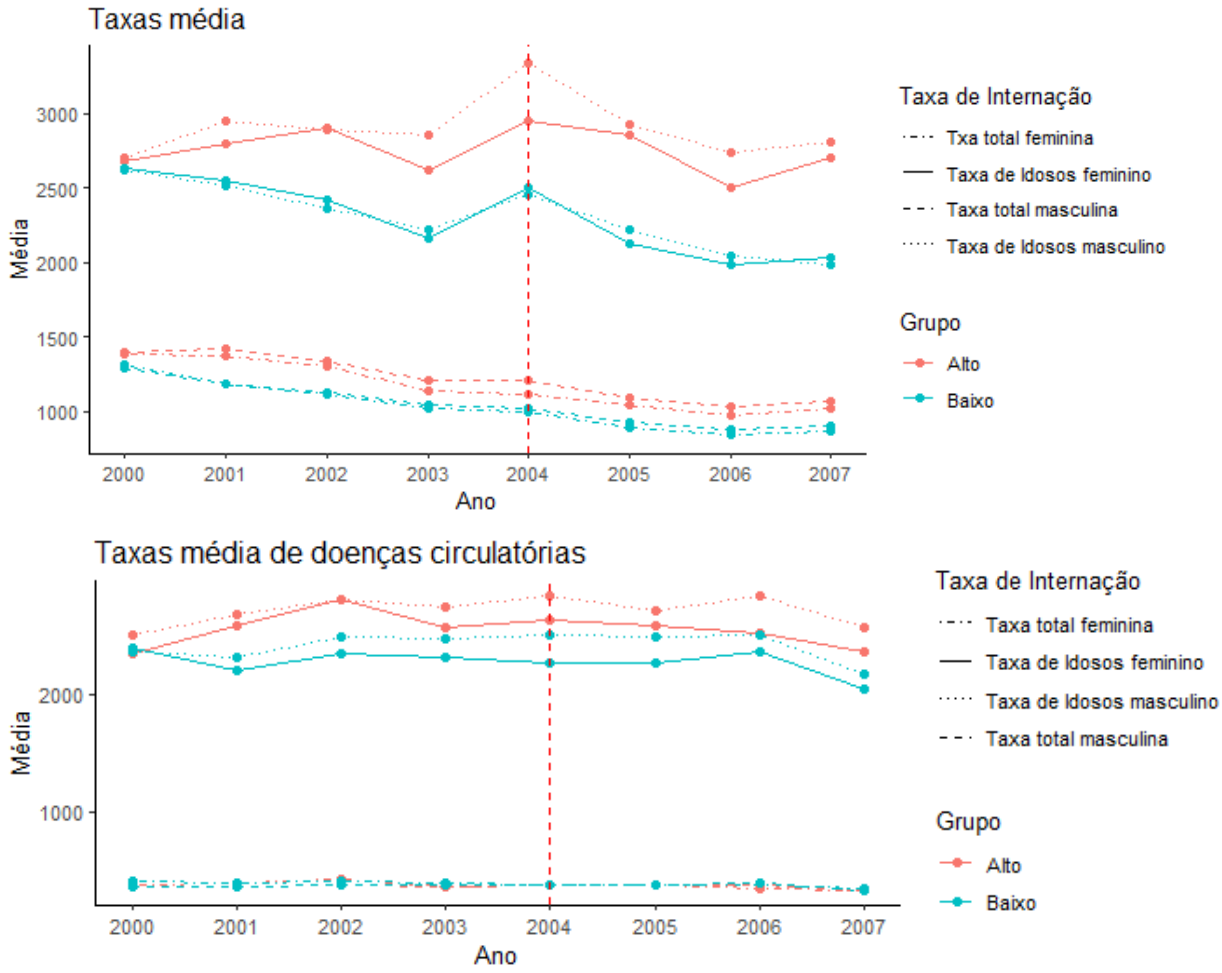
Voltando a análise das taxas de internações, os gráficos da Figura 12 mostram o comportamento médio das taxas de internações por doenças do aparelho respiratório e circulatório ao longo do tempo para os municípios com alta taxa de desmatamento pré-interveção (acima do percentil 75 da distribuição), denominado de "Alto", e os municípios com menores taxas de desmatamento, chamado de "Baixo". Observa-se que há poucas mudanças nos resultados de saúde. A maioria das mudanças notáveis estão nas taxas de internações de idosos. Os resultados mostram que os municípios com maior taxa de desmatamento pré são os que possuem as maiores taxas médias de internação por doenças do aparelho respirátorio e circulatório. Essa tendência nas taxas se repetem quando se desagrega por sexo.



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

Figura 12 – Evolução das taxas médias de internações de doenças respiratórias e circulatórias, por grupo, 2000-2007

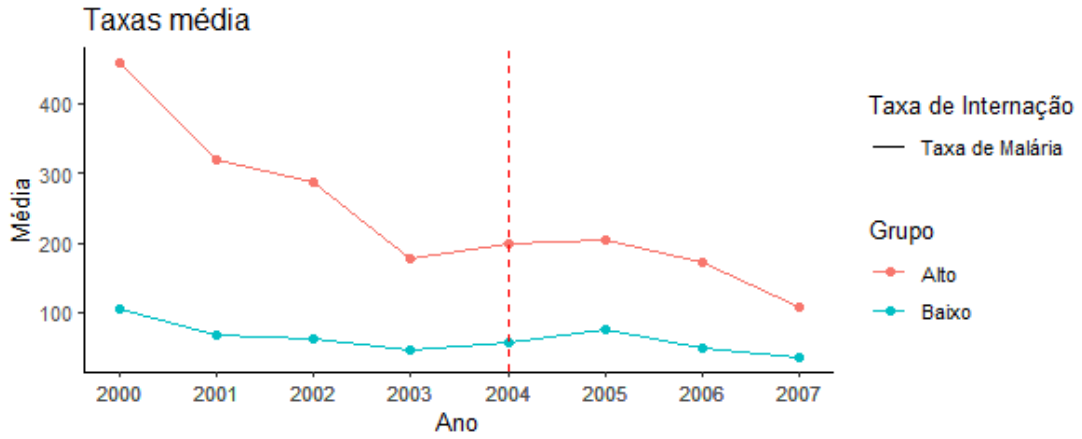
Sobre as diferenças de gênero (Figura 13), nota-se uma discrepância um pouco maior nas taxas de internações de homens e mulheres nos municípios de "Alto"desmatamento pré-intervenção, especialmente para os idosos. A taxa de internação de indivíduos do sexo masculino é superior a do sexo feminino nesses municípios. É possível observar uma mudanças em ambas as taxas pós política. No entanto, é difícil estabelecer uma relação clara entre a política e os resultados de saúde a partir destas análises informal.



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

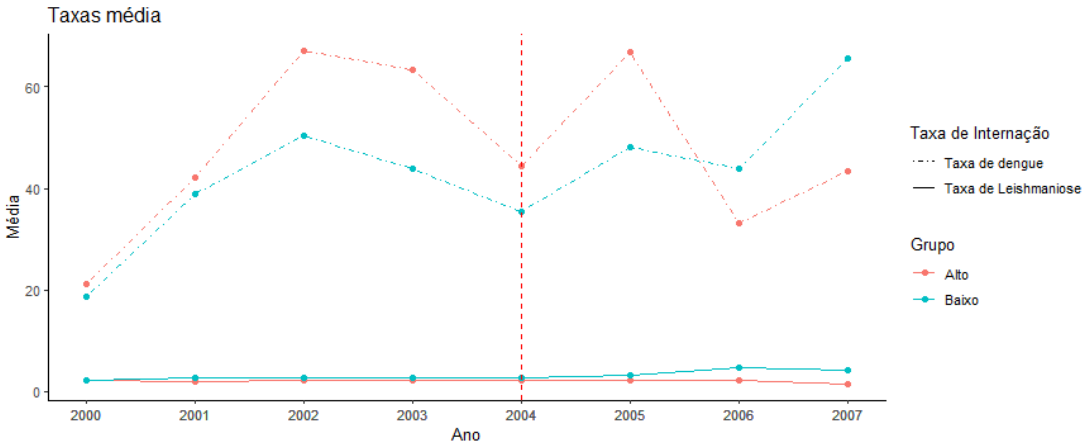
Figura 13 – Evolução das taxas médias de internações de doenças respiratórias e circulatórias por sexo, 2000-2007

As figuras seguintes, apresentam as tendências das taxa médias das internações por malária (Figura 14), Leishmaniose e dengue (Figura 15) e febre amarela e doenças de Chagas (Figura 16). No geral, para malária e dengue, a taxa média do grupo "Alto"tende a ser maior.



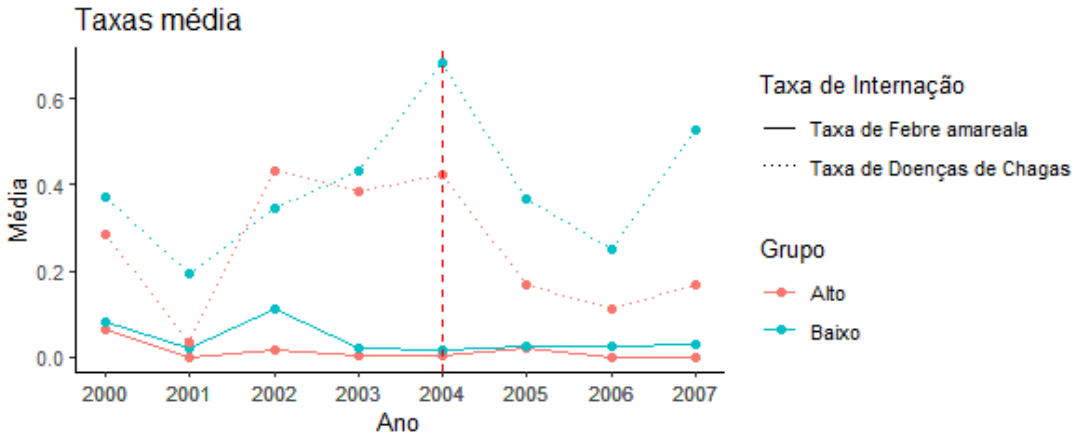
Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes habitantes. Alto refere-se aos municípios que tiveram taxas de desmatamento pré-intervenção acima do percentil 75 da distribuição.

Figura 14 – Evolução das taxas médias de internações de malária, por grupo, 2000-2007



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

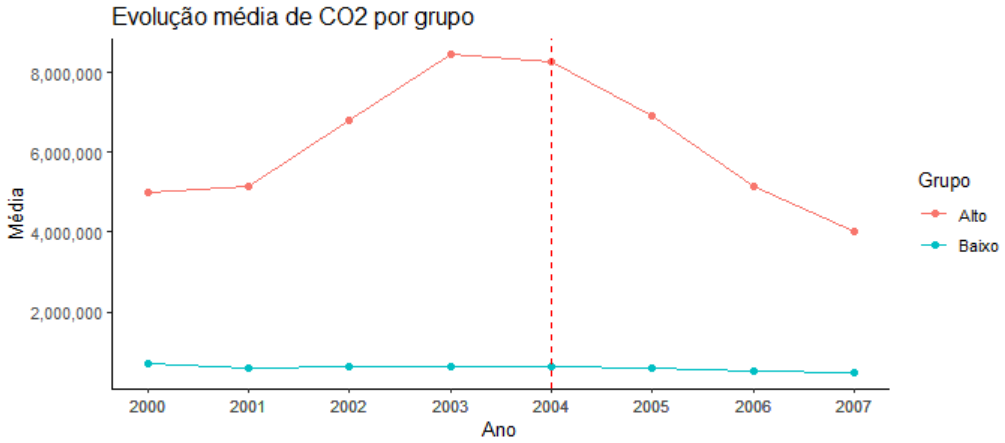
Figura 15 – Evolução das taxas médias de internações de leishmaniose e dengue, por grupo, 2000-2007



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

Figura 16 – Evolução das taxas médias de internações de febre amarela e doenças de Chagas, por grupo, 2000-2007

Na Figura 17, por sua vez, temos o comportamento médio para as emissões de CO2 no período de 2000-2007 para o grupo de municípios com "Alto"desmatamento pré-intervenção e os municípios com "Baixo"desmatamento pré-intervenção. É possível perceber uma grande diferença entre os dois grupos. Ao longo dos anos, nos municípios com "Baixo"desmatamento pré, não há mudanças significativas nos níveis de CO2. No entanto, nos municípios com "Alto"desmatamento pré, são visíveis alterações nos níveis de CO2. No período que antecede a política, os níveis de emissões de CO2 aparentam uma tendência de crescimento, e após a intervenção, o movimento se inverte. A princípio, pode-se dizer que o controle do desmatamento florestal foi eficaz na redução de CO2, contribuindo assim para a diminuição das emissões de GEE, causadoras do aquecimento global.



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

Figura 17 – Tendência de emissões de CO2, 2000-2007

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Resultados principais

A primeira análise verifica o efeito do PPCDAm no desmatamento. Foi estimada a Equação 3.2 com desmatamento (em hectares) como a variável dependente. A Tabela 22, coluna (1) apresenta esses resultados. Nas estimações foram adicionados controles (Post2004*Area, Post2004*PIB2003, Post2004*Dens_bovino e Post2004*Part_agro_PIB) e efeitos fixos de município e de ano em todas especificações.

Os resultados apontam que os municípios com maiores níveis de desmatamento pré-intervenção apresentaram as maiores reduções no desmatamento após a implementação do plano. O coeficiente estimado foi de aproximadamente -0,59 significativo a 1%, mantendo-se estável com a inclusão de variáveis de controle. Esse achado indica que política teve um impacto positivo no controle do desmatamento nos municípios que mais desmatavam.

A seguir, examina-se o efeito do PPCDAm nas emissões de CO2. O resultado da Tabela 22, coluna (2) mostra que a política de controle de desmatamento contribui para a diminuição nos níveis de CO2, indicando que a conservação de floresta e o reflorestamento são mitigadores de gases de efeito estufa, consequentemente reduzindo os efeitos do aquecimento global e das mudanças climáticas. A conservação de cada 1.000 hectares de florestas (ou 10 km^2) está associada a uma redução de 0,02% nas emissões de CO2.

Esse resultado mostra a importância das florestas para o Brasil alcançar suas metas de redução de emissões de gases de efeito estufa, conforme acordado no Acordo de Paris. No acordo, o Brasil se comprometeu em reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025; e em 43% abaixo de 2005, em 2030. Além disso, o país também se comprometeu em restaurar 12 milhões de hectares de florestas até 2030

(Brasil , 2015).

Tabela 22 – Efeitos diversos da política de conservação.

	(1) Desmatamento	(2) ln_CO2	(3) Incêndios
Post2004*Des_pre	-0,589***	-0,00002***	-0,015*
	(0,082)	(0,00000)	(0,009)
Média da Var. dependente	2871,2	13,37	247,5
Observações	6120	6120	6152
EF de Ano	Sim	Sim	Sim
EF de Município	Sim	Sim	Sim
Tendência de tempo de município	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim

Nota: Na coluna (1), a variável dependente é desmatamento em hectares; na coluna (2), a variável de resultado é CO2 em log, medido em toneladas; e, na coluna (3), a variável dependente é o número de focos de incêndios . Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Os controles são: Post2004*Area, Post2004*PIB2003, Post2004*Dens_bovino e Post2004*Part_agro_PIB. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Diversos mecanismos explicam a relação entre a redução do desmatamento e os benefícios para a saúde humana. Conforme mencionado anteriormente, o desmatamento está frequentemente associado à queima de biomassa. Diante disso, buscamos identificar alguns dos mecanismos envolvidos, começando pela análise do impacto da política sobre o número de focos de incêndio na região da Amazônia Legal, considerando as amplas evidências de que incêndios florestais contribuem para a poluição atmosférica e prejudicam a saúde respiratória (Ribeiro e Assunção , 2002; Butt *et al.* , 2021; Reddington *et al.* , 2015).

Na Tabela 22, a coluna (3) mostra o efeito do PPCDAM sobre o focos de incêndios na região. O resultado é estatisticamente significativo e negativo. Isso indica que os municípios com maiores taxas de desmatamento antes do plano registraram uma redução no número de focos de incêndio após a implementação da política de conservação florestal. Para cada 1000[5] hectares (10km^2) de floresta conservado, podem ser evitadas, em média, 15 focos de incêndio. Esse resultado pode explicar a melhora na saúde respiratória da população desses municípios, uma vez que a redução dos incêndios florestais leva a uma menor emissão de poluentes atmosféricos, contribuindo diretamente para a melhora da qualidade do ar e a diminuição dos riscos à saúde.

[5] Equivale aproximadamente a 1.210 campos de futebol, considerando o padrão médio brasileiro.

Os resultados na saúde são apresentados na Tabela 23. Cada painel é um resultado de saúde diferente, internações por doenças respiratórias, primeiro para toda população e, em seguida, especificamente para idosos. As colunas (1) e (3) usa a especificação base, apenas com tendência linear específica de município e efeitos fixos de tempo e município, sem adição de controle. Nas colunas seguintes foram adicionados controles.

No primeiro painel (Painel A), o coeficiente de interesse estimado para a taxa de internação da população como um todo não foi significativo. Porém, no painel B, o resultado sobre a taxa de internação de idosos é negativa e significativa a 1%, indicando que a política de conservação florestal proporcionou benefícios à saúde dos grupos mais vulneráveis, como os idosos. Nesse caso, os municípios que apresentavam níveis mais elevados de desmatamento antes da intervenção registraram uma redução mais acentuada nas taxas de internação de idosos por doenças respiratórias e circulatória. Portanto, os municípios com mais desmatamento antes da política foram os que mais se beneficiaram em termos de saúde. Estima-se que, para cada 1000 hectares (10km^2) de floresta conservado, podem ser evitadas, em média, entre 16 e 17 internações de idosos a cada 100.000 habitantesdevido a causas respiratórias, e entre 12 e 14 hospitalizações relacionadas a doenças do sistema circulatório.

Como as taxas de internação de idosos por doenças respiratórias nos municípios com maior desmatamento (grupo "Alto", Figura 12) eram relativamente estáveis, mas apresentaram uma tendência de crescimento no período anterior à política, os resultados indicam que o PPCDAm ajudou a interromper essa trajetória ascendente, revertendo a tendência e contribuindo para a redução das internações por doenças respiratórias. Algumas evidências indicam que a redução do desmatamento na Amazônia traz benefícios para a saúde. Por exemplo, Damm *et al.* (2024) observaram que a queda no desmatamento nos últimos anos reduziu em 7,2% a mortalidade por doenças respiratórias a cada 100.000 habitantes.

Dado que atualmente, o Brasil está passando por uma transição demográfica, com o envelhecimento da população, esse resultado é muito importante para o bem-estar dos idosos. O envelhecimento populacional exige uma reorganização dos serviços sociais e uma atenção maior à promoção do envelhecimento saudável, à prevenção de doenças crônicas e à ampliação do cuidado de longo prazo (OPAS , 2020). Nesse contexto, políticas públicas que proporcionem melhor qualidade de vida para esse grupo são essenciais.

Para reforçar a importância do PPCDAM para a saúde da população local, exploramos também as externalidades sobre as doenças transmitidas por vetores (malária, leishmaniose, febre amarela, doenças de Chagas e dengue). O foco são as internações, a escolha dessa medida de desfecho deve-se ao fato de que parte dos casos dessas doenças podem ser tratada em nível ambulatorial ou domiciliar e, portanto, não resultar em hospitalização. Dessa forma, as internações permitem identificar os casos de maior gravidade

Tabela 23 – Efeito da política de conservação nas internações por doenças respiratória e circulatória.

	Respiratório		**Circulatório**	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Painel A: População Total				
Post2004*Des_pre	-0,003	-0,003	-0,0004	-0,0005
	(0,002)	(0,002)	(0,001)	(0,001)
Observações	6176	6120	6176	6120
Média var. dependente	1144,3	1144,3	369,9	369,9
Painel B: Idosos (60 anos ou mais)				
Post2004*Des_pre	-0,016***	-0,017***	-0,012**	-0,014**
	(0,005)	(0,006)	(0,005)	(0,006)
Observações	6176	6120	6176	6120
Média var. dependente	2074,6	2074,6	2420,6	2420,6
EF de Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
EF de Município	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência tempo município	Sim	Sim	Sim	Sim
Área*Post2004	Não	Sim	Não	Sim
PIB2003*Post2004	Não	Sim	Não	Sim
Dens_bovino*Post2004	Não	Sim	Não	Sim
Part_agro_PIB*Post2004	Não	Sim	Não	Sim

Nota: As taxas de internações são dadas por 100.000 habitantes. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Entre parênteses estão os erros-padrão robustos, clusterizados a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

que demandam atendimento hospitalar e representam custos mais elevados para o sistema de saúde.

A Tabela 24 mostra os resultados, revelando efeito estatisticamente significativo e negativo apenas para a leishmaniose. Nesse sentido, municípios com altas taxas de desmatamento antes da intervenção observaram reduções mais expressivas nas taxas de hospitalização por leishmaniose. A análise sugere que, para cada 10.000 hectares (100 km²) de floresta conservada, foram previnidas aproximadamente 4 internações por milhão de habitantes. De acordo com o censo demográfico do IBGE de 2000, a região da Amazônia Legal tinha cerca 20,3 milhões de moradores. Com base nesse número, estima-se uma redução de cerca de 81,2 hospitalizações.

Esse resultado é importante para saúde pública e o bem estar da população, uma vez que a cura da leishmaniose geralmente requer um tratamento agressivo, apenas 6% dos casos a cura ocorre de forma espontânea (Codeço *et al.* , 2021).

Tabela 24 – Outros efeitos da política na saúde.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Malária	Leishmaniose	Febre amarela	Chagas	Dengue
Post2004*Des_pre	0,0001	-0,00004**	0,0000	0,0000	-0,0003
	(0,001)	(0,00002)	(0,000)	(0,00001)	(0,0003)
Observações	6120	6120	6120	6120	6120
Média var. dependente	106,55	2,90	0,03	0,36	44,29
EF de Ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF de Município	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência de tempo de município	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: As variáveis dependentes são taxas de internações por 100.000 habitantes. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Os controles são: Post2004*Area, Post2004*PIB2003, Post2004*Dens_bovino e Post2004*Part_agro_PIB. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

3.4.2 Heterogeneidade

Na Tabela 25 analisa a heterogeneidade de gênero. Estimou-se a especificação completa da Tabela 23 por sexo. Os resultados para doenças respiratória, apontam que o plano de conservação florestal teve um impacto maior na saúde da população do sexo masculino (Painel B). Como podemos observar na Figura 12, nos municípios que registraram maior nível de desmatamento pré-intervenção, a taxa de internação de homens era superior à das mulheres, por isso, espera-se que eles se beneficiem mais com a política. Como a maioria das taxas de hospitalizações masculina é levemente maior, esse resultado torna-se coerente. Já para doenças do aparelho circulatório, em idosos, o benefício da conservação florestal é levemente maior para as mulheres.

Na sequência, a Tabela 26 apresenta a análise da heterogeneidade por gênero das doenças transmitidas por vetores. O único efeito estatisticamente significativo refere-se à leishmaniose entre as mulheres, para as quais a conservação das florestas parece estar associada a benefícios na saúde.

Embora tenha sido observado um aumento médio de R$25,07 e R$48,72 no salário real (Tabela 21) para os municípios de baixo e alto desmatamento, respectivamente, acredita-se que esse efeito não compromete a validade dos resultados encontrados. Pois, a análise inclui o PIB municipal como variável de controle. Além disso, o aumento salarial observado é relativamente modesto e, isoladamente, dificilmente explicaria a magnitude da redução nas taxas de internação observada, reforçando que o efeito estimado pode ser atribuído, de fato, à política.

Tabela 25 – Efeito da política de conservação na saúde respiratória e circulatória por gênero.

	Doenças respiratória	Doenças respiratória Idosos	Doenças circulatória	Doenças circulatória Idosos
Painel A: Sexo Feminino				
Post2004*Des_pre	-0,003	-0,013**	-0,0001	-0,015**
	(0,002)	(0,007)	(0,001)	(0,007)
Observações	6120	6120	6120	6120
Média var. dependente	1037,00	1999,8	375,8	2341,6
Painel B: Sexo Masculino				
Post2004*Des_pre	-0,005**	-0,021***	-0,001	-0,012**
	(0,002)	(0,008)	(0,001)	(0,006)
Observações	6120	6120	6120	6120
Média var. dependente	1060,8	2035,7	362,6	2487
EF de Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
EF de Município	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência de tempo de município	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes. Foram consideradas todas as doenças respiratórias. Os controles são: Post2004*Area, Post2004*PIB2003, Post2004*Dens_bovino e Post2004*Part_agro_PIB. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Em resumo, a política de conservação (PPCDAm), além de mitigar as alterações climáticas por meio da redução das emissões de CO2, pode gerar externalidades positivas para a saúde da população local. Esses efeitos são heterogêneos entre diferentes grupos populacionais, com os mais vulneráveis se beneficiando mais. Contudo, ambos podem obter ganhos na saúde com a preservação de florestas.

Tabela 26 – Efeito da política de conservação nas doenças vetoriais por gênero.

	Malária	Leishmaniose	Dengue
Painel A: Sexo Feminino			
Post2004*Des_pre	0,00004	-0,00004*	-0,0003
	(0,001)	(0,00002)	(0,0003)
Observações	6120	6120	6120
Média var. dependente	93,69	2,23	46,24
Painel B: Sexo Masculino			
Post2004*Des_pre	0,0002	-0,00004	-0,0004
	(0,001)	(0,00003)	(0,0003)
Observações	6120	6120	6120
Média var. dependente	118,70	3,53	42,32
EF de Ano	Sim	Sim	Sim
EF de Município	Sim	Sim	Sim
Tendência de tempo de município	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim

Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes. Foram consideradas todas as doenças respiratórias. Os controles são: Post2004*Area, Post2004*PIB2003, Post2004*Dens_bovino e Post2004*Part_agro_PIB. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

3.4.3 Robustez

Para verificação dos resultados, investigou-se o efeito da política de conservação florestal nas taxas de internações de doenças não relacionada com desmatamento. Foram consideradas todas as doenças dos capítulos XIII e XIX do CID-10, que incluem doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo, lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas [6].

[6] Incluem: Artrite reumatóide e outras poliartropatias inflamatórias; Artrose; Deformidades adquiridas das articulações; Outros transtronos articulares; Doenças sistêmicas do tecido conjuntivo; Transtornos discais cervicais e outros transtornos discais intervertebrais; Outras dorsopatias; Transtornos do tecido mole; Transtornos da densidade e da estrutura ósseas; Osteomielite; Outras doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo; Fratura do crânio e dos ossos da face; Fratura do pescoço, tórax ou pelve; Fratura do fêmur; Fratura de outros ossos dos membros; Fraturas envolvendo múltiplas regiões do corpo; Luxações, entorse e distensão de regiões especificadas e de regiões múltiplas do corpo; Traumatismo do olho e da órbita ocular; Traumatismo intracraniano; Traumatismo de outros órgãos internos; Lesões por esmagamento e amputações traumáticas de regiões especificadas e de múltiplas regiões do corpo; Outros traumatismos de regiões especificadas e não especificadas e de regiões múltiplas do corpo; Efeitos de corpo estranho que entra através de orifício natural; Queimadura e corrosões; Envenenamento por drogas e substâncias biológicas; Efeitos tóxicos

O resultado é exibido na Tabela 27. Comparando com resultado principal (Tabela 23), podemos destacar o efeito sobre os idosos. Observa-se que a política não teve impactos negativos sobre doenças não relacionadas ao desmatamento em idosos, pelo contrário, o efeito foi positivo e significativo, o que nos permite afirmar que os resultados sobre doenças respiratórias são robustos. Esses achados indicam que o PPCDAm, além de ter sido importante para a preservação das florestas, também teve um impacto significativo na saúde respiratória, especialmente entre os idosos.

Tabela 27 – Efeito da política de conservação nas internações de doenças não relacionadas ao desmatamento.

	(1)	(2)	(3)
Painel A: Variável dependente: Taxa de internações Total			
Post2004*Des_pre	-0,0004	-0,0002	-0,0001
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Observações	6176	6176	6152
Painel B: Variável dependente: Taxa de Internação de Idosos			
Post2004*Des_pre	0,002	0,003**	0,003**
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Observações	6176	6176	6120
EF de Ano	Sim	Sim	Sim
EF de Município	Sim	Sim	Sim
Tendência de tempo de município	Sim	Sim	Sim
Area*Post2004	Não	Sim	Sim
PIB2003*Post2004	Não	Não	Sim
Dens_bovino*Post2004	Não	Não	Sim
Part_agro_PIB*Post2004	Não	Não	Sim

Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes. Nas taxas de internações foram consideradas apenas as doenças que não possuem relação clara com desmatamento, selecionou-se as doenças dos capítulos XIII e XIX do CID-10, que incluem doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo, lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

de substâncias de origem principalmente não-medicinal; Síndromes de maus tratos; Outros efeitos e os efeitos não especificados de causas externas; Certas complicações precoces de traumatismo e complicações cirúrgicas, e da assistência médica não classificadas em outra parte; Seqüelas de traumatismos, de envenenamento e de outras conseqüências de causas externas

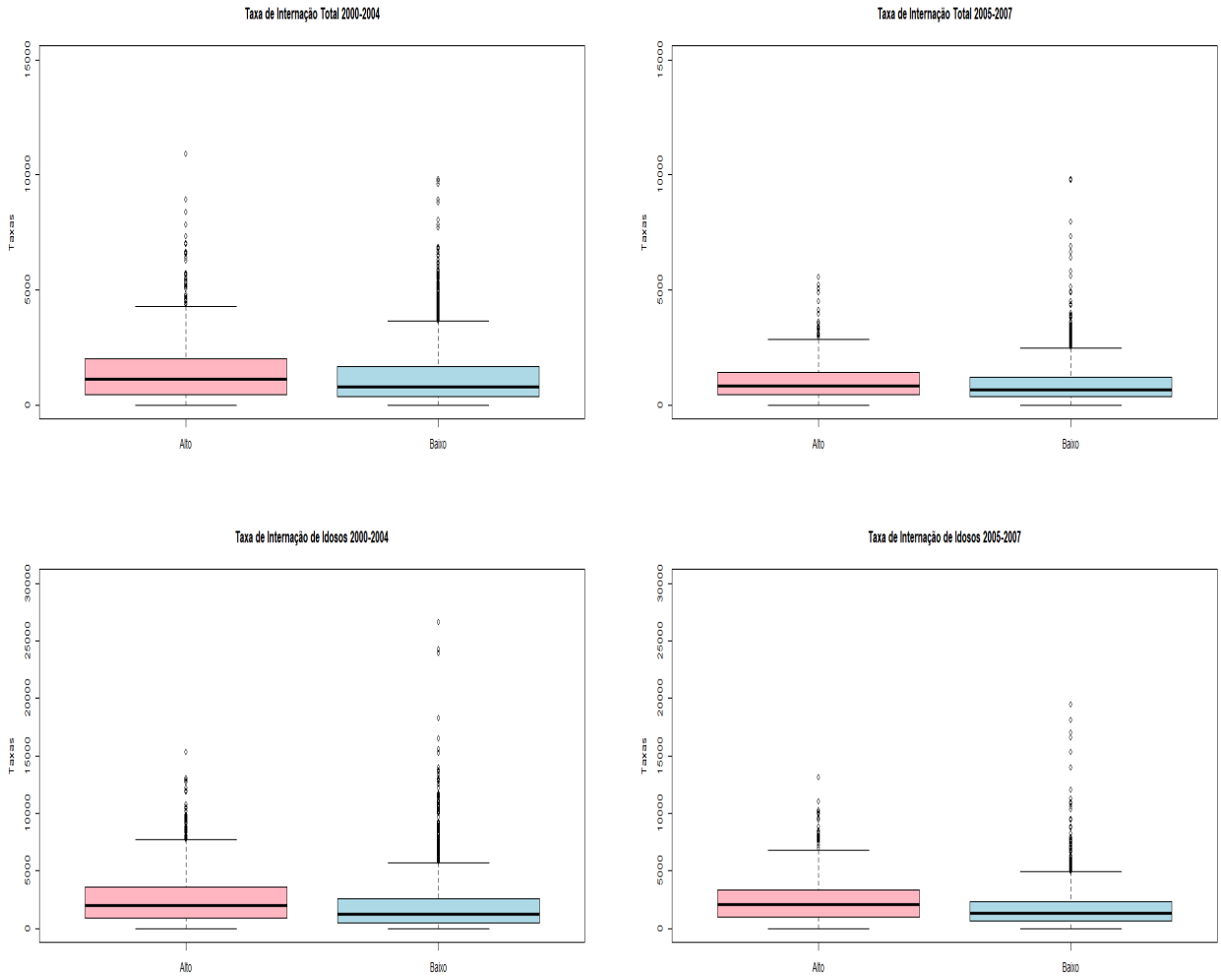
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo analisa as externalidades de uma política de preservação e conservação de florestas, o PPCDAm, na saúde da população da Amazônia Legal. O PPCDAm, lançado em 2004, tem como objetivo reduzir continuamente o desmatamento na região. No entanto, os resultados encontrados indicam que a política, além de proporcionar diminuição na área desmatada, também teve efeitos positivos para a saúde da população na mitigação das mudanças climáticas, com redução nas emissões de CO2. Especificamente, verificou-se que a política está associada a uma redução na taxa de internação por doenças respiratórias em idosos, e a magnitude do impacto é maior para o sexo masculino. Além disso, observou-se uma diminuição na incidência de leishmaniose.

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

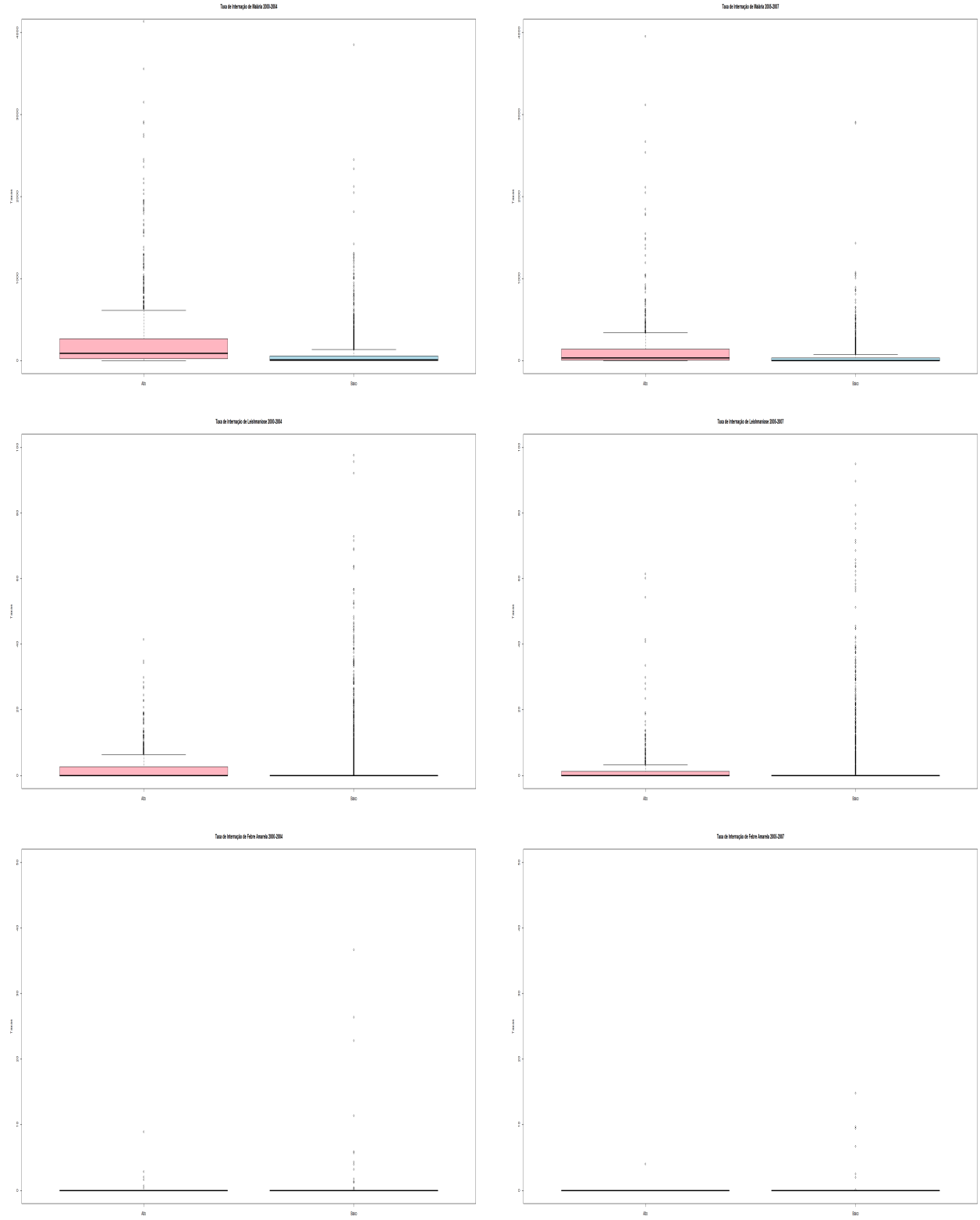
Além disso, devido aos inúmeros problemas de saúde decorrentes de causas ambientais, é necessário compreender todas as relações entre saúde/doença para formular políticas públicas e atender a todas as demandas. Os nossos achados reforçam a ideia de que a degradação ambiental impacta negativamente a saúde pública de forma direta.

3.6 APÊNDICE B - Informações Complementares



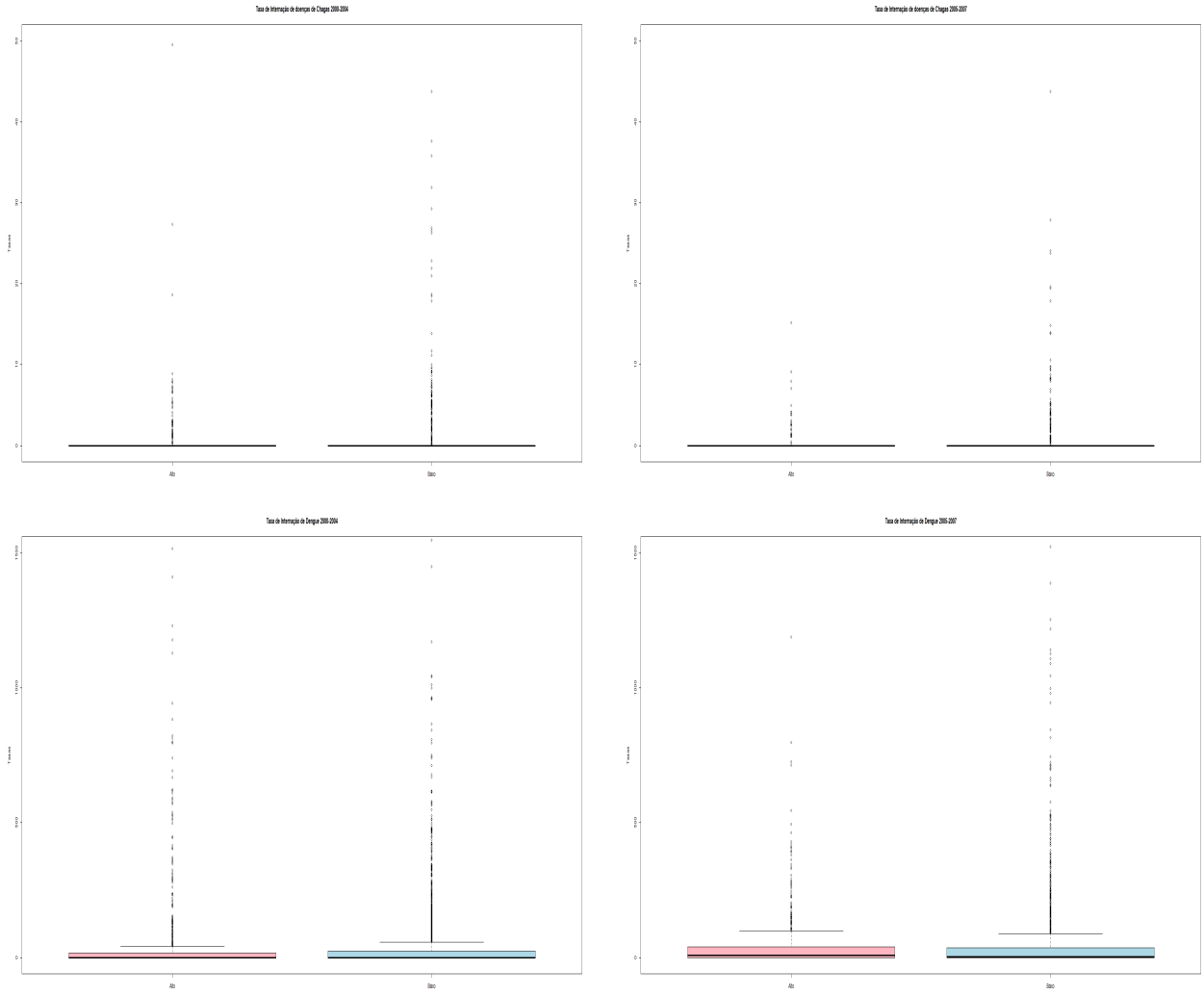
Nota: As taxas de internação é dada por 100.000 habitantes. Nas taxas de internações foram consideradas apenas doenças do aparelho respiratório. Alto refere-se aos municípios que tiveram taxas de desmatamento acima do percentil 75 da distribuição em 2004.

Figura 18 – Distribuição da taxas de internações por doenças respiratória antes e depois do PPCDAm



Nota: As taxas de internação é dada por 100.000 habitantes. Alto refere-se aos municípios que tiveram taxas de desmatamento acima do percentil 75 da distribuição em 2004.

Figura 19 – Distribuição da taxas de internações de doenças relacionada a vetores antes e depois do PPCDAm



Nota: As taxas de internação é dada por 100.000 habitantes. Alto refere-se aos municípios que tiveram taxas de desmatamento acima do percentil 75 da distribuição em 2004.

Figura 20 – Distribuição da taxas de internações de doenças relacionada a vetores antes e depois do PPCDAm - continuação

Resultados utilizando os dados de desmatamento do PRODES de 2001-2007.

Tabela 28 – Efeito diversos da política de conservação - Dados PRODES.

	Desmatamento	CO2	Incêndios
Post2004*Des_pre	-0,725***	-251,39***	-0,015***
	(0,119)	(31,75)	(0,005)
Observações	5355	6120	6120
EF de Ano	Sim	Sim	Sim
EF de Município	Sim	Sim	Sim
Tendência de tempo de município	Sim	Sim	Sim
Controles	Não	Sim	Sim

Nota: A variável dependente é desmatamento em hectares. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Os controles são: Post2004*Area, Post2004*PIB2003, Post2004*Dens_bovino e Post2004*Part_agro_PIB. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Tabela 29 – Efeito da política de conservação nas internações-Dados PRODES.

	Doenças respiratórias	Doenças respiratórias Idosos	Malária	Leishmaniose	Dengue
Post2004*Des_pre	-0,004*	-0,020**	-0,001	-0,00004**	-0,0003
	(0,002)	(0,006)	(0,001)	(0,00002)	(0,0003)
Observações	6120	6120	6120	6120	6120
EF de Ano	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
EF de Município	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Tendência de tempo de município	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: As taxas de internações é dada por 100.000 habitantes. Todas as regressões incluem efeitos fixos de município e de tempo. Os controles são: Post2004*Area, Post2004*PIB2003, Post2004*Dens_bovino e Post2004*Part_agro_PIB. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de microregião. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

4 ENSAIO 3 - EFEITOS DE CHOQUES CLIMÁTICOS NO ESTADO NUTRICIONAL DE CRIANÇAS EM SITUAÇÃO SOCIOECONÔMICA VULNERÁVEL

4.1 INTRODUÇÃO

Uma das questões mais importantes do último século envolve mudanças climáticas abruptas, insegurança alimentar e degradação ambiental. E existe uma relação entre essas três variáveis (Cerri *et al.* , 2018). As mudanças climáticas podem afetar o estado nutricional de diversas maneiras, desde desnutrição e déficit nutricional a sobrepeso e obesidade. Isso ocorre devido a diversas causas, como reduções na disponibilidade de alimentos, restrições no acesso, limitação na utilização de alimentos e estabilidade do sistema alimentar. A alta demanda eleva os preços dos alimentos, a instabilidade, devido à baixa oferta de alimentos in natura e preços elevados, pode aumentar a busca por alimentos ultraprocessados e processados. Além disso, a ocorrência de desastres naturais, como as secas e inundações, pode prejudicar a produção de alimentos e/ou reduzir as áreas cultiváveis (Raiten e Aimone , 2017; Alpino *et al.* , 2022).

O estado nutricional infantil é um fator importante na determinação de capital humano. A desnutrição pode aumentar o risco de morbidade e mortalidade infantil. Além disso, a desnutrição durante a primeira infância pode prejudicar permanentemente a saúde dos indivíduos e a realização socioeconômica ao longo da vida. As crianças malnutridas podem apresentar conquistas atrasadas, matrículas escolares tardia, redução das habilidades motoras e menor produtividade (Alderman *et al.* , 2006). Os efeitos da desnutrição podem impactar a condição socioeconômica das futuras gerações, ser intergeracionais, podendo perpetuar a pobreza ao longo do tempo. Ou seja, pode reduzir a capacidade dessas crianças de melhorar seus padrões de vida quando adultas (Abiona , 2017).

De acordo com a definição da WHO (2021), a desnutrição infantil inclui não apenas a subnutrição, que envolve atraso no crescimento, emagrecimento e baixo peso devido à falta de proteína e energia, mas também abrange a sobrenutrição, como o excesso de peso e a obesidade resultantes da ingestão excessiva e desequilibrada de energia.

Embora estudos sobre os impactos das mudanças climáticas tenham crescido bastante em diversas subáreas, como agricultura, saúde, nutrição, entre outras, nos últimos anos, ainda existem algumas lacunas a serem exploradas. Como os efeitos das mudanças climáticas podem impactar a saúde de forma desigual, estando a população de baixa renda particularmente mais vulnerável. Além disso, embora as pesquisas que relaciona as mudanças climáticas à saúde pediátrica seja extensa, ainda são escassas as evidências sistemáticas acerca dos impactos de eventos climáticos extremos específicos sobre os desfechos de crescimento infantil. Nesse contexto, o objetivo deste ensaio é analisar o

impacto da ocorrência de eventos climáticos extremos sobre o estado nutricional de crianças de 6 a 60 meses em situação de de maior vulnerabilidade socioeconômica, no período de 2014 a 2019. Crianças em situação de pobreza tendem a ter menor estatura e a enfrentar consequências nutricionais severas em decorrência às mudanças climáticas (Alpino *et al.* , 2022).

As variáveis utilizadas para avaliar o estado nutricional de crianças são os valores z padronizados de imc para idade, peso para idade e peso para altura de acordo com gráfico de crescimento infantil da OMS. Os z-scores indicam o desvio de um dado em relação à mediana de uma população de referência (WHOc, 2006).

Utilizando um modelo com efeitos fixos de município e de ano, este estudo investiga os efeitos exógenos de choques de seca e estiagem sobre o estado nutricional de crianças de 6 meses a 5 anos de idade. Os resultados indicam que a exposição a esses eventos climáticos afeta negativamente o estado nutricional infantil. Além disso, a magnitude desse efeito difere de acordo com o nível de desenvolvimento do município.

Uma vez que eventos climáticos extremos tendem a se tornar mais frequentes e intensos, a finalidade desse ensaio é contribuir de forma relevante para o debate sobre a relação entre as mudanças climáticas, segurança alimentar e saúde infantil. Ao identificar os efeitos desses eventos, o estudo permite compreender como eles impactam o desenvolvimento infantil, contribuindo para a formulação e o aprimoramento de políticas públicas voltadas ao bem-estar das crianças.. Além disso, este estudo pretende fomentar a literatura ao analisar a relação entre eventos climáticos e o estado nutricional de crianças de baixa renda em todos os municípios brasileiros.

Normalmente, os estudos se concentram mais sobre o impacto da seca no bem estar, bem como em regiões específicas. Por exemplo, FIDA (2020) examinaram o impacto da seca na saúde (mortalidade, enfermidades e estado nutricional) e educação no semiárido nordestino. Ainda no Nordeste, Rocha e Soares (2015) relatam que a exposição à seca *in utero* está correlacionada a uma maior mortalidade infantil, menor peso ao nascer e período de gestação mais curto. Smith *et al.* (2014) focaram no impacto da seca na Amazônia e doenças respiratórias de crianças. Por sua vez, Oliveira e Medeiros (2019) analisa o estado do Ceará e encontra evidências de uma relação negativa entre a taxa de mortalidade infantil e a precipitação municipal. No entanto para o Brasil, a literatura não tem muitas evidências sobre possível impacto no estado nutricional.

O ensaio está dividido em cinco seções. Além desta introdução, a segunda seção apresentará uma contextualização sobre a nutrição infantil e sua relação com o desenvolvimento. A terceira seção descreve os dados e a estratégia empírica. Na quarta seção, são apresentados os resultados, e, por fim, a quinta seção, as considerações finais.

4.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

A má nutrição é um dos desafios de saúde pública mais graves no mundo, com consequências profundas e sistémicas para os indivíduos, famílias, sociedade e economias em geral. Segundo a OMS, em 2016, 154,8 milhões de crianças menores de cinco anos de idade sofriam de raquitismo (22,9%) e 51,7 milhões sofriam de definhamento (7,7%), com quase um terço destes sofrendo de definhamento grave. Além disso, a má nutrição inclui excesso de peso e obesidade, que podem coexistir com as deficiências em micronutrientes. Em 2016, 41 milhões de crianças menores de cinco anos tinham peso excessivo ou eram obesas (WHO , 2017).

De acordo com o Estudo Nacional de Alimentação e Nutrição Infantil (ENANI , 2019), no Brasil, foi observada prevalência de 2,9% de baixo peso para idade, 3,0% de magreza e 5,0% de elevado peso para idade em crianças. As mudanças climáticas agravam esse cenário, em razão da frequência cada vez maior de eventos extremos. Globalmente, em 2023, as mudanças climáticas submeteram cerca de 72 milhões de pessoas à insegurança alimentar, devido à limitação no acesso aos alimentos, resultando no aumento de todas as formas de má nutrição (desnutrição e sobrepeso/obesidade) em todo o mundo (Santos-Degner *et al.* , 2025).

Estudos demonstram que as mudanças climáticas possuem efeitos negativos na segurança alimentar e nutricional, potencializados pela pobreza e desigualdade social (Alpino *et al.* , 2022). Os impactos da variabilidade climática e dos choques na nutrição ocorrem indiretamente. Pode-se dar por meio da disponibilidade alimentos, já que mudanças na temperatura e nos regimes de chuvas afetam a produção. Além disso, pode haver impactos por meio do acesso, já que flutuações nos preços, causadas por fatores climáticos que afetam as colheitas, podem limitar a aquisição de alimentos (Thiede e Strube , 2020).

A exposição de crianças às mudanças climáticas pode incorrer em custos de saúde e sociais posteriormente no futuro (Thiede e Strube , 2020). Fatores climáticos, como alterações na temperatura e precipitação fora dos padrões, afetam negativamente a nutrição de crianças pequenas (McMahon e Gray , 2021; Skoufias e Vinha , 2012). A nutrição adequada para crianças menores de cinco anos é reconhecida como central para o desenvolvimento humano nos níveis individual, nacional e internacional.

As disparidades no estado de saúde e nutricional durante a infância são altamente persistentes ao longo de toda a vida, causando danos irreparáveis à capacidade cognitiva e ao desenvolvimento mental e físico. Quando crianças, os danos afetam o desempenho escolar. As consequências a longo prazo da desnutrição infantil persistente podem resultar em custos econômicos significativos tanto para indivíduos quanto para nações. Essas implicações incluem a redução dos salários e da produtividade, além do aumento dos gastos nacionais com saúde, o que impede a prosperidade econômica (Alderman *et al.* , 2006; Li *et al.* , 2023; Andrade *et al.* , 2013).

4.3 METODOLOGIA

4.3.1 Dados e análises descritivas

Os dados utilizados neste estudo são provenientes de fontes diferentes, apresentados a seguir.

Nutricional

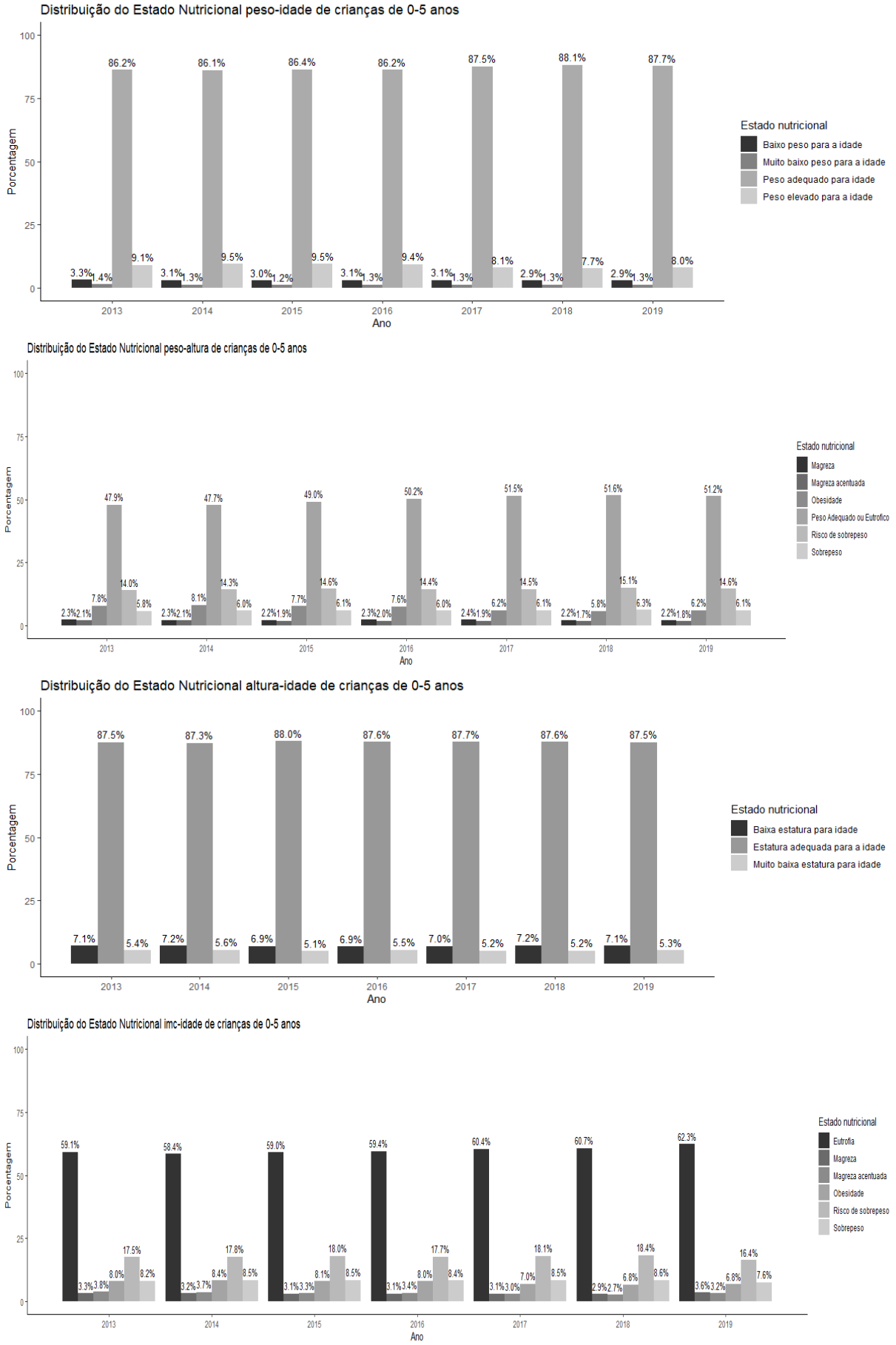
Os dados sobre o estado nutricional das crianças foram obtidas a partir dos microdados do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (SISVAN). O sistema tem o objetivo do consolidar os dados referentes às ações de Vigilância Alimentar e Nutricional (VAN) da Atenção Primária à Saúde (APS) e disponibilizar informações sobre antropometria e de marcadores do consumo alimentar. Agrega os registros de estado nutricional provenientes do Sistema de Gestão do Programa Bolsa Família/Auxílio Brasil [1], bem como, os registros de estado nutricional e de marcadores do consumo alimentar inseridos pelo e-SUS APS.

Estes registros consistem em medidas antropométricas (como peso e altura) e informações sobre os marcadores do consumo alimentar das pessoas, permitindo a avaliação da situação alimentar e nutricional da população atendida e orientando a formulação de ações, políticas e estratégias para a atenção integral à saúde. Essas informações estão disponíveis a partir de 2008.

Diante da limitação de informações nutricionais sobre a população brasileira, o uso desses dados busca chamar a atenção para a importância desse tipo de informação tanto para a pesquisa científica quanto para a formulação, implementação e monitoramento de políticas públicas de alimentação e nutrição. Este estudo não apenas preenche uma lacuna importante na literatura, mas também aborda a necessidade de ampliar e qualificar a coleta sistemática de dados antropométricos e alimentares no país.

Na Figura 21, explora-se as informações do SISVAM sobre estado nutricional para crianças com idade entre 6 meses e 5 anos no período de 2013 a 2019. Estes apontam que cerca de 3% da crianças da amostra estavam abaixo do peso para idade e pouco mais de 1% estavam muito abaixo do peso para idade. Peso elevado para idade oscila ao longo dos anos, em 2019, foram 8% da amostra. Com peso ideal foi aproximadamnete 87% das crianças. Além do peso para idade, também há informações de peso para altura, imc para idade e altura para idade.

[1] Um ponto importante, as famílias que participam destes programas são mais pobres, podem ter menos recursos disponíveis para lidar com choques climáticos.



Nota: Os gráficos apresentam a distribuição do estado nutricional das crianças de 6 meses a 5 anos no perído de 2013 a 2019.

Figura 21 – Evolução do Estado Nutricional de crianças, 2013-2019

As principais variáveis de resultado de saúde utilizadas para crianças de 6 meses a 5 anos [2] neste ensaio foram os *z-score* de peso para altura (WFHZ), de peso para idade (WFAZ) e de imc para idade (BFAZ). O *z-score* permite comparar crianças, independentemente da idade ou sexo, em termos do desvio em relação à mediana de referência. O z-score representa quantos desvios padrão a medida de uma criança está acima ou abaixo da média OMS, para aquela idade, sexo ou altura(WHOc, 2006). Esses indicadores foram construídos segundo os padrões de crescimento da OMS. Valores biologicamentes implausíveis foram identificados com base nos limites recomendados pela OMS e recodificados como ausentes [3].

O indicador Peso para Altura é utilizado na avaliação de desnutrição aguda ou sobrepeso; Peso para Idade avalia o estado nutricional geral, sem distinguir entre desnutrição aguda ou crônica; e IMC para Idade é empregado na identificação de sobrepeso, obesidade e magreza, que são indicadores mais sensíveis a variações de curto prazo(WHOc, 2006). Como a variável Altura para Idade (HFAZ) permite identificar o retardo de crescimento, característico da desnutrição crônica e, pode ser interpretada como uma medida de estoque nutricional ou de longo prazo, e considerando que analisamos um efeito contemporâneo, não incluímos essa variável em nossos resultados.

O índice peso-para-altura (WFHZ) expressa o equilíbrio entre massa corporal e crescimento linear e reflete, sobretudo, a adequação do aporte de energia e eventuais episódios recentes de doença. Desvios negativos da distribuição do índice peso-para-altura indicam depleção de tecidos (adiposo e muscular) e formas agudas de desnutrição, enquanto desvios positivos indicam acúmulo excessivo de tecido adiposo e risco de obesidade. O peso-para-idade (WFAZ) é influenciada tanto pela história nutricional de longo prazo das crianças (expressa na distribuição da altura) quanto pela adequação do aporte de energia e por episódios recentes de doença. O WFAZ pode ser considerada uma medida-síntese do estado nutricional infantil. O risco de desnutrição na população infantil ocorre quando os indicadores nutricionais são inferior a –2 escores z. Quando superior a +2 escores z é associado a risco de obesidade (WHOc, 2006; Brasil , 2009).

Choques Climáticos

A variável de choques climáticos será construída com base no Atlas digital de Desastres no Brasil. O atlas possibilita a consulta e visualização de dados sobre a ocorrência de desastres no Brasil desde 1991. Os dados utilizados para sua criação do

[2] A saúde das crianças menores de cinco anos tem risco particularmente maior devido à imaturidade fisiológica desta fase e à elevada demanda de nutrientes. São mais vulneráveis à subnutrição devido às suas elevadas necessidades nutricionais, às altas taxas de crescimento, ao sistema imunológico menos desenvolvido e à capacidade limitada de demonstrar suas necessidade (Rossel , 2008).

[3] WHO Anthro 2005. WHO Anthro for Personal Computers Manual. Software for assessing growth and development of the world's children. Geneva: WHO, 2006($http : //www.who.int/childgrowth/software/WHOAnthro2005_PC_Manual.pdf$)

mesmo são extraídos dos registros oficiais realizados pelos estados e municípios no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). O S2ID é desenvolvido pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/UFSC) e o Ministério da Integração Nacional, por meio da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC).

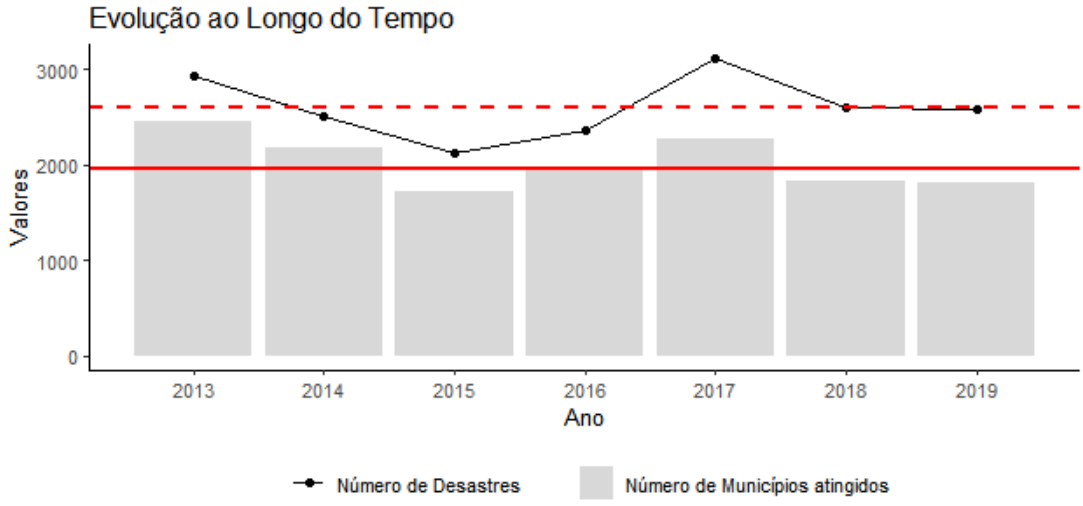
Os desastres são classificados em quatro grupos: Climatológico, Hidrológico, Meteorológico e Outros. Os grupos são subdivididos em desastres do tipo: Alagamentos, Chuvas Intensas, Doenças infecciosas, Enxurradas, Erosão, Estiagem e Seca, Granizo, Incêndio Florestal, Inundações, Movimento de Massa, Onda de Calor e Baixa Umidade, Onda de Frio, Rompimento/Colapso de barragens, Tornado, Vendavais e Ciclones e Outros.

Como os efeitos da seca e estiagem são bastante explorados na literatura e mais recorrente, analisaremos o grupo específico de seca e estiagem. Assim, para melhor visualizar os desastres climáticos, dividimos em quatro grupos de choques: i) grupo de choques Climatológicos: Incêndio Florestal e Onda de Calor e Baixa Umidade; ii) grupo de choques Hidrológicos: Alagamentos, Enxurradas e Inundações; iii) grupos de choques de Seca e estiagem; e iv) grupo de choques Meteorológicos: Chuvas Intensas, Onda de Frio, Granizo, Tornado, Vendavais e Ciclones.

Explorando os registros de ocorrências de desatres naturais no período de 2013 a 2019, foram contabilizados um total de 18.223, dos quais pouco mais da metade, 9.154, foram do tipo "Estiagem e Seca". Nas Figuras 22 e 23, pode-se observar a evolução anual desses eventos, além do número de municípios afetados. A Figura 22 considera todos os registros e na Figur a23 foi mantido apenas os choques do tipo "Estiagem e Seca". Pode-se observar tendência de queda nos registros de desatres ao longo dos anos, exceto de 2015 para 2016.

Em relação à ocorrência de desastres naturais, o primeiro gráfico (Figura 22) mostra que o número máximo de desastres ocorreu em 2017, com 3.116 registros, enquanto o mínimo foi em 2015, com 2.133 desastres. Durante o período analisado, a média foi de 2.603 desastres por ano. O segundo gráfico (Figura 23) revela que o maior número de desastres de seca e estiagem foi registrado em 2013, com 1.624 eventos, e o menor em 2015, com 1.021 desastres.

No caso da quantidade de municípios afetados, as Figuras 22 e 23 mostram que o maior número de municípios atingidos por desastres ocorreu em 2013 e 2013, respectivamente. Considerando todos os eventos extremos, a média é de 1.967 municípios afetados por ano. Ao manter somente "Seca e estiagem", a média é de 1.369 municípios por ano, o que equivale aproximadamente a 35,35% e 24,58% dos municípios brasileiros, respectivamente.



Nota: O gráfico apresenta o número de desastres registrados por ano no Brasil e o número de municípios afetados, considerando todos os eventos. A linha tracejada representa a média de desastres no período, e a linha contínua mostra a média de municípios afetados.

Figura 22 – Evolução dos registros de desastres no Brasil, 2013-2019

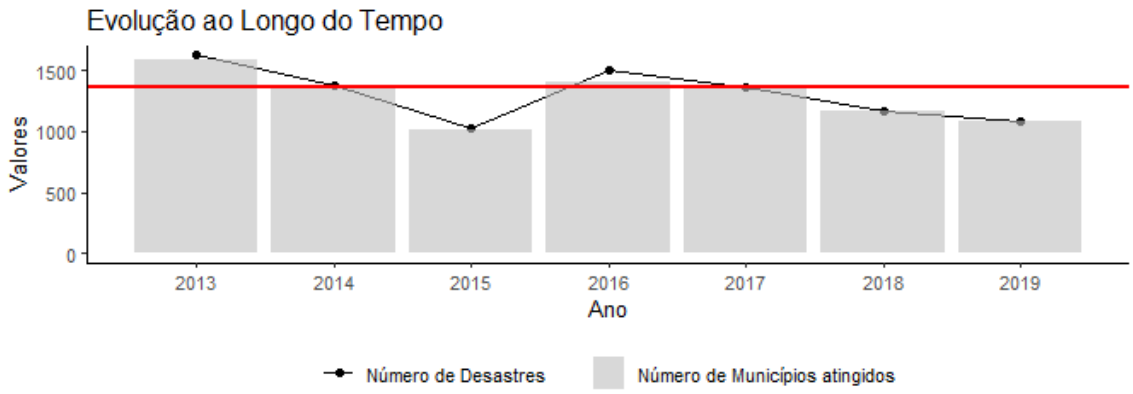


Figura 23 – Evolução dos registros de desastres de "Seca e estiagem"no Brasil, 2013-2019

Nota: O gráfico apresenta o número de desatres de "Seca e estiagem", registrados por ano no Brasil e o número de municípios atingidos. A linha contínua representa a média de desastres no período e a média de municípios afetados.

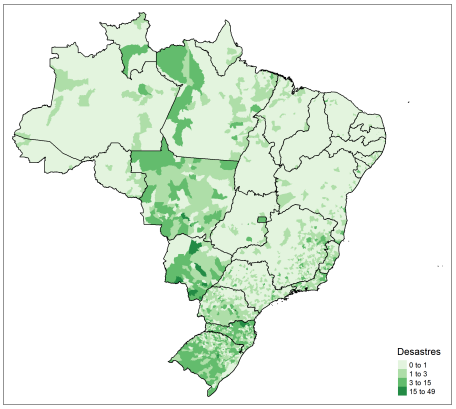
Prosseguindo com a análise, a Tabela 30 apresenta o número de desastres por região no Brasil. O evento com maior ocorrência foi "seca e estiagem", responsável por aproximadamente metade dos desastres, cerca de 50,23% dos registros, com a região Nordeste sendo a mais afetada (em torno de 80 %). Em seguida, os eventos hidrológicos representam cerca de 20,24% dos registros, predominante na região Sul, seguida da Norte e Sudeste. Cerca de 20,2% dos desastres são atribuídos a eventos meteorológicos, com o Sul sendo a região mais impactada, logo depois a região Sudeste e Centro-Oeste. Por fim, os demais eventos e os climatológicos completam o quadro, com a região Sudeste sendo a mais atingida.

Tabela 30 – Desastres por região e tipo no Brasil, 2013-2019.

Região	Climatológico		Metereológico		Hidrológico		Seca e Estiagem		Outros	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Sul	11	2,3%	1985	54,1%	1758	47,7%	174	1,9%	158	12,8%
Sudeste	225	47,2%	695	18,9%	669	18,1%	1349	14,7%	471	38,2%
Centro-Oeste	103	21,6%	717	19,5%	218	5,9%	45	0,5%	112	9,1%
Norte	43	9,0%	123	3,3%	690	18,7%	171	1,9%	220	17,9%
Nordeste	95	19,9%	152	4,1%	353	9,6%	7415	80,0%	271	22,0%
Total	477	100	3672	100	3688	100	9154	100	1232	100

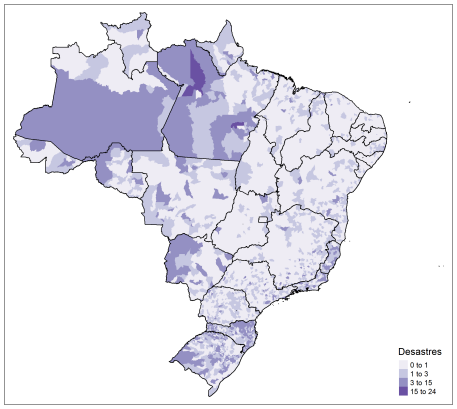
Nota: A tabela apresenta o número de desatres por região e tipos. Dentro dos climatológico estão os seguintes desastres: Incêndio Florestal e Onda de Calor e Baixa Umidade. Meteorológicos: Chuvas Intensas, Granizo, Onda de Frio, Tornado e Vendavais e Ciclones. Hidrológico: Alagamentos, Enxurradas, Inundações. Outros: Doenças infecciosas, Erosão, Movimento de Massa, Rompimento/Colapso de barragens e outros.

Os mapas da Figura 24 e 25 ilustram a distribuição geográfica dos eventos meteorológicos e hidrológicos, respectivamente, enquanto a Figura 26 mostra a distribuição dos eventos de seca e estiagem. Analisando os mapas, percebe-se um padrão desses eventos em determinadas regiões, com variações no impacto sobre os municípios dependendo de sua localização. Por exemplo, os municípios da região Nordeste são os mais afetados pelos eventos de seca e estiagem (Figura 26). As regiões Centro-Oeste e Sul apresentam maior ocorrência de desastres meteorológicos (Figura 24), enquanto a região Norte se destaca pela maior frequência de desastres hidrológicos (Figura 25).



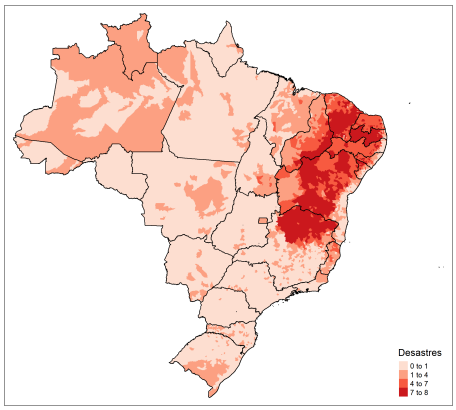
Nota: Número de desastres meteorológicos por município no Brasil, 2013-2019.

Figura 24 – Registros meteorológicos no Brasil, 2013-2019



Nota: Número de desastres hidrológicos por município no Brasil, 2013-2019.

Figura 25 – Registros hidrológicos no Brasil, 2013-2019



Nota: Número de desastres de seca e estiagem por município no Brasil, 2013-2019.

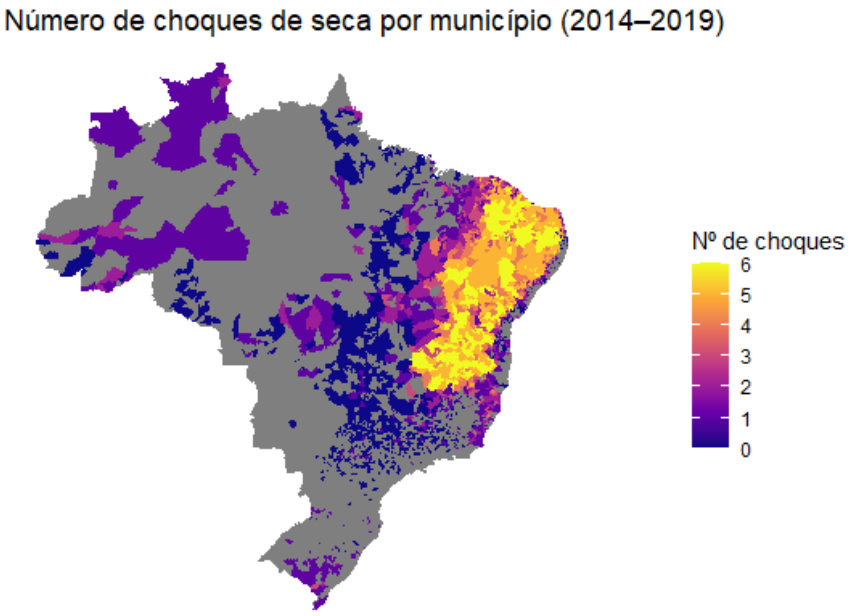
Figura 26 – Registros de seca e estiagem no Brasil, 2013-2019

4.3.2 Estatísticas Descritivas

Para a análise empírica sobre os efeitos de choques climáticos no estado nutricional infantil, foram selecionados os municípios que apresentaram apenas o tipo de choque "Estiagem e Seca"no período de 2014 a 2019, além dos municípios que não registraram nenhum evento climático extremo entre 2008 e 2019, considerados como grupo de controle. Com essa seleção, procura-se isolar o efeito da ocorrência do evento climático extremo na saúde infantil.

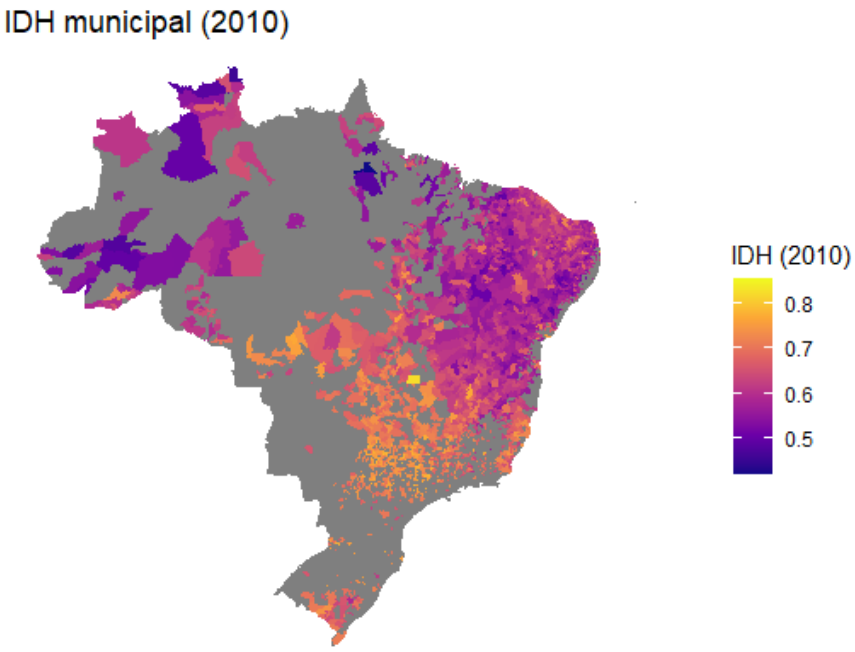
A Figura 27 apresenta a distribuição do número total de eventos ocorridos ao longo do período de análise. Nesse intervalo, 1.844 municípios sofreram apenas choques de seca e estiagem e 1.013 municípios não reportaram nenhum evento extremo, compondo assim o grupo de controle. Os municípios que registraram o maior número de eventos extremos de seca e estiagem concentram-se na região Nordeste do Brasil.

A Figura 28 apresenta a distribuição espacial do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios da amostra. O IDH médio é de 0,635, variando entre 0,418 e 0,854. Em seguida, a Figura 29 ilustra a relação entre o número de choques de seca e estiagem e o IDH dos municípios. Visualmente, não há evidências de que os choques de seca e estiagem estejam concentrados em municípios com níveis específicos de IDH.



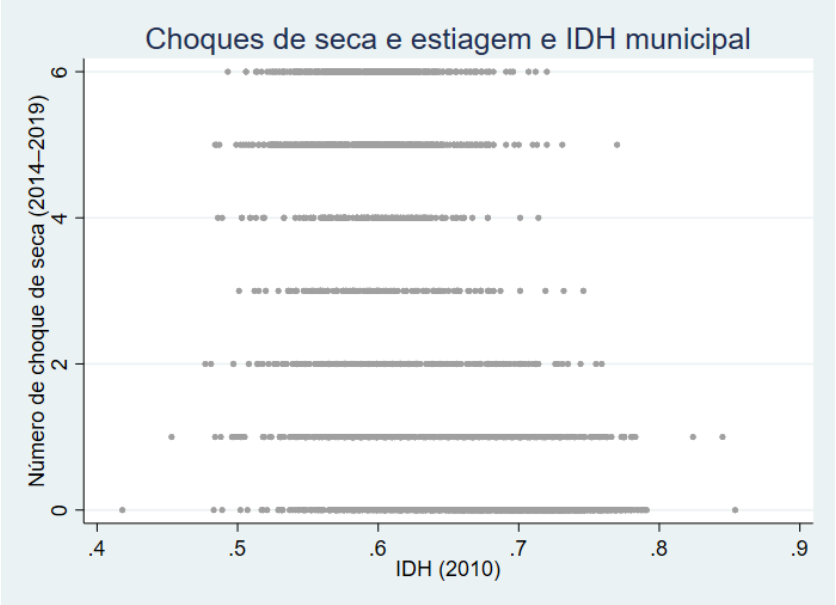
Nota: Número total de choques de "Estiagem e Seca", 2014–2019.

Figura 27 – Distribuição dos choques e os municípios sem choques, 2014–2019



Nota: IDH municipal de 2010.

Figura 28 – Distribuição do IDH



Nota: Relação entre choques de seca e estiagem e IDH municipal.

Figura 29 – Choques de seca estiagem x IDH

Explorando os dados da análise empírica, a Tabela 31 apresenta as médias dos z-scores dos municípios afetados e não por choques de seca e estiagem, além dos resultados do teste de diferenças de médias. Na estratégia de investigação, a amostra foi dividida em dois grupos, o primeiro composto por crianças de 6 a 24 meses e o segundo por crianças maiores de 2 anos. Essa separação se justifica pelo fato de que as crianças com menos de dois anos ainda podem estar em fase de amamentação, ao contrário do grupo mais velho, que já não conta mais com essa forma de alimentação. Além disso, também apresentamos as estatísticas desagregada por gênero.

Os resultados indicam que as médias dos z-scores das crianças de até 24 meses são superiores às das crianças mais velhas. Os z-scores médios menores entre as crianças mais velhas sugerem possíveis efeitos acumulados de carências nutricionais, refletindo um possível aumento da vulnerabilidade alimentar das famílias diante de choques de seca e estiagem, que afetam especialmente a dieta de crianças fora da fase de amamentação. Em média, ambos os grupos apresentam desvios positivos em relação ao recomendado pela OMS.

De modo geral, os resultados apontam diferenças significativas nas médias entre os grupos expostos aos choques e aqueles não expostos. Entre as crianças menores de 24 meses, aquelas expostas aos choques apresentam médias superiores em coparação as não afetadas, isso se repete quando olhamos por gênero. Isso sugere que os efeitos adversos da seca e estiagem podem ainda não se manifestar totalmente nas crianças muito pequenas, possivelmente devido à proteção proporcionada pela amamentação e

pela menor dependência direta do consumo de alimentos. Ou porque o choque de seca e estiagem exerça impacto no ganho de peso, associado a restrição de alimentos *in natura*, considerados mais saudáveis (Alpino *et al.* , 2022).

Tabela 31 – Teste de média dos scores das crianças em municípios com e sem choques, 2014-2019.

Variáveis	Média		
	CS	Controle	Diferença
	Crianças de 6 a 24 meses		
Painel A: Todos			
Peso para Altura	0,642	0,553	0,089***
Peso para Idade	1,318	1,214	0,104***
Imc para Idade	0,394	0,308	0,086***
Observações	2766756	645449	
Painel B: Meninas			
Peso para Altura	0,657	0,561	0,096***
Peso para Idade	1,345	1,234	0,111***
Imc para Idade	0,416	0,323	0,093***
Observações	1350568	316269	
Painel C: Meninos			
Peso para Altura	0,627	0,545	0,082***
Peso para Idade	1,291	1,194	0,097***
Imc para Idade	0,373	0,294	0,079***
Observações	1416188	329180	
	Crianças maiores de 2 anos		
Painel A: Todos			
Peso para Altura	0,299	0,287	0,012***
Peso para Idade	0,631	0,608	0,023***
Imc para Idade	0,332	0,323	0,009***
Observações	9313728	2148375	
Painel B: Meninas			
Peso para Altura	0,251	0,241	0,010***
Peso para Idade	0,603	0,584	0,019***
Imc para Idade	0,296	0,289	0,007***
Observações	4757157	1092171	
Painel C: Meninos			
Peso para Altura	0,349	0,335	0,014***
Peso para Idade	0,660	0,633	0,027***
Imc para Idade	0,370	0,359	0,011***
Observações	4556571	1056204	

Nota: A tabela apresenta a média dos z-scores das crianças de 6 meses a cinco anos para 2014-2019. WFHZ = z score de peso para altura; WFAZ = z score de peso para idade; BFAZ = z score de imc para idade e CS = Choques de seca e estiagem. "Controle"são os municípios que não registram nenhum tipo de choques climáticos no período de 2008-2019. Nível de significância estatística: *10%, **5%, ***1%.

Para as crianças acima de 2 anos, as médias, em geral, dos z-scores são maiores

para aquelas que também sofreram choques de seca e estiagem. Esse padrão se repete para meninos e meninas. Com relação a diferença de gênero, meninas apresentaram, em média, um menor de z-scores. Em contraste, entre as crianças de 6 a 24 meses, os meninos apresentaram z-scores mais elevados.

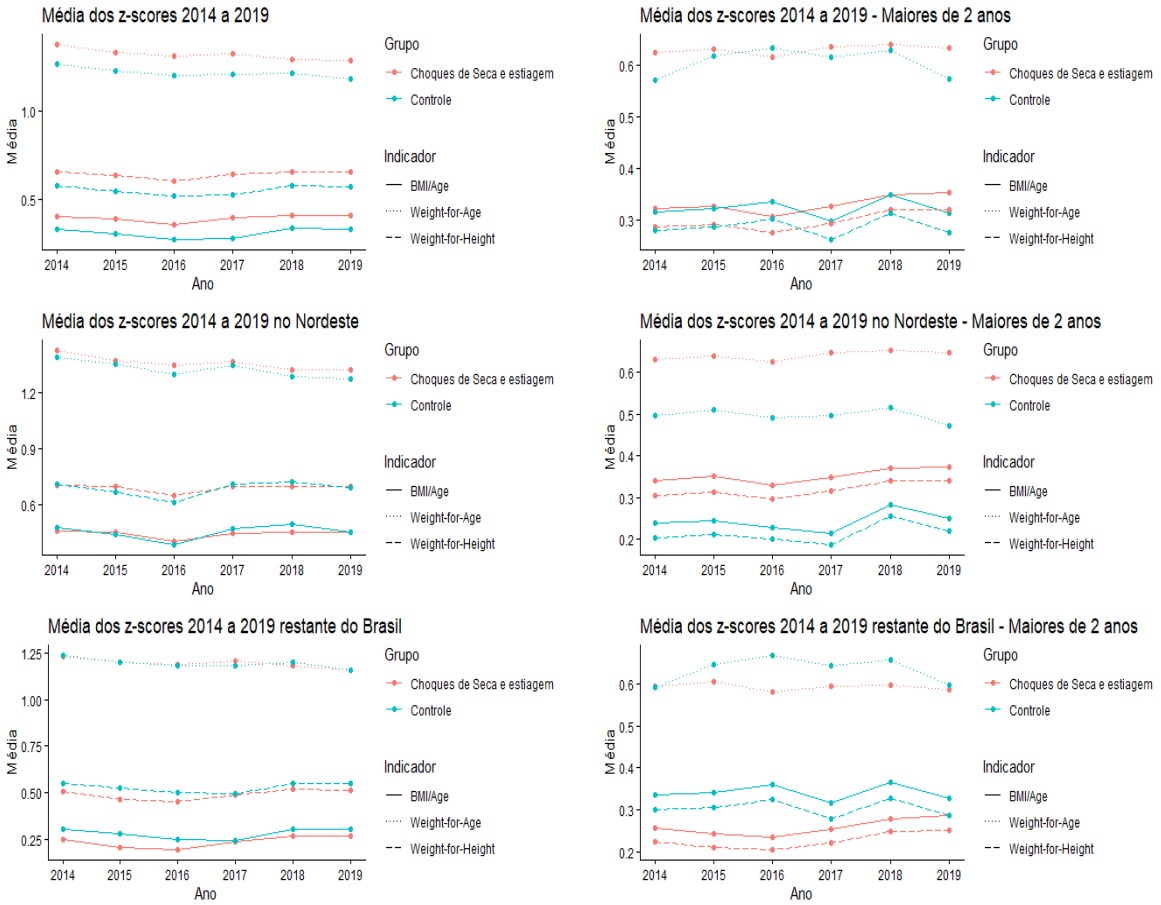
A maior média dos z-scores entre o grupo que, em algum momento, sofreu choques de seca e estiagem sugere a presença de privações nutricionais, baixo acesso a limento saudáveis, elevando a vulnerabilidade alimentar das famílias em contextos de seca, especialmente entre crianças que já não se beneficiam do aleitamento materno (Alpino *et al.* , 2022).

Para compreendermos melhor o comportamento desses indicadores, os gráficos da Figura 30 apresentam as médias dos z-scores ao longo do período de análise. Primeiramente para todo o país e, em seguida, de forma desagregada entre o Nordeste e o restante do Brasil. Além disso, comparando os municípios que sofreram choques de seca e estiagem com o grupo de controle (municípios que não sofreram choques climáticos de nenhuma natureza).

Para crianças de 6 a 24 meses (gráficos a esquerda), a média ao longo dos anos de todos os indicadores foi maior nos municípios que sofreram com choques de seca e estiagem. Quando se desagrega por região, o comportamento muda. No Nordeste, a diferença entre as médias diminui e, em determinados anos, a média foi maior no grupo de controle, enquanto, em outros, foi maior no grupo que sofreu o choque. Para as demais regiões do Brasil, as médias também se mostram mais próximas. Destaca-se, contudo, que o grupo de controle apresentou médias mais elevadas para os indicadores peso-altura e IMC-idade na maior parte do período.

Com relação às crianças mais velhas, maiores de 2 anos, as médias para o Brasil são muito próximas, com algumas oscilações na média dos municípios que não sofreram choque. Contudo, na maior parte do período, o grupo que sofreu choques apresentou médias levemente maiores. Uma exceção, foi o ano de 2016, no qual município sem choque apresentou médias mais elevadas. Quando a análise é desagregada, observa-se que, no Nordeste, a diferença entre os dois grupos aumenta, e os municípios que sofreram choques apresentam médias mais elevadas. Nas demais regiões, o grupo de controle apresentou médias maiores.

Continuando a análise exploratória dos indicadores nutricionais, os gráficos da Figura 31 apresentam as funções de densidade dos valores padronizados de peso-altura de crianças com idades entre 6 e 24 meses por ano. Nos gráficos é possível observar a distribuição dos z-scores quando há o choque (CS) (vermelho) em comparação quando não há (Sem CS-azul), com o grupo de controle (preto) e a curva de referência da OMS (verde) no período de 2014-2019.



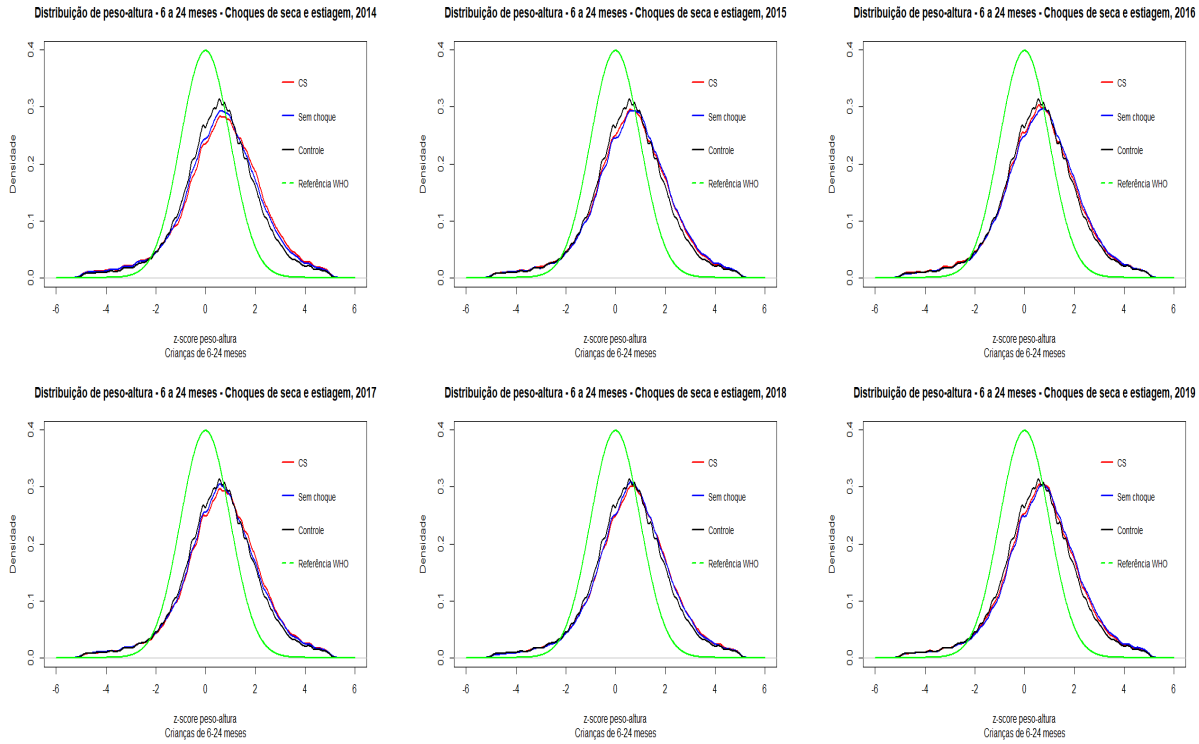
Nota: Os gráficos apresentam a variação média anual dos indicadores por grupo que sofreram choques de seca e estiagem em algum momento nesse período e os que nunca sofreram. A esquerda são para crianças de 6 a 24 meses e a direita crianças de 25 a 60 meses. Primeiro, para todo o Brasil, depois desagregamos para Nordeste e restante do Brasil.

Figura 30 – Média dos indicadores ao longo dos anos por grupo.

Em todos os anos, as distribuições dos grupos observados (CS, sem choque e controle) são bastante semelhantes entre si, indicando que as diferenças no indicador de peso-altura entre os grupos parecem pequenas visualmente. Em comparação a curva de referência da OMS (verde), as distribuições observadas são mais espalhadas. Isso sugere maior dispersão do peso-altura nas crianças da amostra em relação ao padrão internacional. São levemente deslocadas para a direita, indicando médias de peso-altura um pouco superiores ao padrão de referência.

Para as crianças mais velhas, entre 2 e 5 anos, observa-se um padrão distinto daquele identificado no grupo de 6 a 24 meses. Conforme ilustrado na Figura 32, as distribuições do z-score de peso-para-altura associadas aos grupos expostos (CS) e não expostos (Sem CS) apresentam maior proximidade entre si ao longo dos anos, com diferenças menos significativas em relação ao grupo de controle. Como a distribuição está mais concentrada, indica que o peso para altura das crianças mais velhas é menos sensível a choques contemporâneos de seca e estiagem. Esses resultados são consistentes com

literatura, que apontam que as taxas de crescimento diminuem a medida que as crianças envelhecem (Hoddinott e Kinsey , 2001).



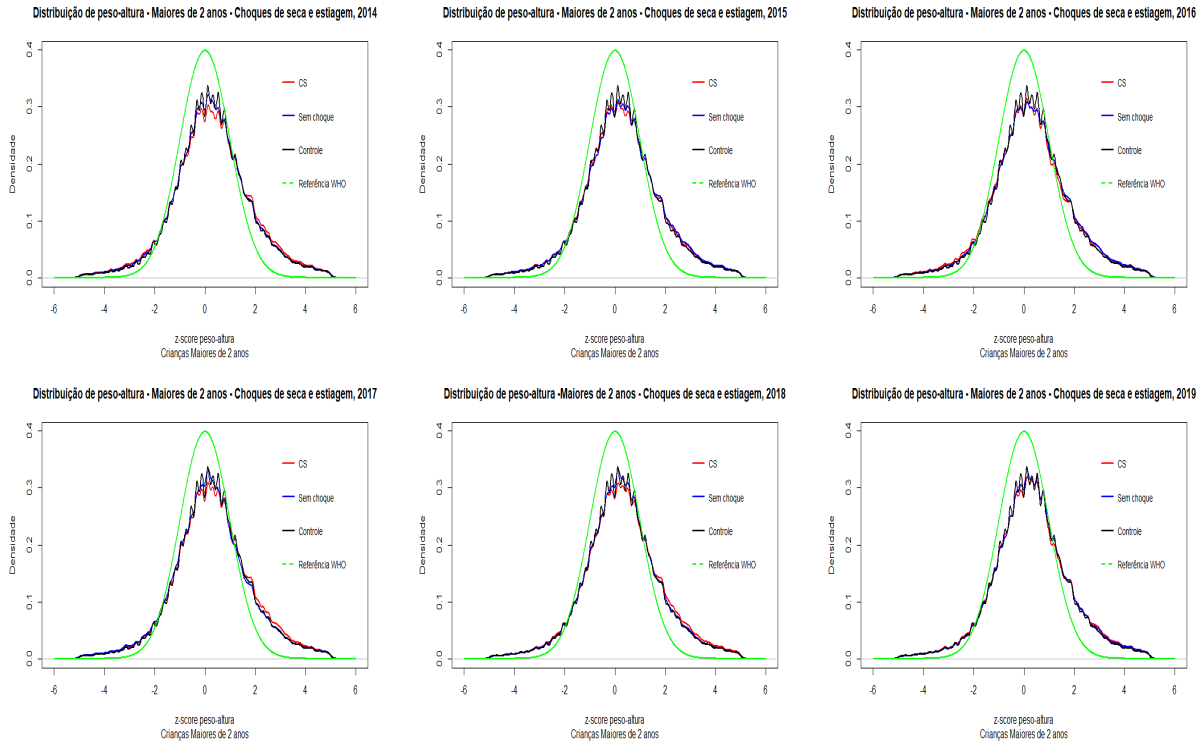
Nota: Os gráficos apresentam a variação anual da distribuição do z-score de peso para altura em crianças de 6 a 24 meses. A linha vermelha representa a distribuição dos indivíduos expostos a choques, enquanto a azul corresponde quando não expostos dentro do grupo de choques climáticos. A linha preta refere-se ao grupo de controle, e a verde indica a distribuição de referência da WHO.

Figura 31 – Análise gráfica do z-score de peso para altura - 6 a 24 meses

No entanto, em alguns anos, especialmente entre 2014 e 2017, o grupo com choque de seca e estiagem (CS) parece apresentar leve deslocamento à direita em relação aos demais grupos. Isso sugere valores um pouco maiores de peso-altura para parte das crianças expostas ao choque, embora a diferença visual seja pequena.

Em relação a curva da OMS, as distribuições novamente estão mais a direita, assim como observado por (Silva *et al.* , 2023). As distribuições observadas são compatíveis com o cenário de má nutrição dessa população socioeconomicamente vulnerável, evidenciando uma carga persistente e crescente de sobrepeso e obesidade infantil.

A Figura 33 mostra a distribuição de peso para idade de crianças de 6 a 24 meses ao longo do período. Em contraste com os resultados observados para o indicador peso-para-altura, as distribuições de peso-para-idade mostram elevada similaridade entre os

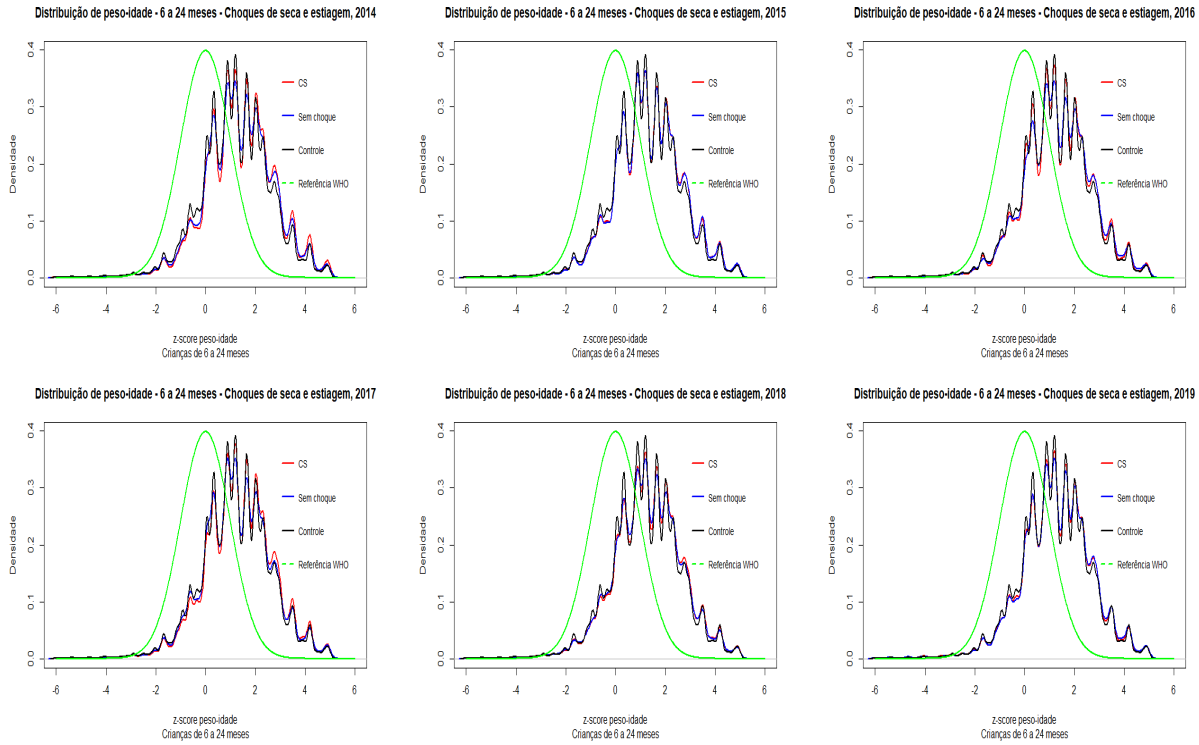


Nota: Os gráficos apresentam a variação anual da distribuição do z-score de peso para altura em crianças maiores de 2 anos. A linha vermelha representa a distribuição dos indivíduos expostos a choques, enquanto a azul corresponde quando não expostos dentro do grupo de choques climáticos. A linha preta refere-se ao grupo de controle, e a verde indica a distribuição de referência da WHO.

Figura 32 – Análise gráfica do z-score de peso para altura - Maiores de 2 meses

grupos ao longo de todo o período analisado, não havendo evidências visuais de diferenças associadas à exposição a choques de seca e estiagem. Para crianças maiores de 2 anos (Figura 34), o padrão observado para o peso-idade se repete, com distribuições sobrepostas entre os grupos e ausência de diferenças visuais.

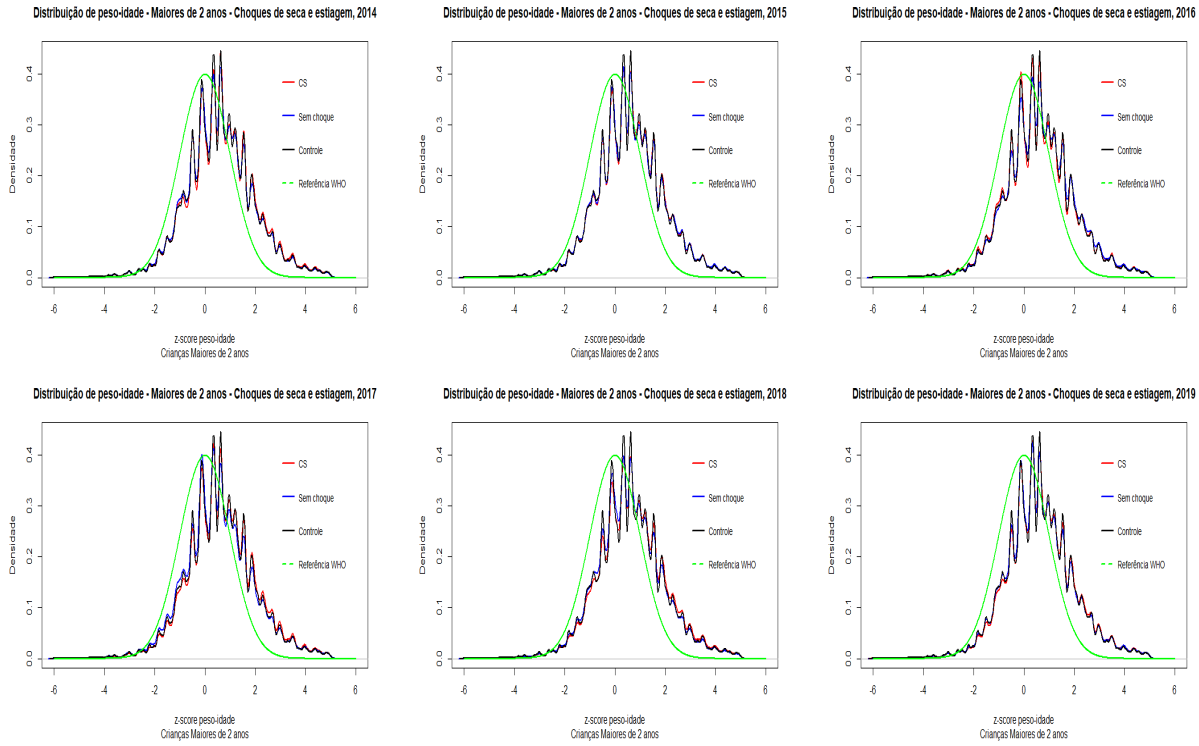
Esses sinais gráficos indicam que peso-idade é pouco sensível aos efeitos associados aos choques de secas e estiagem. Além disso, as distribuições mantêm formato relativamente estável entre os anos, sem alterações substanciais de localização ou dispersão. Em comparação à curva de referência da OMS, novamente, as distribuições observadas apresentam maior dispersão e assimetria à direita. Pode-se destacar uma diferença entre os grupos etários, as distribuições das crianças mais velhas apresentam formato mais concentrado e visualmente mais próximo da média do que as distribuições das crianças de 6 a 24 meses.



Nota: Os gráficos apresentam a variação anual da distribuição do z-score de peso para idade em crianças de 6 a 24 meses. A linha vermelha representa a distribuição dos indivíduos expostos a choques, enquanto a azul corresponde quando não expostos dentro do grupo de choques climáticos. A linha preta refere-se ao grupo de controle, e a verde indica a distribuição de referência da WHO.

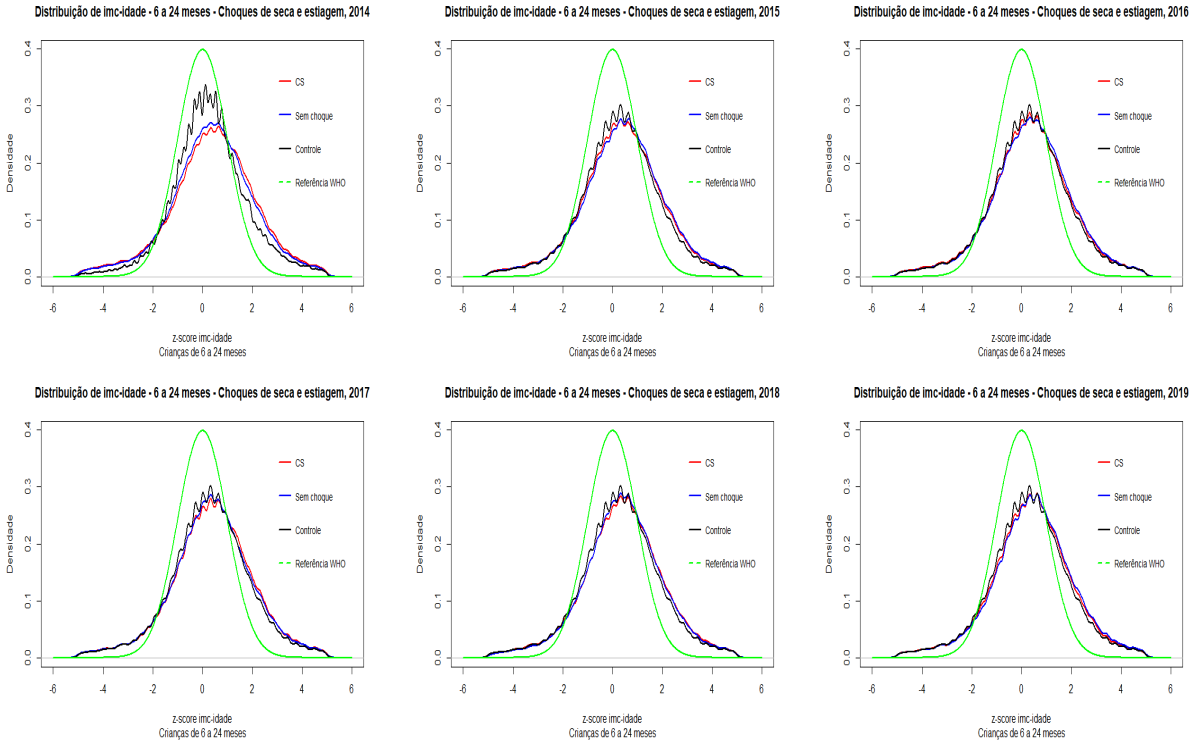
Figura 33 – Análise gráfica do z-score de peso para idade - 6 a 24 meses

Por fim, na Figura 35 apresenta-se a distribuição para imc-idade para crianças de 6 a 24 meses e na Figura 36 crianças de 2 a 5 anos. Diferente dos demais indicadores, visualmente, observa-se um contraste mais nítido entre os grupos. Em todos os anos analisados, nota-se que as distribuições associadas aos grupos CS e Sem CS apresentam menor concentração em torno da média e deslocamentos em relação ao grupo de controle, indicando diferenças no comportamento do z-score de IMC para idade. Em particular, o grupo exposto ao choque tende a apresentar maior dispersão e alterações na densidade na região central da distribuição, sugerindo maior vulnerabilidade nutricional associada à ocorrência de secas e estiagens. Esse comportamento sugere que o IMC-idade é sensível à exposição a choques climáticos de seca e estiagem.



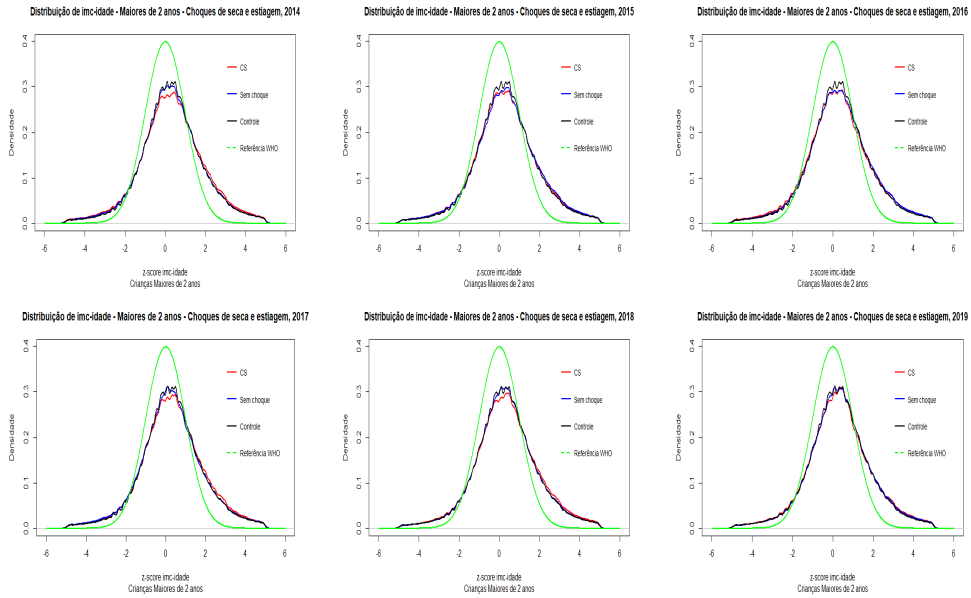
Nota: Os gráficos apresentam a variação anual da distribuição do z-score de peso para idade em crianças de 2 a 5 anos.A linha vermelha representa a distribuição dos indivíduos expostos a choques, enquanto a azul corresponde quando não expostos dentro do grupo de choques climáticos. A linha preta refere-se ao grupo de controle, e a verde indica a distribuição de referência da WHO.

Figura 34 – Análise gráfica do z-score de peso para idade - Maiores de 2 anos



Nota: Os gráficos apresentam a variação anual da distribuição do z-score de IMC para idade em crianças de 6 a 24 meses.A linha vermelha representa a distribuição dos indivíduos expostos a choques, enquanto a azul corresponde quando não expostos dentro do grupo de choques climáticos. A linha preta refere-se ao grupo de controle, e a verde indica a distribuição de referência da WHO.

Figura 35 – Análise gráfica do z-score de IMC para idade - 6 a 24 meses



Nota: Os gráficos apresentam a variação anual da distribuição do z-score de IMC para idade em crianças de 2 a 5 anos.A linha vermelha representa a distribuição dos indivíduos expostos a choques, enquanto a azul corresponde quando não expostos dentro do grupo de choques climáticos. A linha preta refere-se ao grupo de controle, e a verde indica a distribuição de referência da WHO.

Figura 36 – Análise gráfica do z-score de IMC para idade - Maiores de 2 anos

Para finalizar a análise descritiva, a Tabela 32 apresenta algumas características socioeconômicas dos municípios com choques de seca e estiagem (CS) e do grupo de controle (sem choque). As informações são do Censo de 2010, coletadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Observa-se que os municípios que sofreram choques de seca e estiagem apresentavam, na média, menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), menor renda domiciliar mensal e menor percentual de população urbana. Por outro lado, apresentavam, na média, maior população, maior percentual de crianças e maior taxa de analfabetismo. Essas informações sugerem que os municípios expostos a choques de seca e estiagem possuíam condições socioeconômicas mais desfavoráveis em comparação aos municípios que não registraram ocorrência de desastres até 2019.

Tabela 32 – Características socioeconômicas dos grupos.

Variáveis	Média		
	CS	Sem CS	Diferença
IDH2010	0,608	0,685	-0,077***
Percentual de crianças	9,64	8,66	0,98***
Renda mensal domiciliar média	295,65	486,30	-190,65
Taxa de analfabetismo	24,78	12,61	12,17***
População	25218,22	12804,27	12413,95***
Percentual urbano	55,27	71,98	-16,71***
Número de municípios	1844	1015	

Nota: A tabela apresenta a média das carcterísticas socioeconômicas dos municípios que sofreram apenas choques de seca e estiagem, CS = Choques de seca e estiagem e os municípios que não registram nenhum tipo de choques climáticos (Sem CS). Nível de significância estatística: *10%, **5%, ***1%.

4.3.3 Estratégia Empírica

Para estimar o efeito de choques climáticos sobre o estado nutricional de crianças socioeconomicamente vulneráveis, a análise empírica baseia-se em estimadores de efeito fixo, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{imt} = \alpha + \beta_1 CS_{mt} + \beta_2 CS_{mt} * IDH2010_m + \gamma X_{mt} + \mu_m + \lambda_t + \varepsilon_{imt}, \qquad (4.1)$$

onde: Y_{imt}: indicador antropométrico do indivíduo i, no município m e ano t, medido pelo z-score (bmiagez, wfaz e wfhz). Nas especificações em que a variável dependente é binária, $Y_{imt} = 1$ indica que o indivíduo apresenta o status nutricional de interesse, e $Y_{imt} = 0$, caso contrário. CS: indicador de choque de seca e estiagem (variável dummy: assume valor 1 se o município m foi afetado por seca ou estiagem no ano t, e 0 caso contrário). IDH: é o Índice de Desenvolvimento Humano de 2010, invariante no tempo. X_{mt}: vetor de covariáveis, como características individuais (sexo, idade e raça).

O modelo captura também os efeitos fixo de município, μ_m, com a finalidade de absorver determinantes não observáveis no tempo. Para controlar possíveis oscilações temporais, tem-se o efeito fixo de ano, λ_t. Por fim, termo de erro, ε_{imt}. As estimativas possuem erros padrões robustos a nível de município.

Embora a hipótese principal seja que os choques de seca afetam o estado nutricional infantil, os resultados sugerem que esse efeito não é homogêneo entre os municípios. Por isso, estima-se um modelo com interação entre o choque climático e o IDH de 2010 para avaliar se o impacto varia de acordo com o nível de desenvolvimento socioeconômico.

Logo, os parâmetros de interesse são os β, responsáveis por medir os efeitos da seca e estiagem sobre o estado nutricional infantil. O coeficiente β_1 representa o efeito do choque de seca sobre o estado nutricional quando IDH2010 = 0. O β_2 mede como o efeito do choque de seca varia com o nível de desenvolvimento do município, ou seja, mede a heterogeneidade do efeito do choque em função do IDH municipal. Assim, o efeito marginal dos choques de seca sobre o estado nutricional é dado por $\beta_1 + \beta_2 * IDH2010$. Um coeficiente β_2 positivo indica que municípios com maior IDH são menos vulneráveis aos impactos da seca, enquanto um coeficiente negativo indica que o efeito adverso aumenta com o nível de IDH.

4.4 RESULTADOS

4.4.1 Resultados principais

Os principais resultados da estimação são apresentados nessa seção. A Tabela 33 traz os efeitos de choques de seca e estiagem sobre os scores nutricionais desagregado por

crianças de 6 a 24 meses e de 25 a 60 meses para três indicadores de estado nutricional z-score de WFA (peso para idade), BMI (imc para idade) e WFH (peso para altura).

No painal A, os resultados indicam efeitos estatisticamente significativos dos choques de seca e estiagem sobre os indicadores BMI (imc-para-idade) e WFH (peso-para-altura) para crianças de 6 a 24 meses. Observa-se que a ocorrência de seca e estiagem está associada a uma redução média de 0,010 desvio padrão no z-score de imc para idade (BMI) e 0,011 no z-score de peso para altura (WFH), indicando uma piora do estado nutricional de crianças em relação ao padrão de crescimento da OMS.

Para as crianças mais velhas (maiores de 2 anos) não foram identificados efeitos estatisticamente significativos. Esses resultados sugerem que, para essa faixa etária, não há evidências de que os eventos climáticos tenham afetado o estado nutricional das crianças de forma mensurável. A ausência de efeitos significativos pode estar relacionada à maior proteção conferida pelos programas de distribuição de renda e o acompanhamento nutricional na primeira infância, fatores que podem reduzir a vulnerabilidade imediata aos choques climáticos e às oscilações na disponibilidade de alimentos (Andrade *et al.* , 2013).

Tabela 33 – Efeito de choque de seca e estiagem sobre z-score.

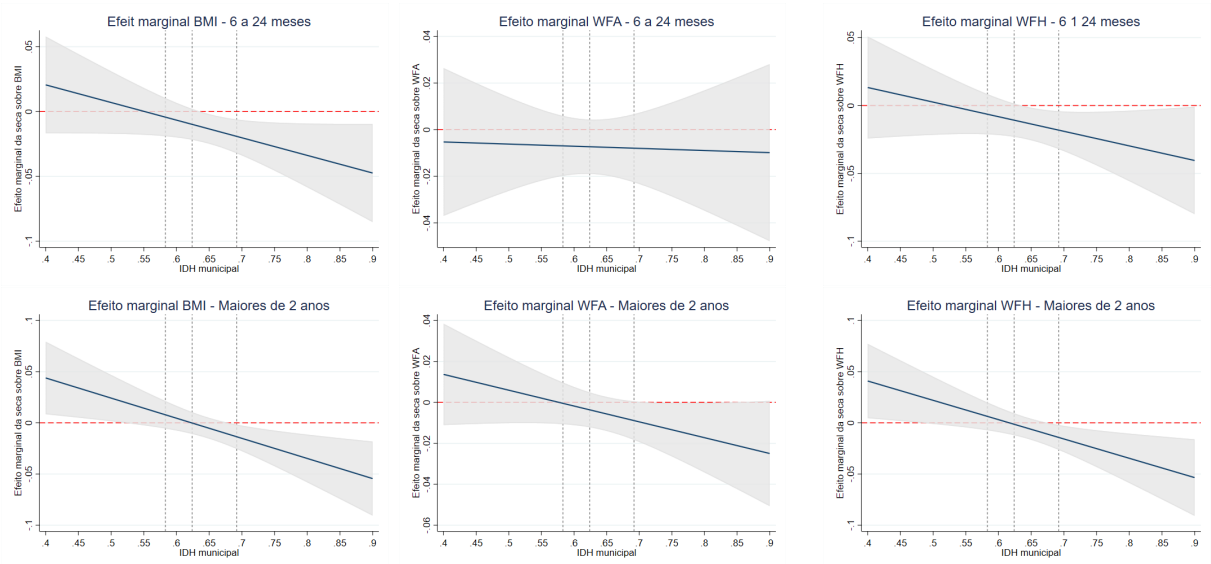
	6 a 24 meses			Maiores de 2 anos		
	BMI	WFA	WFH	BMI	WFA	WFH
Painel A -	Sem	interação				
CS	-0,011*	-0,007	-0,011*	-0,001	-0,004	-0,002
	(0,006)	(0,006)	(0,006)	(0,006)	(0,004)	(0,006)
Observações	3280407	3340123	3291790	11101693	11319561	10796070
Painel B -	Interação	com	IDH2010			
CS	0,075	-0,002	0,056	0,123***	0,045	0,116**
	(0,048)	(0,042)	(0,049)	(0,046)	(0,032)	(0,047)
CS*IDH2010	-0,136*	-0,009	-0,108	-0,197***	-0,077	-0,189**
	(0,073)	(0,067)	(0,075)	(0,070)	(0,049)	(0,072)
Observações	3280407	3340123	3291790	11101693	11319561	10796070
IDH médio	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635

Nota: A tabela apresenta o efeito de choque de seca e estiagem sobre o z-score (BMI= imc para idade; WFA= peso para idade e WFH= peso para altura. O vetor x é composto por: sexo, idade e raça. O modelo foi estimado com efeito fixo de município e ano. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de município. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

No painel B, explora-se a heterogeneidade dos efeitos de acordo com o nível de desenvolvimento socioeconômico do município. Os resultados apontam que o grau de desenvolvimento é importante para quantificar o impacto de seca estiagem sobre o estado nutricional infantil. Como o Brasil ainda convive com desigualdades de desenvolvimento, os efeitos desses eventos não são homogêneos, variando entre os municípios.

Ao que tudo indica, em municípios com baixo nível de desenvolvimento (IDH < 0,555), os choques de seca e estiagem aumentam o desvio dos indicadores nutricionais em relação a referência da OMS. Por outro lado, em municípios com alto nível de desenvolvimento (IDH > 0,700), esses choques reduzem os z-scores dos indicadores nutricionais em relação aos valores de referência.

Por exemplo, considerando um município com IDH = 0,500, para crianças de 6 a 24 meses, o efeito estimado sobre o z-score de IMC para idade (BMI) é de aproximadamente 0,008, enquanto, para crianças acima de 2 anos, o efeito é de cerca de 0,025 para o mesmo indicador. Os impactos são mais expressivos para crianças idade superior a dois anos. Para um município com IDH = 0,750, o efeito sobre o z-score de IMC para idade (BMI) é de -0,026 para crianças de 6 a 24 meses e de -0,023 para crianças mais velhas. O mesmo padrão é observado para o indicador peso para altura (WFH) e peso para idade (WFA), indicando que a heterogeneidade dos efeitos dos choques de seca e estiagem também depende do nível de desenvolvimento municipal. Os efeitos marginais dos indicadores por nível de desenvolvimento podem ser observados nos gráficos apresentados na Figura 37.



Os gráficos apresentam o efeito marginal dos choques de seca e estiagem sobre o estado nutricional à medida que o IDH varia. A linha azul contínua representa a estimativa do efeito marginal, enquanto as linhas verticais indicam, respectivamente, os percentis 25, 50 e 75 da distribuição do IDH. A área sombreada corresponde ao intervalo de confiança de 95% em torno da estimativa.

Figura 37 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem.

4.4.1.1 **Nordeste**

Como os eventos de seca e estiagem são mais comuns e frequentes na região Nordeste, representando cerca de 80% dos casos (Tabela 30), examina-se os impactos especificamente nessa região. Os resultados apontam que, para esses municípios, a magnitude dos efeitos da

seca e estigem varia de acordo com o nível de desenvolvimento municipal, como mostrado na Tabela 34.

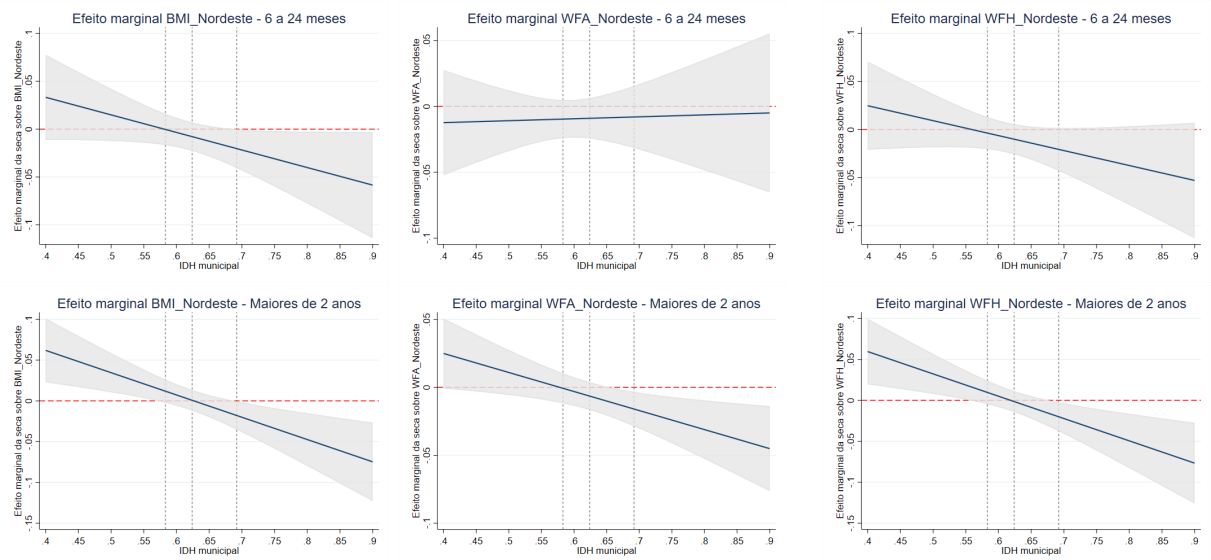
Para a região, destacam-se os resultados para as crianças mais velhas, que apresentaram efeitos estatisticamente significativos tanto em municípios com baixo quanto com alto nível de desenvolvimento. Os efeitos seguem o mesmo padrão observado na análise anterior, porém com maior magnitude. Em municípios com baixo nível de desenvolvimento, os choques de seca e estiagem aumentam os z-scores dos indicadores nutricionais. Por exemplo, para um município com IDH = 0,500, o efeito estimado sobre o z-score de IMC para idade é de 0,035. Em contrapartida, em municípios com alto nível de desenvolvimento, os choques reduzem os z-scores. Para um município com IDH = 0,750, o efeito estimado sobre o z-score de IMC para idade é de -0,033. A Figura 38 ilustra os efeitos marginais estimados para diferentes níveis de IDH.

Tabela 34 – Efeito de choque de seca e estiagem sobre z-score - Nordeste.

	6 a 24 meses			Maiores de 2 anos		
	BMI	WFA	WFH	BMI	WFA	WFH
Painel A -	Sem	interação				
CS	-0,006	-0,009	-0,009	0,002	-0,006	0,0002
	(0,008)	(0,008)	(0,008)	(0,007)	(0,005)	(0,007)
Observações	2136835	2179592	2144585	7430325	7587038	7221318
Painel B -	Interação	com	IDH2010			
CS	0,107*	-0,018	0,087	0,171**	0,081**	0,169***
	(0,061)	(0,058)	(0,064)	(0,053)	(0,034)	(0,055)
CS*IDH2010	-0,184*	0,015	-0,156	-0,273***	-0,140**	-0,273***
	(0,097)	(0,098)	(0,103)	(0,085)	(0,054)	(0,087)
Observações	2136835	2179592	2144585	7430325	7587038	7221318
IDH médio	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589

Nota: A tabela apresenta o efeito de choque de seca e estiagem sobre o z-score (BMI= imc para idade; WFA= peso para idade e WFH= peso para altura) para a região do Nordeste. O vetor x é composto por: sexo, idade e raça. O modelo foi estimado com efeito fixo de município e ano. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de município. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Embora os efeitos estimados apresentem magnitude relativamente pequena, os resultados são consistentes com a literatura que avalia os impactos de desastres naturais sobre indicadores antropométricos infantis, cujos efeitos geralmente se traduzem em variações modestas nos z-scores. Estimativas semelhantes foram encontradas por (Thiede e Strube , 2020; Kumar *et al.* , 2016; Nicholas *et al.* , 2021; Pörtner , 2010; Datar *et al.* , 2013), que observaram que a ocorrência de desastres naturais (secas, furacões, geadas, anomalias de temperatura, precipitação, imundações) de pequena e média magnitude, em diferentes contextos, esteve associada a alterações entre 0,033 e 0,12 desvios-padrão nos



Os gráficos apresentam o efeito marginal dos choques de seca e estiagem sobre o estado nutricional à medida que o IDH varia. A linha azul contínua representa a estimativa do efeito marginal, enquanto as linhas verticais indicam, respectivamente, os percentis 25, 50 e 75 da distribuição do IDH. A área sombreada corresponde ao intervalo de confiança de 95% em torno da estimativa.

Figura 38 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem no Nordeste.

z-scores.

4.4.2 Probabilidades

Os z-scores permitem classificar o estado nutricional das crianças. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), essa classificação, baseada nos indicadores de IMC para idade (BMI) e peso para altura (WFH), é apresentada a seguir:

- $[-2, 1]$: Eutrofia (boa nutrição e equilíbrio no peso corporal).
- $[-3, -2)$: Magreza.
- < -3: Magreza acentuada.
- $[1, 2)$: Risco de sobrepeso.
- $[2, 3)$: Sobrepeso.
- > 3: Obesidade.

E peso para idade (WFA) permite a seguinte classificação:

- $[-2, 2]$: Adequado.
- $[-3, -2)$: Baixo peso.
- < -3: Muito baixo peso.

- > 2: Sobrepeso.

Essas informações foram utilizadas para construir as variáveis dummies que representam o estado nutricional. Cada variável assume valor igual a 1 quando o z-score da criança se enquadra na categoria correspondente e 0 nos demais casos, permitindo identificar separadamente crianças com déficit nutricional, estado nutricional adequado e excesso de peso. A Tabela 35 apresenta as estimações para as variáveis de status nutricional, utilizando como indicador o z-score de BMI (imc para idade).

Para as crianças mais novas, com idade entre 6 e 24 meses, os resultados indicam que os choques de seca e estiagem reduzem a probabilidade de ocorrência de risco de sobrepeso em aproximadamente 0,15%, corroborando os resultados apresentados na Tabela 33. Diferentemente do observado para outros indicadores, esse efeito não depende do nível de desenvolvimento. A Figura 39 mostra como os efeitos marginais variam com IDH.

Tabela 35 – Efeito de choque de seca e estiagem sobre a probabilidade de status nutricional - imc para idade (BMI).

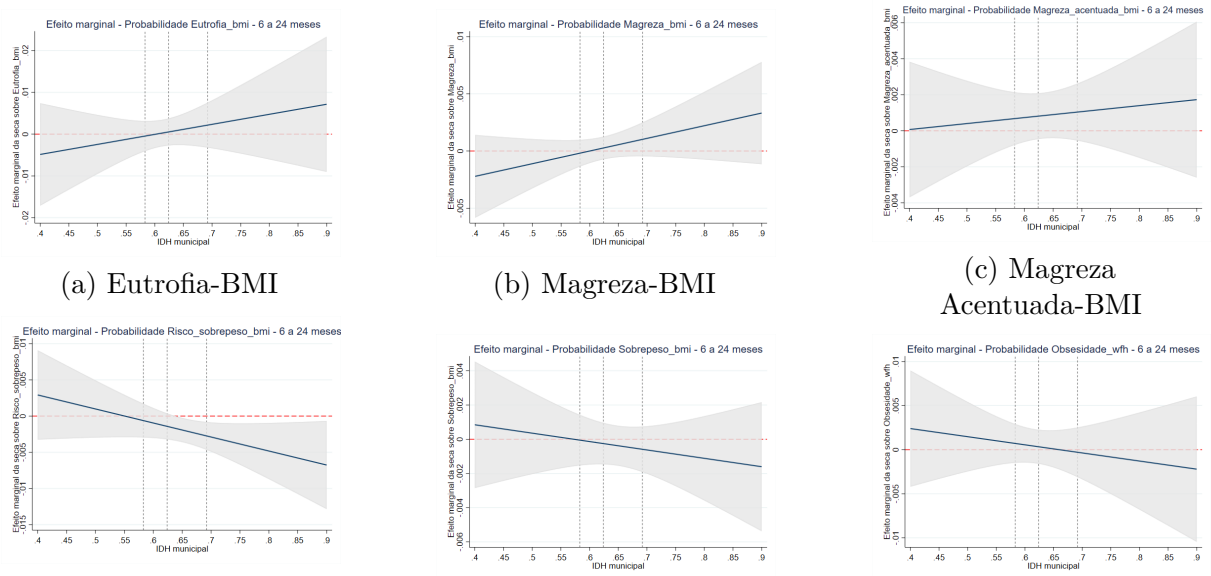
	6 a 24 meses					
	Eutrofia	Magreza	Magreza Acentuada	Risco Sobrepeso	Sobrepeso	Obesidade
CS	0,0007	0,0003	0,0008	-0,0016*	-0,0003	-0,00002
	(0,0017)	(0,0005)	(0,0006)	(0,0009)	(0,0006)	(0,0010)
Observações	3412205	3412205	3412205	3412205	3412205	3412205
Interação	**com**	**IDH2010**				
CS	-0,014	-0,007	-0,001	0,011	0,003	0,009
	(0,017)	(0,005)	(0,005)	(0,008)	(0,005)	(0,010)
CS*IDH2010	0,024	0,011	0,003	-0,019	-0,005	-0,014
	(0,028)	(0,008)	(0,008)	(0,012)	(0,007)	(0,016)
IDH médio	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635
	Maiores de 2 anos					
CS	0,0005	-0,0001	0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0003
	(0,0016)	(0,0004)	(0,0004)	(0,0008)	(0,0005)	(0,0009)
Observações	11462103	11462103	11462103	11462103	11462103	11462103
Interação	**com**	**IDH2010**				
CS	-0,039***	-0,004	0,003	0,013**	0,009**	0,018**
	(0,013)	(0,003)	(0,003)	(0,006)	(0,004)	(0,008)
CS*IDH2010	0,062***	0,006	-0,004	-0,021**	-0,014**	-0,030**
	(0,020)	(0,004)	(0,005)	(0,010)	(0,006)	(0,013)
IDH médio	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635

Nota: A tabela apresenta o efeito de choque de seca e estiagem sobre a probabilidade de status nutricional. O vetor x é composto por: sexo, idade e raça. O modelo foi estimado com efeito fixo de município e ano. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de município. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.

Para as crianças mais velhas, os impactos são heterogêneos e variam conforme o nível de desenvolvimento dos municípios. Os resultados sugerem que, em municípios mais desenvolvidos, a ocorrência de choques de seca e estiagem aumenta a probabilidade de as crianças apresentarem estado nutricional adequado (eutrofia), conforme a classificação

da OMS. Em contrapartida, reduz a probabilidade de sobrepeso e obesidade. Já nos municípios com menor nível de desenvolvimento, observa-se o efeito oposto, diminui a probabilidade de eutrofia e aumenta a probabilidade de risco de sobrepeso, sobrepeso e obesidade. A Figura 40 demostra como os efeitos marginais variam com IDH.

Esses resultados são consistentes com a discussão apresentada por Alpino *et al.* (2022), segundo a qual a maior vulnerabilidade socioeconômica está associada ao maior consumo de alimentos processados e ultraprocessados, geralmente mais acessíveis economicamente, o que pode comprometer o estado nutricional infantil e contribuir para uma maior prevalência de sobrepeso e obesidade.

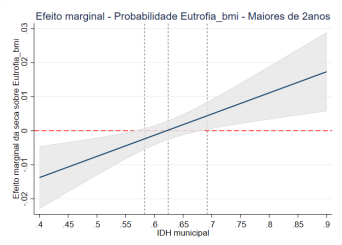


(a) Eutrofia-BMI (b) Magreza-BMI (c) Magreza Acentuada-BMI

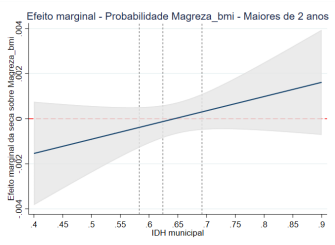
(d) Risco de sobrepeso-BMI (e) Sobrepeso-BMI (f) Obesidade-BMI

Os gráficos apresentam o efeito marginal dos choques de seca e estiagem sobre o estado nutricional à medida que o IDH varia. A linha azul contínua representa a estimativa do efeito marginal, enquanto as linhas verticais indicam, respectivamente, os percentis 25, 50 e 75 da distribuição do IDH. A área sombreada corresponde ao intervalo de confiança de 95% em torno da estimativa.

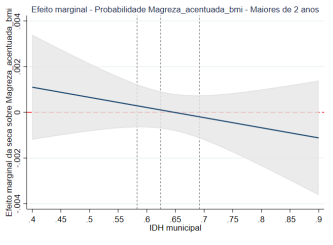
Figura 39 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - 6 a 24 meses.



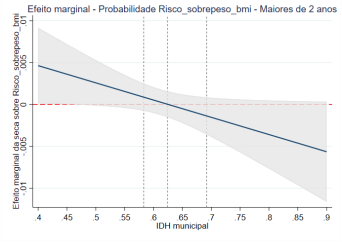
(a) Eutrofia-BMI



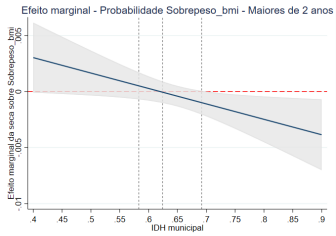
(b) Magreza-BMI



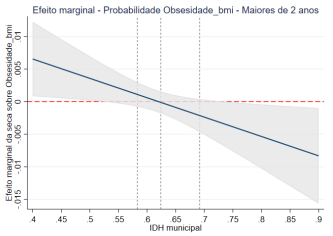
(c) Magreza Acentuada-BMI



(d) Risco de sobrepeso-BMI



(e) Sobrepeso-BMI



(f) Obesidade-BMI

Os gráficos apresentam o efeito marginal dos choques de seca e estiagem sobre o estado nutricional à medida que o IDH varia. A linha azul contínua representa a estimativa do efeito marginal, enquanto as linhas verticais indicam, respectivamente, os percentis 25, 50 e 75 da distribuição do IDH. A área sombreada corresponde ao intervalo de confiança de 95% em torno da estimativa.

Figura 40 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - Maiores de 2 anos.

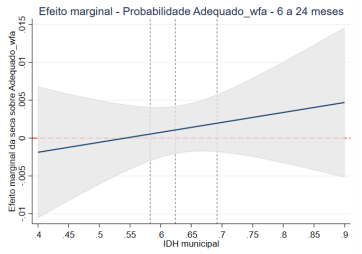
De forma análoga, a Tabela 36 apresenta os resultados das estimações para o indicador de peso para idade (WFA). Para as crianças mais novas, com idade entre 6 e 24 meses, não foram encontrados efeitos estatisticamente significativos. Para as crianças mais velhas (maiores de 2 anos), os resultados indicam que os impactos dos choques de seca e estiagem dependem do nível de desenvolvimento, em linha com as evidências apresentadas anteriormente. Em municípios com maior nível de desenvolvimento, os choques estão associados a uma maior probabilidade de ocorrência de melhores desfechos nutricionais. Em contrapartida, nos municípios com menor nível de desenvolvimento, observa-se maior probabilidade de resultados nutricionais desfavoráveis.

Por exemplo, em municípios com alto nível de desenvolvimento (IDH $> 0{,}700$), os choques de seca e estiagem aumentam a probabilidade de peso adequado e reduzem a probabilidade de sobrepeso. Por outro lado, nos municípios com baixo nível de desenvolvimento (IDH $< 0{,}555$), os choques de seca e estiagem reduzem a probabilidade de peso adequado e aumentam a probabilidade de sobrepeso. As Figuras 41 e 42 exibem os efeitos marginais para diferentes níveis de IDH.

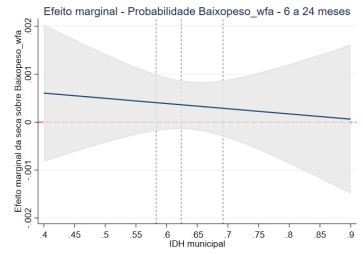
Tabela 36 – Efeito de choque de seca e estiagem sobre a probabilidade de status nutricional - peso para idade (WFA).

	6 a 24 meses			
	Adequado	Baixo peso	Muito Baixo peso	Sobrepeso
CS	0,0012	0,0004	0,0003	-0,0018
	(0,0016)	(0,0003)	(0,0003)	(0,0016)
Observações	3412205	3412205	3412205	3412205
Interação	**com**	**IDH2010**		
CS	-0,007	0,001	0,002	0,004
	(0,011)	(0,002)	(0,002)	(0,011)
CS*IDH2010	0,013	-0,001	-0,002	-0,010
	(0,018)	(0,003)	(0,003)	(0,018)
IDH médio	0,635	0,635	0,635	0,635
	Maiores de 2 anos			
CS	0,0002	0,0003	0,00002	-0,0005
	(0,0012)	(0,0002)	(0,0003)	(0,0011)
Observações	11462103	11462103	11462103	11462103
Interação	**com**	**IDH2010**		
CS	-0,022***	0,002	0,002	0,017***
	(0,007)	(0,002)	(0,002)	(0,007)
CS*IDH2010	0,035***	-0,003	-0,004	-0,028***
	(0,011)	(0,003)	(0,003)	(0,010)
IDH médio	0,635	0,635	0,635	0,635

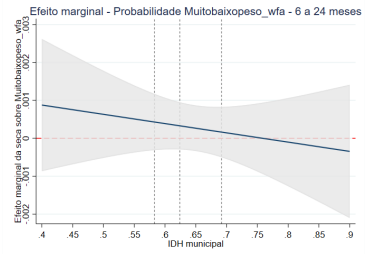
Nota: A tabela apresenta o efeito de choque de seca e estiagem sobre a probabilidade de status nutricional. O vetor x é composto por: sexo, idade e raça. O modelo foi estimado com efeito fixo de município e ano. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de município. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.



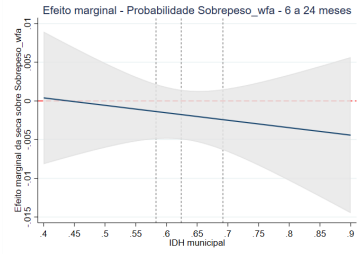
(a) Adequado-WFA



(b) Baixo peso-WFA



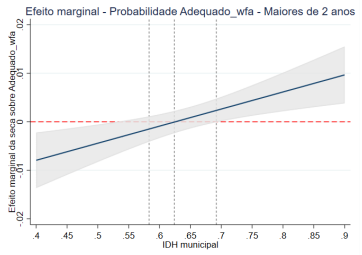
(c) Muito Baixo peso - WFA



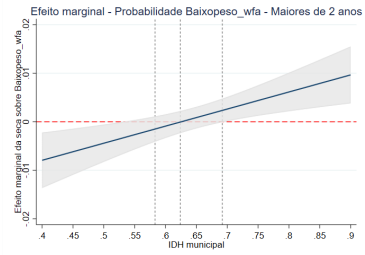
(d) Sobrepeso-WFA

Os gráficos apresentam o efeito marginal dos choques de seca e estiagem sobre o estado nutricional à medida que o IDH varia. A linha azul contínua representa a estimativa do efeito marginal, enquanto as linhas verticais indicam, respectivamente, os percentis 25, 50 e 75 da distribuição do IDH. A área sombreada corresponde ao intervalo de confiança de 95% em torno da estimativa.

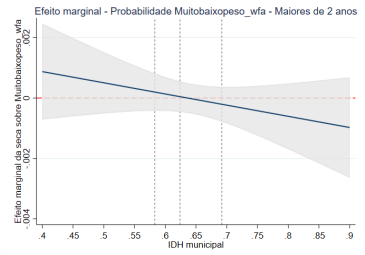
Figura 41 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - 6 a 24 meses.



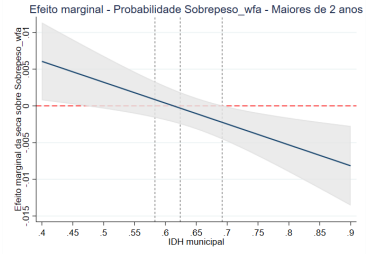
(a) Adequado-WFA



(b) Baixo peso-WFA



(c) Muito Baixo peso - WFA



(d) Sobrepeso-WFA

Os gráficos apresentam o efeito marginal dos choques de seca e estiagem sobre o estado nutricional à medida que o IDH varia. A linha azul contínua representa a estimativa do efeito marginal, enquanto as linhas verticais indicam, respectivamente, os percentis 25, 50 e 75 da distribuição do IDH. A área sombreada corresponde ao intervalo de confiança de 95% em torno da estimativa.

Figura 42 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - Maiores de 2 anos.

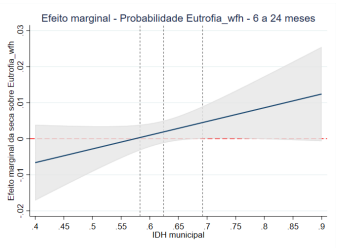
Por fim, a Tabela 37 apresenta os resultados das estimações para o indicador de peso para altura (WFH). Os status nutricionais considerados são os mesmos do indicador de IMC para idade (BMI), e os resultados seguem, em geral, o mesmo padrão observado anteriormente. Para as crianças mais velhas (maiores de 2 anos), os efeitos dos choques de seca e estiagem permanecem heterogêneos segundo o nível de desenvolvimento (IDH), com resultados mais favoráveis nos municípios de maior IDH e efeitos adversos naqueles com menor nível de desenvolvimento. Por exemplo, considerando a probabilidade de "Eutrofia", para um município com IDH de 0,500, a ocorrência de um choque está associada a uma maior probabilidade de resultados nutricionais desfavoráveis, enquanto, para um município com IDH de 0,750, observa-se o padrão oposto.

Para as crianças mais novas (6 a 24 meses), diferentemente do observado para o indicador de IMC para idade (BMI), os efeitos dos choques também variam conforme o nível de desenvolvimento dos municípios. Esse resultado sugere que a heterogeneidade associada às condições de desenvolvimento não se restringe às crianças mais velhas, mas também se manifesta entre as crianças mais novas quando se considera o indicador de peso para altura (WFH). Os efeitos marginais estimados para diferentes níveis de IDH são apresentados nas Figuras 43 e 44.

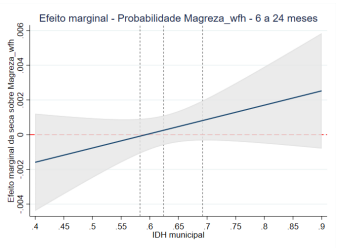
Tabela 37 – Efeito de choque de seca e estiagem sobre a probabilidade de status nutricional - peso para altura (WFH).

	6 a 24 meses					
	Eutrofia	Magreza	Magreza Acentuada	Risco Sobrepeso	Sobrepeso	Obesidade
CS	0,0021	0,0003	0,0009	-0,0029***	-0,0008	0,0003
	(0,0016)	(0,0004)	(0,0006)	(0,0011)	(0,0007)	(0,0010)
Observações	3412205	3412205	3412205	3412205	3412205	3412205
Interação	**com**	**IDH2010**				
CS	-0,022	-0,005	0,002	0,009	0,009*	0,006
	(0,014)	(0,004)	(0,005)	(0,009)	(0,005)	(0,009)
CS*IDH2010	0,038*	0,008	-0,002	-0,019	-0,016**	-0,009
	(0,023)	(0,006)	(0,007)	(0,015)	(0,008)	(0,015)
IDH médio	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635
	Maiores de 2 anos					
CS	0,0001	-0,00003	0,0002	-0,0004	0,0001	-0,00003
	(0,0016)	(0,0004)	(0,0004)	(0,0008)	(0,0005)	(0,0012)
Observações	11462103	11462103	11462103	11462103	11462103	11462103
Interação	**com**	**IDH2010**				
CS	-0,041***	-0,002	0,001	0,015**	0,008*	0,019**
	(0,013)	(0,003)	(0,003)	(0,006)	(0,004)	(0,008)
CS*IDH2010	0,065***	0,003	-0,002	-0,024**	-0,012*	-0,031**
	(0,020)	(0,004)	(0,004)	(0,010)	(0,006)	(0,013)
IDH médio	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635	0,635

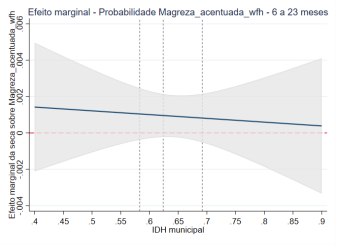
Nota: A tabela apresenta o efeito de choque de seca e estiagem sobre a probabilidade de status nutricional. O vetor x é composto por: sexo, idade e raça. O modelo foi estimado com efeito fixo de município e ano. Entre parênteses estão os erros padrões robustos clusterizado a nível de município. O nível de significância é indicado por: ***1%, **5% e *10%.



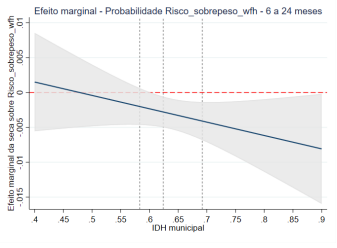
(a) Eutrofia-WFH



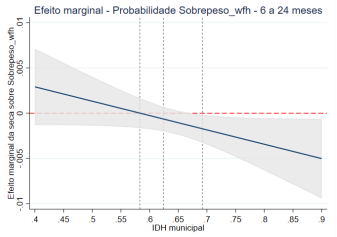
(b) Magreza-WFH



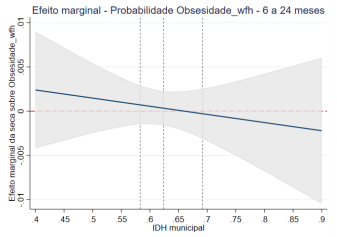
(c) Magreza Acentuada-WFH



(d) Risco de sobrepeso-WFH



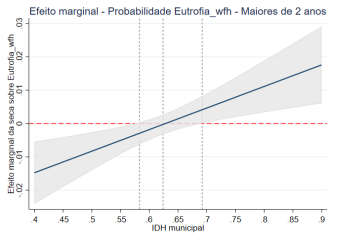
(e) Sobrepeso-WFH



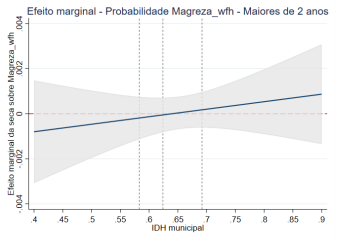
(f) Obesidade-WFH

Os gráficos apresentam o efeito marginal dos choques de seca e estiagem sobre o estado nutricional à medida que o IDH varia. A linha azul contínua representa a estimativa do efeito marginal, enquanto as linhas verticais indicam, respectivamente, os percentis 25, 50 e 75 da distribuição do IDH. A área sombreada corresponde ao intervalo de confiança de 95% em torno da estimativa.

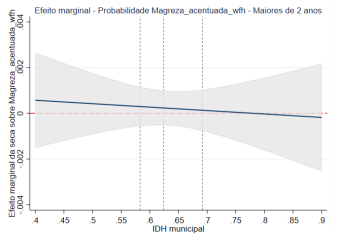
Figura 43 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - 6 a 24 meses.



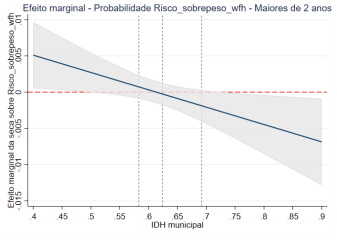
(a) Eutrofia-WFH



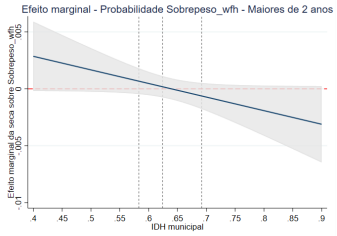
(b) Magreza-WFH



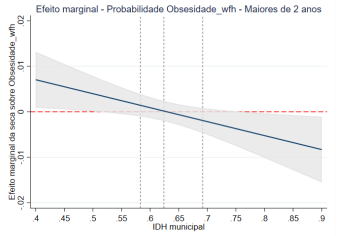
(c) Magreza Acentuada-WFH



(d) Risco de sobrepeso-WFH



(e) Sobrepeso-WFH



(f) Obesidade-WFH

Os gráficos apresentam o efeito marginal dos choques de seca e estiagem sobre o estado nutricional à medida que o IDH varia. A linha azul contínua representa a estimativa do efeito marginal, enquanto as linhas verticais indicam, respectivamente, os percentis 25, 50 e 75 da distribuição do IDH. A área sombreada corresponde ao intervalo de confiança de 95% em torno da estimativa.

Figura 44 – Efeito marginal do choque de seca e estiagem - 25 a 60 meses.

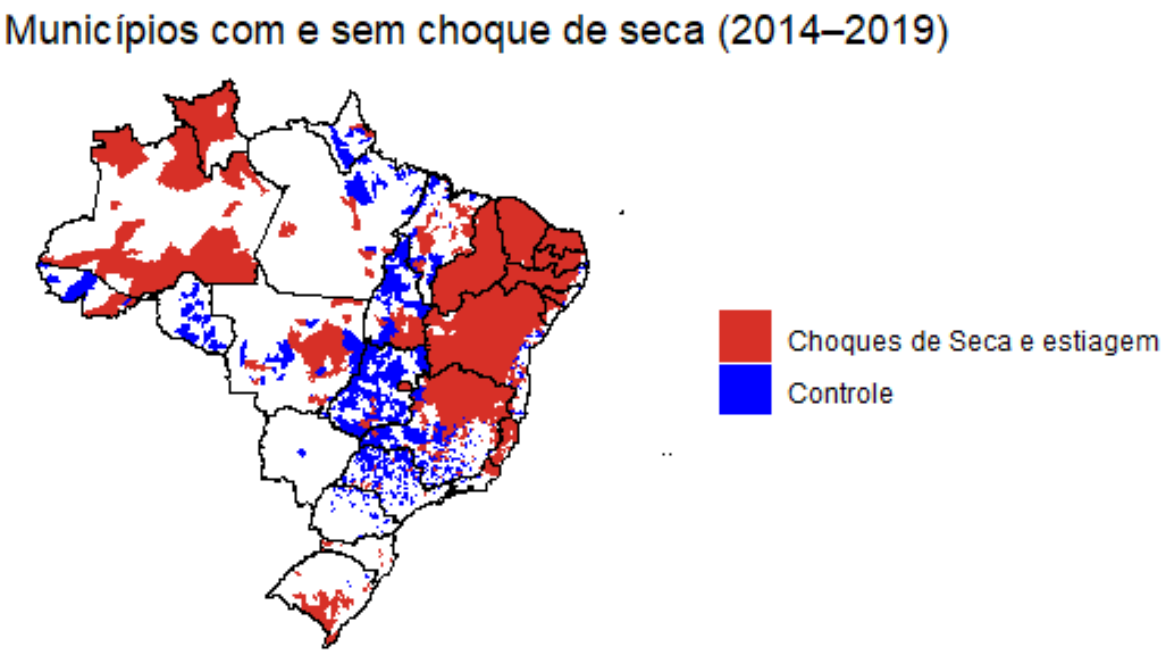
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desastres acontecem quando eventos extremos encontra vulnerabilidade. Nesse contexto de vulnerabilidade e de mudanças climáticas, o objetivo desse ensaio foi analisar os efeitos de choques climáticos sobre o estado nutricional de crianças com vulnerabilidade de renda. Em outras palavras, analisou-se especificamente a consequência da seca e da estiagem extrema sobre os desvios (z-score) dos indicadores nutricionais. Com a ocorrência dos desastres naturais, como as secas e estiagem, a produção de alimentos é afetada, gerando impactos relevantes sobre os sistemas alimentares e, portanto, sobre a saúde nutricional.

Em conjunto, os resultados indicam que os efeitos dos choques de seca e estiagem não são homogêneos, tanto entre os municípios brasileiros quanto entre as faixas etárias analisadas. As evidências confirmam que esses eventos afetam o estado nutricional infantil, gerando impactos adversos sobre a saúde das crianças. Além disso, a heterogeneidade dos efeitos em função do nível de desenvolvimento (IDH) sugere que a seca e a estiagem não constituem apenas fenômenos naturais, mas interagem com fatores socioeconômicos, funcionando como um mecanismo de agravamento das desigualdades existentes.

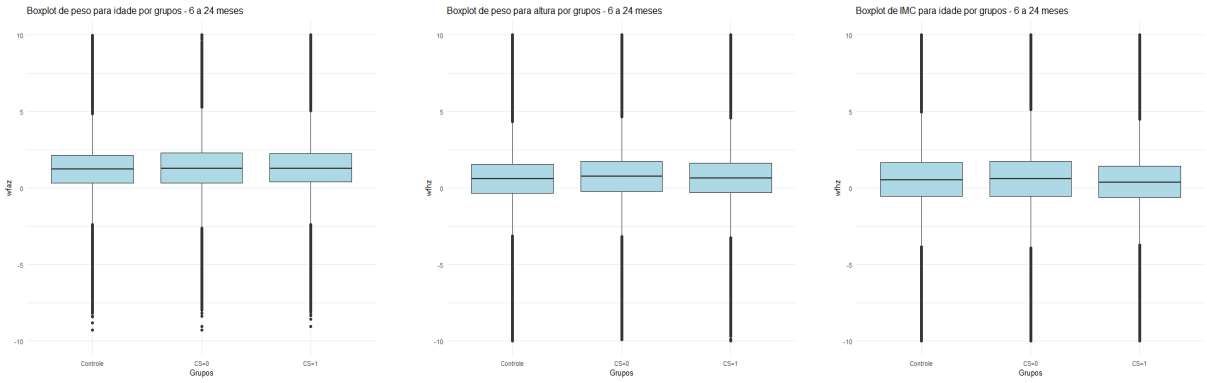
As mudanças climáticas se relacionam com a má nutrição e com a insegurança alimentar e nutricional, abrangendo tanto a desnutrição e os déficits nutricionais quanto o sobrepeso e a obesidade. As mudanças climáticas afetam os sistemas alimentares resultando em alterações no consumo e hábitos alimentares e consequentemente no estado nutricional. Esse cenário reforça a necessidade de políticas públicas intersetoriais que considerem os determinantes que influenciam as escolhas alimentares da população e suas consequências para a má nutrição, oferecendo respostas que extrapolem o setor da saúde. Além de estudos e pesquisas sobre a temática a nível global que possa contribuir para tomada de decisões no âmbito das políticas de alimentação e nutrição.

4.6 APÊNDICE C - Informações Complementares



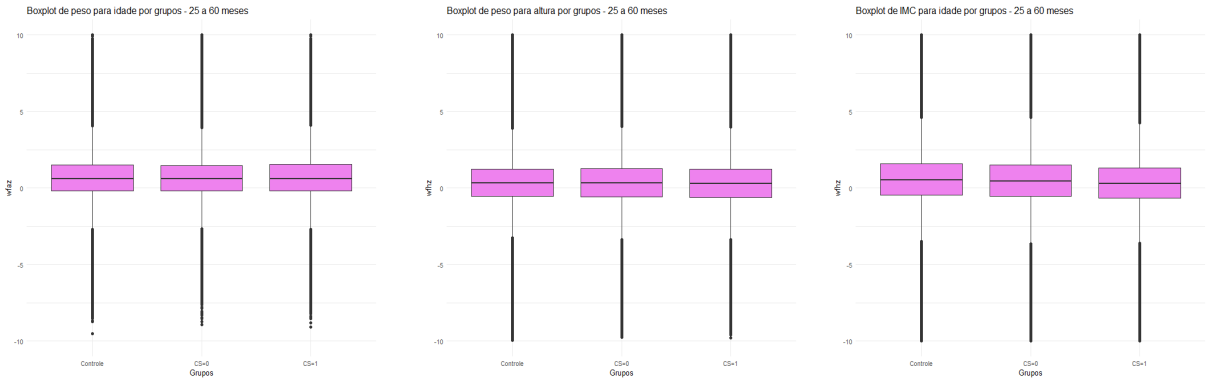
Nota: Em vermelho são os municípios que registraram ao menos um choque de seca e estiagem entre 2014-2019. Em azul, municípios que nunca registraram seca e estiagem no período de 2008-2019.

Figura 45 – Municípios com e sem choques de seca e estaigem, 2014-2019



Nota: Distribuição dos score para controle (nunca sofreram choques de seca e estiagem) e para quando há choque (CS=1) e quando não ocorreu (CS=0)

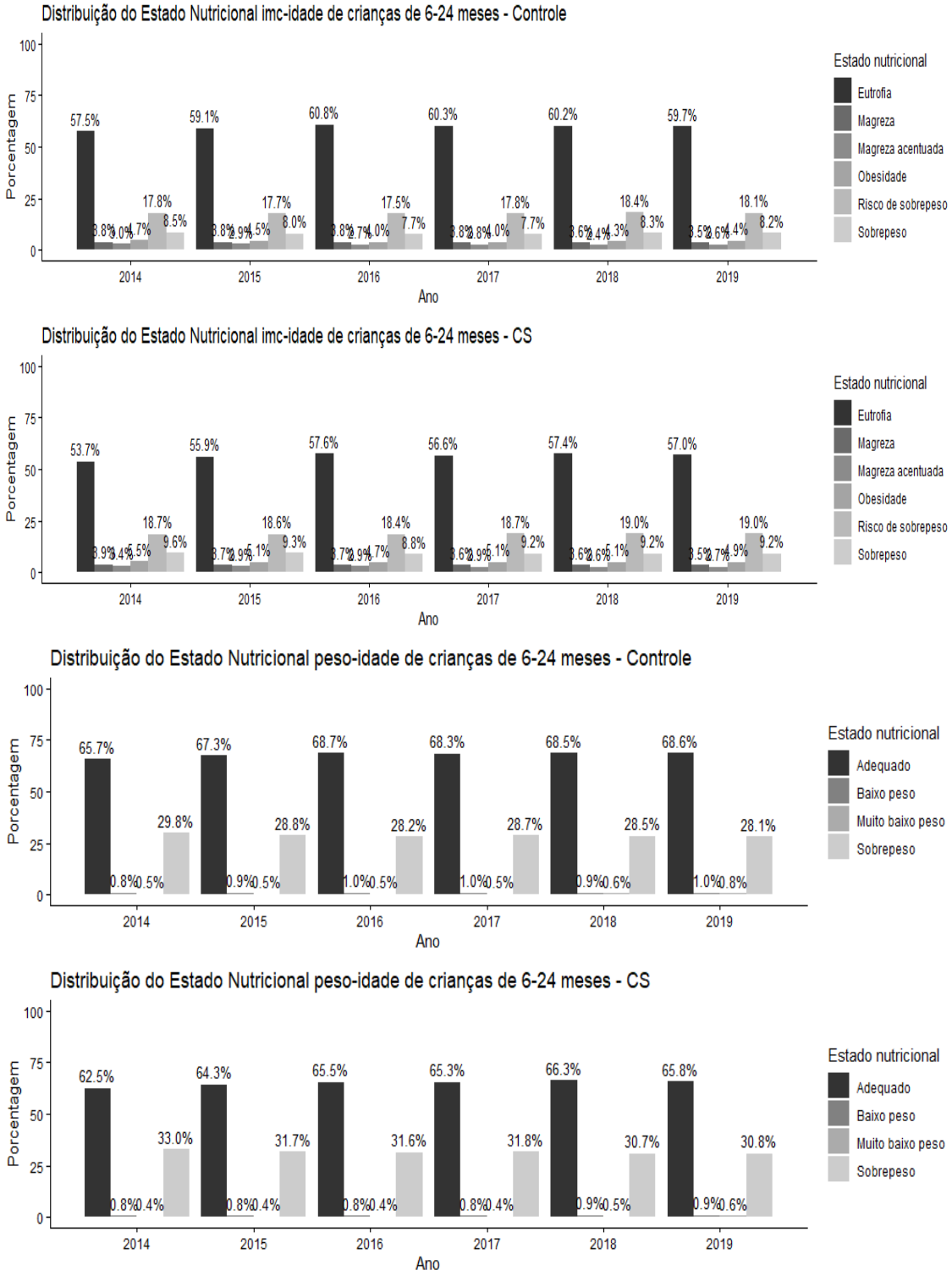
Figura 46 – Distribuição dos score do estado nutricional de criannças de 6 a 24 meses



Nota: Distribuição dos score para controle (nunca sofreram choques de seca e estiagem) e para quando há choque (CS=1) e quando não ocorreu (CS=0)

Figura 47 – Distribuição dos score do estado nutricional de criannças de 25 a 60 meses

6 A 24 MESES



Status nutricional de crianças de 6 a 24 meses por grupo

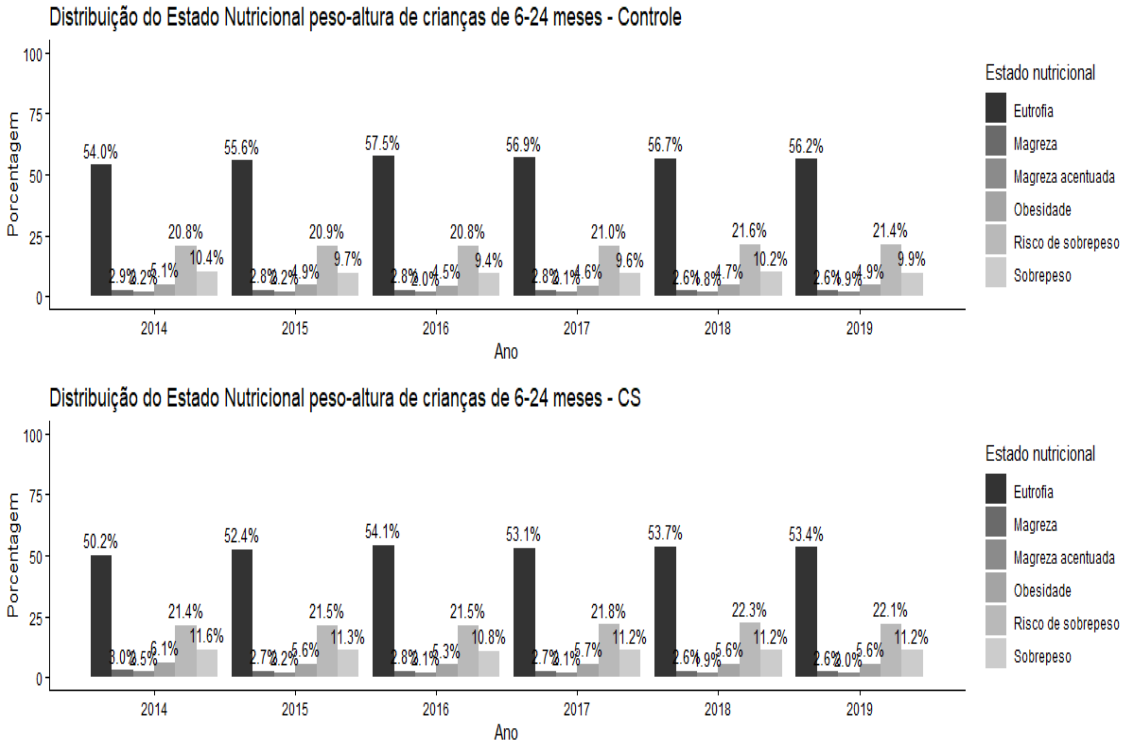


Figura 48 – Status nutricional de crianças de 6 a 24 meses por grupo - continuação

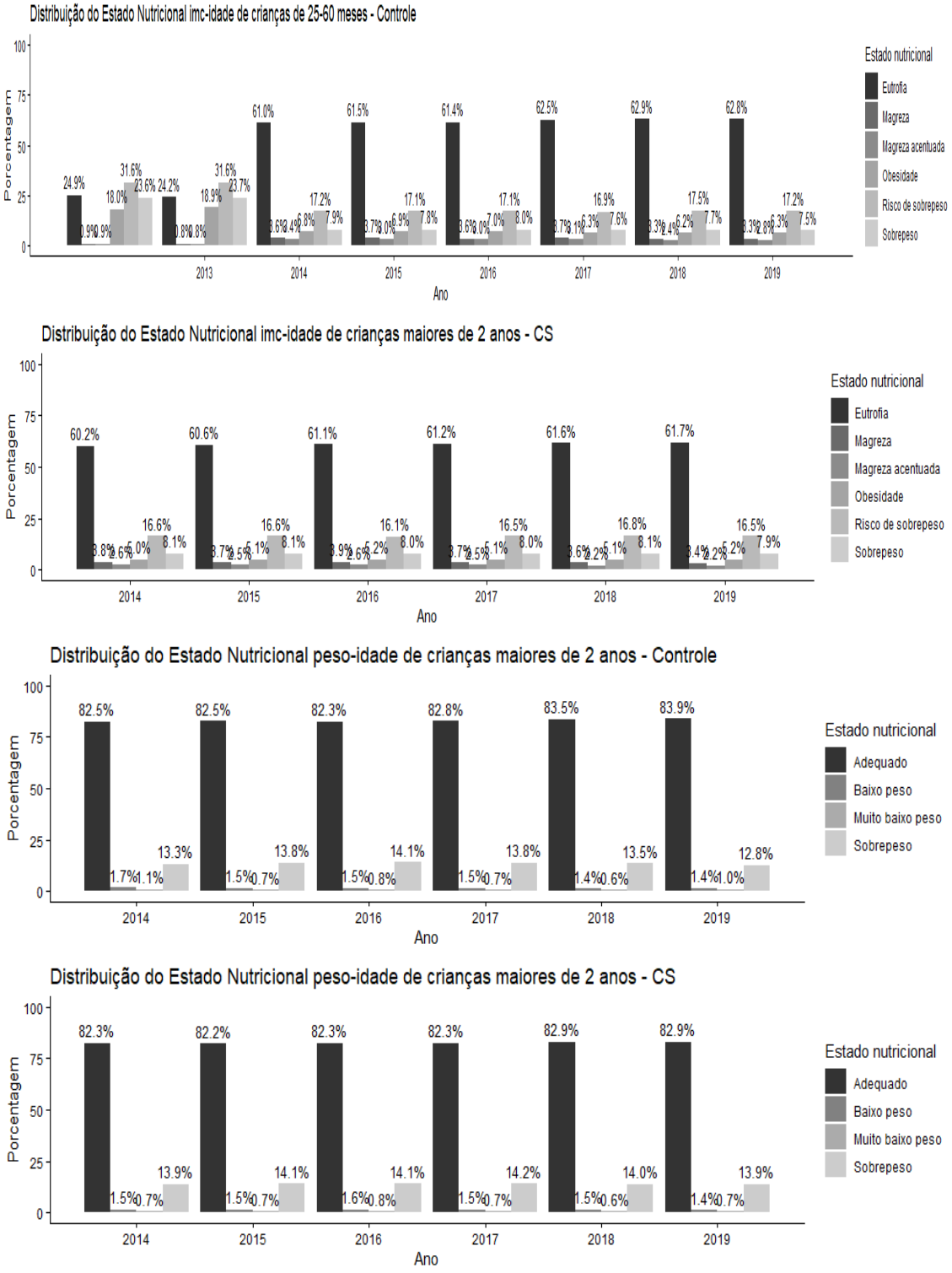


Figura 49 – Status nutricional de crianças de 25 a 60 meses por grupo

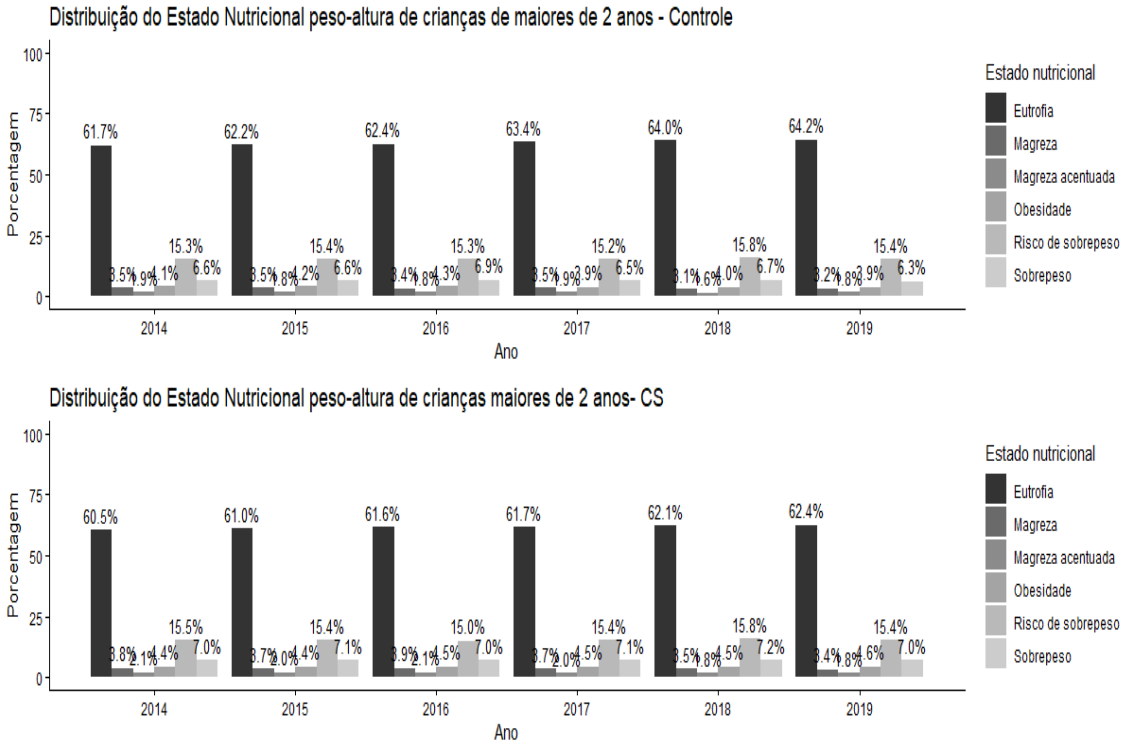


Figura 50 – Status nutricional de crianças de 25 a 60 meses por grupo - continuação

5 CONCLUSÃO

O clima no planeta está claramente mudando, caracterizado pela ocorrência cada vez mais frequente de eventos como: ondas de calor, inundações, secas, aumento do nível dos mares e poluição atmosférica, que afetam a saúde direta ou indiretamente, causando impactos diversos como aumento de doenças respiratórias e transmissíveis, inúmeros danos, doenças e agravos à saúde provocados por desastres, além de óbitos e, comprometendo a saúde nutricional (Alpino *et al.* , 2022). Os três ensaios desta tese exploram algumas questões importantes relacionadas aos efeitos das mudanças climáticas sobre a saúde da população. As conclusões desses ensaios podem contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à mitigação dos danos à saúde.

O primeiro ensaio destaca a importância de um ar limpo para a saúde da população mais vulnerável às doenças do aparelho respiratório. Para isso, mostramos como regiões com elevada poluição atmosférica, como áreas portuárias, impactam as hospitalizações. Nossas estimativas indicam que a poluição aumenta as internações relacionadas a doenças do aparelho respiratório em bebês e idosos. Esses efeitos se somam às evidências encontradas em outros países e reforçam a seriedade de políticas públicas voltadas à redução da poluição atmosférica, especialmente em áreas urbanas com maior concentração de atividades poluentes.

No segundo ensaio, apresentamos as externalidades de uma política de controle de desmatamento, uma estrátegia de mitigação das mudanças climáticas baseada em florestas, na saúde da população. Os efeitos positivos na saúde, mensurados pela redução na taxa de internações por doenças dos aparelhos respiratório e circulatório em idosos, bem como pela redução de casos de leishmaniose. Essas evidências têm implicações importantes para políticas públicas e contribuem para a literatura ao destacar a importância de um meio ambiente saudável. No desenho de políticas de conservação florestal, deve-se levar em consideração esses potenciais benefícios gerados para a saúde da população decorrentes de menores taxas de desmatamento, além da contribuição positiva para o combate às mudanças climáticas.

Por fim, o terceiro ensaio traz novas evidências sobre o efeito de choques de seca e estiagem no estado nutricional infantil no Brasil. Com a ocorrência cada vez mais frequente de eventos climáticos extremos devido às mudanças climáticas, ainda se sabe pouco sobre como a saúde infantil se comporta diante desses episódios. Buscamos preencher essa lacuna ao explorar os efeitos de choques climáticos extremos de seca e estiagem sobre indicadores antropométricos, como o z-score de peso para idade (WFA), IMC para idade (BMI) e peso para altura (WFH).Os resultados reforçam a hipótese de que os choques de seca e estiagem afetam negativamente o estado nutricional infantil, especialmente em municípios mais vulneráveis do ponto de vista socioeconômico, comprometendo o desenvolvimento

das crianças.

De modo geral, esses ensaios buscam fornecer subsídios para a melhoria de políticas públicas que promovam um meio ambiente limpo, o combate às mudanças climáticas e a priorização da saúde da população em geral. Muitos estudos têm se dedicado a essas questões, no entanto, ainda há diversas dimensões que podem ser exploradas em pesquisas futuras, de modo a fornecer mais evidências em defesa do meio ambiente como impulsionador de benefícios para a saúde humana.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, P.; BARELLA, W. Análise do IDA - Índice de Desempenho Ambiental como ferramenta para aprimoramento da gestão ambiental portuária no Brasil. **UNISANTA Bioscience**, v. 8, n. 3, p. 282-298, 2019.

ABIONA O. Adverse Effects of Early Life Extreme Precipitation Shocks on Short-term Health and Adulthood Welfare Outcomes. **Review of Development Economics**, v. 21(4), p. 1229-1254, 2017.

ACEMOGLU, D.; JOHNSON, S. Disease and development: the effect of life expectancy on economic growth. **Journal of Political Economy**, v. 115, n. 6, p. 925-985, 2007.

ALASTUEY, A. *et al.*. Contribution of harbour activities to levels of particulate matter in a harbour area: Hada Project-Tarragona Spain. **Atmospheric Environment**, v. 41, n. 30, p. 6366–6378, 2007.

ALDERMAN, H.; HODDINOTT, J.; KINSEY, B. Long term consequences of early childhood malnutrition. **Oxford Economic Papers**, v. 58, n. 3, p. 450-472, 2006.

ALI, A.; RIAZ, S.; IQBAL, S. Deforestation And Its Impacts On Climate Change An Overview Of Pakistan. **Papers on Global Change IGBP**, v. 21, n. 1, p. 51-60, 2014.

ALPINO, T. M.A.; MAZOTO, M. L.; BARROS, D. C.; FREITAS, C. M. Os impactos das mudanças climáticas na Segurança Alimentar e Nutricional: uma revisão da literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, n. 1, p. 273-286, 2022.

ANDRADE, M. V.; CHEIN, F.; RIBAS, R. P.; PUIG-JUNOY, J. Income Transfer Policies and Nutritional Condition of Children: An Evaluation of "Bolsa Família". **Econômica**, v. 15, n. 2, p. 83-110, 2013.

ANDREWS, I.; STOCK, J.; SUN, L. Weak Instruments in Instrumental Variables Regression: Theory and Practice. **Annual Review of Economics**, v. 11, n. 1, p. 727-753, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. Disponível em http://ea.antaq.gov.br/. Acessado em 7 de março de 2023.

ARAÚJO, P. H. C. **Ensaios econômicos sobre ondas de calor e seus impactos sobre a saúde no Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Economia) - Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

ARIMA, E. Y.; BARRETO, P.; ARAÚJO, E.; SOARES-FILHO, B. Public policies can reduce tropical deforestation: Lessosns and challenges from Brazil. **Land Use Policy**, v. 41, p. 465-473, 2014.

ARROYO, V.; DÍAZ, J.; ORTIZ, C.; CARMONA, R.; SÁEZ, M.; LINARES, C. Short term effect of air pollution, noise and heat waves on preterm births in Madrid (Spain). **Environmental Research**, v. 145, p. 162-168, 2016.

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 134, n. 100, 2020.

ASSUNÇÃO, J.; ROCHA, R.; GANDOUR, C. Deforstation slowdown in the legal Amazon: Prices or Policies?. **Environment and Development Economics**, v. 20, p. 697-722, 2015.

BAILEY, D.; SOLOMON, G. Pollution prevention at ports: clearing the air. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 24, p. 749-774, 2004.

BARROS, F. S.; GONÇALVES, F. L. T.; GOBO, J. P. A.; CHIQUETTO, J. B. Analysis of the association between meteorological variables and mortality in the elderly applied to different climatic characteristics of the State of São Paulo, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 144, p. 327-338, 2021.

BAULEO, L.; BUCCI, S.; ANTONUCCI, C.; SOZZI, R.; DAVOLI, M.; FORASTIERI, F.; ANCONA, C. Long-term exposure to air pollutants from multiple sources and mortality in an industrial area: a cohort study. **Occupational & Environmental Medicine**, v. 76, p. 48-57, 2019.

BLOOM, D. E.; CANNING, D.; KOTSCHY, R.; PRETTNER, K.; SCHUNEMANN, J. J. Health and economic growth: reconciling the micro and macro evidence. **NBER WORKING PAPER SERIES**, n. 26003, 2019.

BONAN, G. B. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests **Science**, v. 320(5882), p. 1444–1449, 2008.

BRAGA, A. L. F. *et al.*. Health Effects of Air Pollution Exposure on Children and Adolescents in São Paulo, Brazil. **Pediatric Pulmonology**, v. 31, p. 106-113, 2001.

BRAGANÇA, A.; DAHIS, R. Cutting special interests by the roots: Evidence from the Brazilian Amazon. **Journal of Public Economics**, v. 215, n. 104753, 2022.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Pesquisa Nacional de Demografia e Saúde da Criança e da Mulher – PNDS 2006 : dimensões do processo reprodutivo e da saúde da criança**, 2009.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Acordo de Paris**, 2015.

BREWER, T. L. Black carbon and other air pollutants in Italian Ports and coastal areas: problems, solutions and implications for policies. **Applied Sciences**, v. 10, 2020.

BUTT, E. W.; CONIBEAR, L.; KNOTE, C; SPRACKLEN, D, V. Large air quality and public health impacts due to Amazonian deforestation fires in 2019. **Geohealth**, v. 5, 2021.

CARVALHO, B. M.; PEREZ, L. P.; OLIVEIRA, B. F. A.; JACOBSON, L. S. V.; HORTA, M. A.; SOBRAL, A.; HACON, S. S. Doenças transmitidas por vetores no Brasil: mudanças climáticas e cenários futuros de aquecimento global. **Sustainability in Debate**, v. 11, n. 3, p. 383-404, 2020.

CASA CIVIL. **Plano de Ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal**. Plano de Ação, Casa Civil da Presidência da República, Brasília, 2004.

CARRILLO, B.; BRANCO, D. K.; TRUJILLO, J. C.; LIMA, J. E. The externalities of a deforestation control policy in infant health: Evidence from Brazil **Economic Development and Cultural Change**, v. 67, n. 2, p. 369-400, 2019.

CERRI, C. E. P; CERRI, C. C.; MAIA, S. M. F; CHERUBIN, M. R.; FEIGL, B. J.; LAL, R. Reducing Amazon deforestation through agricultural intensification in the Cerrado for advancing food security and mitigating climate change **Sustainability**, v. 10, 2018.

CHAKRABARTI, A. Deforestation and infant mortality: Evidence from Indonesia **Economics and Human Biology**, v. 40, 2021.

CHAY, K.; GREENSTONE, M. Does Air Quality Matter? Evidence from the Housing Market. **Journal of Political Economy**, v. 113, p. 376-424, 2005.

CODEÇO, C. T.; *et al.*. Epidemiology, Biodiversity, and Technological Trajectories in the Brazilian Amazon: From Malaria to COVID-19. **Front. Public Health**, v.9, 2021.

COOPER, D. Exhaust emissions from ships at berth. **Atmospheric Environment**, v.37, N. 27, p. 3817–3830, 2003.

CORBETT, J. J.; WINEBRAKE, J.J.; GREEN, E. H.; KASIBHATLA, P.; EYRING, V.; LAUER, A. Mortality from ship emissions: a global assessment. **Environmental Science Technology**, v.41, p. 8513–8518, 2007.

CORREA-MACANA, E.; COMIM, F. Mudança climática e desenvolvimento humano: uma análise baseada na Abordagem das Capacitações de Amartya Sen. **Economía, Sociedad y Territorio**, v.13, n. 43, p. 577-618, 2013.

COUTO, R. C. S. Saúde e ambiente na Amazônia Brasileira. **Novos Cadernos NAEA**, v.23, n. 3, p. 167-178, 2020.

CURRIE, J.; NEIDELL, M.; SCHMIEDER, J. F. Air pollution and infant health: lessons from New Jersey. **Journal of Health Economics**, v.28, p. 688-703, 2009.

CUTLER, D.; FUNG, W.; KREMER, M.; SINGHAL, M.; VOGL,T. Early-life Malaria exposure and adult outcomes: evidence from malaria eradication in India **American Economic Journal: Applied Economics**, v.2, n. 2, p. 72-94, 2010.

DAMM, Y.; BÖRNER, J.; GERBER, N.; SOARES-FILLHO, B. Health benefits of reduced deforestation in the Brazilian Amazon **Communications Earth & Environment**, 5, 693, 2024.

CHAISEMARTIN, C. de; D'HAULTFOEUILLE, X. Difference-in-Differences Estimators of Intertemporal Treatment Effects. **The Review of Economics and Statistics**, 2024.

DATAR, A.; LIU, J.; LINNEMAYR, S.; STECHER, C. The Impact of Natural Disasters on Child Health and Investments in Rural India **Social Science & Medicine**, V. 76, 83-91, 2013.

DERYUGINA, T.; HEUTEL, G.; MILLER, N.; MOLITOR, D.; REIF, J. The Mortality And Medical Costs Of Air Pollution: Evidence From Changes In Wind Direction **American Economic Review**, v.109, n. 12, 2019.

DIAS, G. L.; CAMPONOGARA, S.; COSTA, V. Z.; CEZAR-VAZ, M. R.; WEILLER, T. H.; CARDOSO, L. S. Representações sociais sobre saúde e meio ambiente para equipes de Estratégia Saúde da Família **Saúde e Sociedade**, v.27, n.1, p. 163-174, 2018.

DUCRUET, C.; MARTIN, B. P.; SENE, M. A.; LO PRETE, M.; SUN, L.; ITOH, H.; PIGNÉ, Y. Ports and their influence on local air pollution and public health: A global analysis **Science of the Total Environment**, v.915, 2024.

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

Estudo Nacional de Alimentação e Nutrição Infantil (ENANI). **ESTADO NUTRICIONAL ANTROPOMÉTRICO DA CRIANÇA E DA MÃE**: Prevalência de indicadores antropométricos de crianças menores de 5 anos de idade e suas mães biológicas. ENANI-2019, Rio de Janeiro: UFRJ, 2022.

Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA). **Impacto de eventos climáticos extremos sobre a saúde e a educação de crianças, adolescentes e jovens no semiárido brasileiro**, Salvador, p. 63, 2020.

FAMELI, K. M.; KOTRIKLA, A. M.; PSANIS, C, BISKOS, G.; POLYDOROPOULOU, A. Estimation of the emissions by transport in two port cities of the northeastern Mediterranean, Greece. **Environmental Pollution**, v.257, 2020.

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

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. **BioScience**, v. 52(2), p. 143–150, 2002.

GIRARD, L. F.; NOCCA, F. Climate change and health impacts in urban areas: towards hybrid evaluation tools for new governance. **Atmosphere**, v.11, n. 1344, 2020.

GILLINGHAM, K.; HUANG, P. Racial disparities in the health effects from air pollution: evidence from ports. **NBER Working Paper**, n. 29108, 2021.

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

Global Health Observatory visualizations. Joint child malnutrition estimates 2017 (UNICEFWHO- WB), WHO website, Disponível em http://apps.who.int/gho/data/node.wrapper.nutrition-2016?lang=en, Acessado em 13 de Março de 2022)

GOMES, A. C. S.; SPYRIDES, M. H. C.; LUCIO, P. S. Dynamic regression model for evaluating the association between armospheric conditions and deaths due to respiratory diseases in São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de meteorologia**, v.33, n. 1, p. 1-10, 2018.

GOUVEIA, N.; FREITAS, C. U.; MARTINS, L. C.; MARCILIO, I. O. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v.22, n. 12, p. 2669-2677, 2006.

GRAFF ZIVIN, J.; NEIDELL, M. Environment, Health, and Human Capital. **Journal of Economic Literature**, v. 51 (3), p. 689–730, 2013.

GUIDETTI, B.; PEREDA, P.; SEVERNINI, E. Health shocks under hospital capacity constraint: evidence from air pollution in Sao Paulo, Brazil. **Institute of Labor Economics, IZA**, Discussion paper series, n. 13211, 2020.

HEALY, R. M.; O'CONNOR, I. P.; HELLEBUST, S.; ALLANIC, A.; SODEAU, J. R.; WENGER, J. C. Characterisation of single particles from in-port ship emissions. **Atmospheric Environment**, v. 43, 2009.

HE, J.; GOUVEIA, N.; SALVO, A. External effects of diesel trucks circulating inside the São Paulo megacity. **Journal of the European Economic Association**, v. 17, 2018.

HEO, S, W.; ITO, K.; KOTAMARTHI, R. International spillover effects of air pollution: evidence from mortality and health data. **NBER working Paper**, n. 30830, 2023.

HODDINOTT, J.; KINSEY, B. Child growth in the time of drought. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, n. 63, v. 4, 2001.

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

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **1º Diagnóstico de rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil** 2014. Disponível em: https://www.icict.fiocruz.br/sites/www.icict.fiocruz.br/files/Diagnostico_Rede_de_Monitoramento_ Acessado em: 22 de junho de 2022.

IPCC (International Panel on Climate Change), "Summary for Policymakers", em Susan Solomin, Dahe Qin, Martin, Manning, Melinda Marquis, Kristen Averyt, Melinda Tignor, Henry Leroy Miller y Zhenlin Chen (eds.), **Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Cambridge University Press, Cambridge and New York, p. 2-18, 2007.

JACOBSON, L. S. V.; OLIVEIRA, B. F. A.; SCNEIDER, R.; GASPARRINI, A. HACON, S. S. Mortality risk from respiratory diseases due to non-optimal temperature among Brazilian elderlies. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, 2021.

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

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

KNITTEL, C. R.; MILLER, D. L.; SANDERS, N. J. Caution, drivers! Children present: Traffic, pollution and infant health. **The Review of Economics and Statistics**, v. 98, n. 2, p. 350-366, 2016.

KUMAR, S.; MOLITOR, R.; VOLLMER, S. Drought and Early Child Health in Rural India. **Population and Development Review**, v. 942(1), p. 53-68, 2016.

LAWRENCE, D.; VANDECAR, K. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture **Nature Climate Change**, v. 5, p. 27-36, 2015.

LEWIS, J. H.; MARCUS, M. M. Uncharted Waters: Effects of Maritime Emission Regulation. **NBER Working Paper**, N. 30181, 2023.

LI, S. NOR, N. M.; KALIAPPAN, S. R.Long-term effects of child nutritional status on the accumulation of health human capital. **SSM - Population Health**, v. 24, 2023.

LIMA, T. A. C.; NASCIMENTO, L. F. C.; MEDEIROS, A. P. P.; SANTOS, V. P. Association between maternal exposure to particulate matter and premature birth. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n.1, p. 27-36, 2014.

LLOYD'S LIST. **One hundred ports 2022**. Disponível em https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/one-hundred-container-ports-2022. Acessado em 7 de março de 2022.

LOWE, R.; BAILEY, T. C.; STEPHENSON, D. B.; GRAHAM, R. J.; COELHO, C. A. S.; CARVALHO, M. S.; BARCELLOS, C. Spatio-temporal modelling of climate-sensitive disease risk: towards an early warning system for dengue in Brazil. **Computers & Geosciences**, v. 37, p. 371-381, 2011.

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

MACHADO-SILVA, F.; LIBONATI, R.; LIMA, T. F. M.; PEIXOTO, R. B.; FRANÇA, J. R. A.; MAGALHÃES, M. A. F. M.; SANTOS, F. L. M.; RODRIGUES, J. A.; DACAMARA, C. C. Drought and fires influence the respiratory diseases hospitaliztions in the Amazon. **Ecological Indicators**, v. 109, 2020.

McMAHON, K.; GRAY, C. Climate change, social vulnerability and child nutrition in South Asia. **Global Environmental Change** , n. 71, 2021.

MELLO, N. G. R.; ARTAXO, P. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, N. 66, p. 108-129, 2017.

MENDES, C. S.; COELHO, A. B.; FÉRES, J. G.; SOUZA, E. C.; CUNHA, D. A. Impacto das mudanças climáticas sobre a leishmaniose no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21(1), p. 263-272, 2016.

MERICO, E.; CESARI, D.; GREGORIS, E.; GAMBARO,A.; CORDELLA, M.; CONTINI, D. Shipping and Air Quality in Italian Port Cities: State-of-the-Art Analysis of Available Results of Estimated Impacts. **Atmosphere**, v. 12, 2021.

MORAES, S. L.; ALMENDRA, R.; SANTANA, P.; GALVANI, E. Variáveis meteorológicas e poluição do ar e sua associação com internações respiratórias em crianças: estudo de caso em São Paulo, Brasil. **Cadernos de saúde pública**, v. 35(7), 2019.

MORETTI, E.; NEIDELL, M. Pollution, health, and avoidance behavior: evidence from the Ports of Los Angeles. **The Journal of Human Resources**, v. 46(1), p. 154-175, 2011.

MUELLER, N.; WESTERBY, M.; NIEUWENHUIJSEN, M. Health impact assessments of shipping and port-sourced air pollution on a global scale: A scoping literature review. **Environmental Research**, v. 216, n. 114460, 2023.

MURARA, P. G. Técnicas de interpolação para a pesquisa em climatologia regional e agroclimatologia. **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 25, 2021.

NICHOLAS, K.; CAMPBELL, L; PAUL, E.; SKELTIS, G.; WANG, W.; GRAY, C.Climate anomalies and childhood growth in Peru. **Popul Environ**, v. 43(1), p.39-60, 2021.

NOTTEBOOM, T.; PALLIS, A; RODRUIGUE, JP.**Port economics, manegement, policy**. 1ª edição, Routledge, 2022.

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

OLIVEIRA, V. H.; Medeiros, C. N. Regime de chuvas e saúde infantil no estado do Ceará: evidências para os municípios em anos censitários (1991-2010). **Nova Economia**, v.29, p. 307-338, 2019.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE **Década do envelhecimento saudável nas Américas: situação e desafios**. Brasília: OPAS, 2020. Disponível em: https://iris.paho.org/handle/10665.2/52902. Acesso em: 12 abr. 2025.

ORZA, J. A. G.; CABELLO, M.; LIDÓN, V.; MARTÍNEZ, J. Contribution of resuspension to particulate matter inmission levels in SE Spain. **Journal of Arid Environments**, v. 75, n. 6, p. 545–554, 2011.

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

PERDIGUERO, J.; SANZ, A. Cruise activity and pollution: The case of Barcelona. **Transportation Research Part D**, v.78, 2019.

PENG, R. D. *et al.*. Coarse Particulate Matter Air Pollution and Hospital Admissions for Cardiovascular and Respiratory Diseases Among Medicare Patients. **JAMA**, v. 299(18), p.2172-2179, 2008.

PEREDA, P.C.; MENEZES, T. A.; ALVES, D. Impacts of climate change on dengue risk in Brazil. **IDB WORKING PAPER SERIES**, n. IDB-WP-511, 2014.

PÖRTNER, C. C. Natural Hazards and Child Health. **Working Paper UWEC-2010-03**,Department of Economics, University of Washington, Seattle, 2010.

RAITEN, D. J.; AIMONE, A. M. The intersection of climate/environment, food, nutrition and health: crisis and opportunity. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 44, p. 52-62, 2017.

RANGEL, M. A.; VOGL, T. S. Agricultural fires and health at birth. **The Review of Economics and Statistics**, v. 101, n. 4, p. 616-630, 2019.

REDDIGNTON, C. L; BUTT, E. W.; RIDLEY, D. A.; ARTAXO, P.; MORGAN, W. T.; COE, H.; SPRACKLEN, D. V. Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil. **Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil**, v. 8, 2015.

REED, M. W. Port and coastal state control of atmospheric pollution from merchant vessels.**San Diego Journal of Climate & Energy Law**, v. 3, 2012.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. Efeitos das queimadas na saúde humana. **ESTUDOS AVANÇADOS**, v. 16(44), 2002.

RIBEIRO, A. F.; MARQUES, G. R. A. M.; VOLTOLINI, J. C.; CONDINO, M. L. F. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. **Revista Saúde Pública**, v. 40, n. 4, 2006.

RIBEIRO, A. G.; DOWNWARD, G. S.; FREITAS, C. U.; NETO, F. C.; CARDOSO, M. R. A.; LATORRE, M. R. D. O.; HYSTAD, P.; ERMEULEN, R.; NARDOCCI, A. C. Incidence and mortality for respiratory cancer and traffic-related air pollution in São Paulo, Brazil. **Environmental Research**, v. 170, p. 243-251, 2019.

ROCHA, R.; Soares, R. R. Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid. **Journal of Development Economics**, 112, p. 72–91, 2015.

ROSSEL, J. D. The Impact of Climatic Shocks on Child Nutrition in Peru. **YOUNG LIVES STUDENT PAPER**, University of Oxford, 2008.

SANT'ANNA, A. A; ROCHA, R. Impactos dos incêndios relacionados ao desmatamento na Amazônia brasileira sobre saúde. **Instituto de Estudos para Políticas de Saúde**, Nota técnica n. 11, 2020.

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

SANTOS, V. P.; PENELUPPI, A. P. P.; LIMA, T. A. C.; NASCIMENTO, L. F, C. The effect of air pollutants on birth weight in medium-sized towns in the state of São Paulo. **Revista Paulista de Pediatria**, v.32, n. 4, p. 306-312, 2014.

SANTOS-DEGNER, L. A.; PALMEIRA, P. A.; RECINE, E. G. I. G.; PASQUIM, E. M.; SALLES-COSTA, R.; SEGALL-CORRÊA, A. M.; PAIVA, J. B.; NONATO, L. F. T.; SANTOS, S. M. C. Mudanças climáticas, insegurança alimentar e seus impactos na saúde e nutrição infantil no Brasil: proposta de modelo conceitual. **Cardenos de Saúde Pública**, v.41, n. 11, 2025.

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

SCHLENKER, W.; WALKER, W. R. Airports, air pollution, amd contemporaneous health. **The Review of Economic Studies**, v, 83, n. 2, p. 768-809, 2016.

SCHWARTZ, J. Air pollution and childrn's health. **Pediatrics**, v.1113, n. 4, p. 1036-1043, 2004.

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

SILVA, N.J.; SILVA, J.F.M.; CARRILHO, T.R.B.; PINTO, E.J.; ANDRADE, R.C.S.; SILVA, S.A.; .. Qualidade dos dados antropométricos infantis do Sisvan, Brasil, 2008-2017. **Rev Saude Publica**, 57:62, 2023.

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

SKOUFIAS, E.; VINHA, K. Climate variability and child height in rural Mexico. **Economics and Human Biology** , v.10, 2012.

SMITH, L. T.; ARAGÃO, L. E. O. C.; SABEL, C. E.; NAKAYA, T. Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. **Scientific Reports**, v.4, n. 3726, 2014.

SORTE, S; ARANACHALAM, S.; NAESS, B.; SEPPANEN, C.; RODRIGUES, V.; VALENCIA, A.; BORREGO, C.; MONTEIRO, A. Assessment of source contribution to air quality in an urban area close to a harbor: Case-study in Porto, Portugal. **Science of the Total Environment**, v. 662, 2019.

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

SOUZA, A.; FERNANDES, W. A.; PAVÃO, H. G.; LASTORIA, G.; ALBREZ, E. A. Potential impacts of climate variability on respiratory morbidity in children, infants, and adults. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, n. 6, p. 708-715, 2012.

SOUZA, E. C.; COELHO, A. B.; LIMA, J. E.; CUNHA, D. A.; FERES, J. G. Impactos da mudança climática sobre o bem estar relacionado à saúde no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 43, n. 1, 2013.

THIEDE, B. C.; STRUBE, J. Climate variability and child nutrition:Findings from sub-Saharan Africa. **Global Environmental Change**, v. 65, 2020.

TRASANDE, L.; MALECHA, P.; ATTINA, T. M. Particulate matter exposure and preterm birth: estimates of U. S. attributable burden and economic costs. **Environmental Health Perspectives**, v. 124, n. 12, 2016.

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

VIANA, M.; AMATO, F.; ALASTUEY, A.; QUEROL, X.; MORENO, T.; SANTOS, S. G.; HERCE, M. D.; FERNÁNDEZ-PATIER, R. Chemical Tracers of Particulate Emissions from Commercial Shipping. **Environmental Science & Technology**, v. 43, N.19, 2009.

VIANA, M.; RIZZA, V.; TOBÍAS, A.; CARR, E.; CORBETT, J.; SOFIEV, M.; KARANASIOU, A.; BUONANNO, G.; FANN, N. Estimated health impacts from maritime transport in the Mediterranean region and benefits from the use of cleaner fuels. **Environmental International**, v. 138, 2020.

VIGOTTI, M. A.; MATALONI, F.; BRUNI, A.; MINNITI, C.; GIANICOLO, E. A.L. Mortality analysis by neighbourhood in a city with high levels of industrial air pollution. **International Journal of Public Health**, v. 59, N. 4, 2014.

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

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Quantification of the Health effects of exposure to air pollution**, Report of a WHO Working Group, WHO Regional Office for Europe, E74256, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air quality guidelines**, Global update 2005, 2006a.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air Quality Guidelines:Global Update 2005. Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, and Sulfur Dioxide.**, World Health Organization, 2006b.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Child Growth Standards**, World Health Organization, 2006. http://www.who.int/childgrowth/en/.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease.**, World Health Organization, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks.**, World Health Organization, 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **A Malnutrition**, World Health Organization, 2021. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition.

WU, X.; LU, Y.; ZHOU, S.; CHEN, L.; XU, B. Impact of climate change on human infectious diseases: empirical evidence and human adaptation. **Environment International**, v. 86, p. 14-23, 2016.

XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. L. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961-2020). **International Journal of Climatology**, p. 1-15, 2022.

ZANELLA, T. V. NAvios e poluição do ar: um estudo sobre a regulação das emissões atmosféricas por embarcações. **R. Esc. Guerra Nav.**, V. 24, N.2, 2018.

ZANNE, M.; TWRDY, E. The economic analysis of air pollution mitigation measures in ports. **Regional Formation and Development Studies**, V. 33, N.1, 2020.

ZISKA, L. H.; EPSTEIN, P. R.; SCHLESINHER, W. H. Rising CO2, Climate Change, and Public Health: Exploring the Linksto Plant Biology. **Environmental Health Perspectives**, V. 117, N.2, 2009.

ZHAO, Q.; LI, S.; COELHO, M. S. Z. S.; SALDIVA, P. H. N.; HU, K.; ARBLASTER, J. M.; NICHOLLS, N.; HUXLEY, R. R.; ABRAMSON, M. J.; GUO, Y. Geographic, demographic, and temporal variations in the association between heat exposure and hospitalization in Brazil: a nationwide study between 2000 and 2015. **Environmental Health Perspectives**, v. 127, n. 1, 2019.