

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ECONOMIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA APLICADA**

**EDJANE PINTO DOS SANTOS MELLO**

**EFEITOS AMBIENTAIS E CLIMÁTICOS SOBRE AGRAVOS À SAÚDE NO  
BRASIL: UMA ANÁLISE POR BIOMAS (2008-2021)**

**Juiz de Fora  
2026**

**EDJANE PINTO DOS SANTOS MELLO**

**EFEITOS AMBIENTAIS E CLIMÁTICOS SOBRE AGRAVOS À SAÚDE NO  
BRASIL: UMA ANÁLISE POR BIOMAS (2008-2021)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do grau de Mestra em Economia Aplicada.

**Orientador:** Prof. Dr. Weslem Rodrigues Faria

**Juiz de Fora**

**2026**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Mello, Edjane Pinto dos Santos.

Efeitos ambientais e climáticos sobre agravos à saúde no Brasil : uma análise por biomas (2008-2021) / Edjane Pinto dos Santos Mello. -- 2026.

165 p. : il.

Orientador: Weslem Rodrigues Faria

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia, 2026.

1. Desmatamento. 2. Biomas. 3. Doenças. 4. Malária. 5. Dengue. I. Faria, Weslem Rodrigues, orient. II. Título.

**Edjane Pinto dos Santos Mello****Efeitos ambientais e climáticos sobre agravos à saúde no Brasil: uma análise por biomas (2008-2021)**

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

Aprovada em 23 de abril de 2026.

**BANCA EXAMINADORA**

**Dr. Weslem Rodrigues Faria** - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Dr. Admir Antonio Betarelli Júnior**

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Dr. Alexandre Nunes Almeida**

Universidade de São Paulo

Juiz de Fora, 20/04/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Weslem Rodrigues Faria, Professor(a)**, em 23/04/2026, às 15:32, 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 **Admir Antonio Betarelli Junior, Professor(a)**, em 23/04/2026, às 15:33, 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 **Alexandre Nunes de Almeida, Usuário Externo**, em 24/04/2026, às 09:52, 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](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2954387** e o código CRC **02EEEF46**.

---

## AGRADECIMENTOS

Parecia uma jornada solitária, e muitas vezes foi mesmo, mas ao olhar retrospectivamente, percebo que sempre houve pessoas ao meu lado. Por isso, registro aqui minha gratidão.

Primeiro e antes de tudo, agradeço a Deus pelo dom da vida, pelas oportunidades concedidas e por sentir sua mão em todos os momentos bons e, sobretudo, nos mais difíceis, que me fortaleceram para chegar até aqui.

Aos meus pais, Edenilce e João de Jesus (em memória), por todo amor, carinho, cuidado e proteção que moldaram a pessoa que me tornei, assim como minha amada irmã. Em especial, à minha mãe, que continua sendo meu alicerce e me deu suporte para dedicar-me a este trabalho.

Ao meu esposo, Gilvan Levy, companheiro, parceiro e amigo em todos os momentos, e aos meus filhos, Isabelly e João Levy, que são minha maior fonte de alegria. A vocês, por todo apoio, carinho e por estarem ao meu lado, segurando minha mão nos momentos de cansaço e desânimo.

À minha irmã e cunhado, Ediene e Rafael, e aos familiares que estiveram comigo em pensamento e em energia positiva, pelo carinho e incentivo. Aos meus sobrinhos amados, Thomaz e Flávia, pela leveza, alegria e paz que transmitem.

Aos amigos e colegas de trabalho, Eldo, Maria do Carmo, Marcelo, Leopoldo, Márcia, e tantos outros que não mencionei nominalmente, pelo incentivo, parceria e por me lembrarem do meu propósito nos momentos de insegurança.

À SUFRAMA, instituição à qual pertenço com orgulho, pela experiência profissional adquirida e por sua relevância para a economia do estado do Amazonas.

Ao meu orientador, Weslem Faria, pela orientação, ensinamentos, paciência e compreensão ao longo desta jornada. Sua competência, aliada à humildade e postura acessível, contribuiu sobremaneira durante a pesquisa e na elaboração deste trabalho.

Aos professores membros banca, Admir Betarelli e Alexandre Almeida, pelas valiosas contribuições e pelo respeito e cuidado na avaliação deste trabalho.

À Universidade Federal de Juiz de Fora, pela infraestrutura e pelas oportunidades oferecidas ao longo dessa trajetória acadêmica.

Ao Programa de Pós-Graduação de Economia da UFJF, pela excelente experiência proporcionada, tanto acadêmica quanto humana. Agradeço também às equipes de apoio, da

biblioteca e secretaria, Nicolle e Antônio, bem como ao coordenador, Professor Wilson, e aos demais docentes pelos conhecimentos compartilhados, em especial às professoras Rosa e Laura.

Aos colegas do mestrado e do programa, especialmente Ana Lucrecia, Murilo, Filipe Santiago, Sinara e Alessandra, pelo acolhimento e apoio nos momentos de dificuldade.

À CAPES, pelo fomento à ciência no país e pela bolsa concedida, essencial para o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, houve momentos em que tudo pareceu quase impossível. Ainda assim, com fé, apoio e perseverança, deu certo.

*“Aquilo que mais incomoda é o que nos faz querer  
ir além.” (autor desconhecido)*

## RESUMO

O Brasil, país de dimensões continentais, possui extensas áreas de vegetação nativa, das quais aproximadamente 16% foram convertidas para uso antrópico nas últimas quatro décadas. O desmatamento, associado à expansão das atividades econômicas e à urbanização, pode também afetar a saúde da população, gerando custos econômicos relevantes. Nesse contexto, esta dissertação tem como objetivo avaliar o efeito do desmatamento sobre a incidência de doenças zoonóticas selecionadas, respiratórias e acidentes por animais peçonhentos nos municípios brasileiros, considerando a heterogeneidade entre biomas. Para tanto, utilizou-se um painel de dados com informações de 5.565 municípios brasileiros no período de 2008 a 2021, incluindo dados de desmatamento, variáveis climáticas, uso do solo, características socioeconômicas, infraestrutura urbana e indicadores de saúde. A estratégia empírica baseia-se em modelos de dados em painel com efeitos fixos, permitindo controlar por heterogeneidade não observada entre municípios. Os resultados indicam que os efeitos do desmatamento sobre a saúde variam entre os biomas e os tipos de agravos, com associações tanto positivas quanto negativas, a depender do contexto ecológico, das formas de uso e ocupação do solo e das condições socioeconômicas. Observou-se associação positiva entre desmatamento e acidentes com animais peçonhentos na Caatinga, bem como entre desmatamento e internações por doenças respiratórias no Cerrado. Por outro lado, em determinados contextos, especialmente em áreas com maior grau de mecanização agrícola e menor interação com ambientes florestais, verificaram-se associações negativas com parte dos agravos, sugerindo a influência das transformações no uso do solo sobre a dinâmica das doenças. Variáveis climáticas também se mostraram relevantes: a precipitação estaria positivamente associada à incidência de dengue no Cerrado, à doença de Chagas na Amazônia e a acidentes com animais peçonhentos na Mata Atlântica e no Cerrado, enquanto a temperatura apresentaria associação positiva com acidentes com animais peçonhentos no Pampa. De forma geral, os resultados evidenciam que os efeitos ambientais e climáticos sobre saúde não seriam homogêneos no território brasileiro, sendo condicionados por características ecológicas, socioeconômicas e institucionais, bem como pela reorganização dos ecossistemas e pelas formas de interação entre populações humanas e ambientes transformados. Esses achados reforçam a importância de políticas integradas que articulem o controle do desmatamento, a prevenção de incêndios, a expansão do saneamento, a melhoria das condições habitacionais e o fortalecimento da vigilância epidemiológica, especialmente em áreas rurais, periféricas e em novas fronteiras de expansão econômica.

**Palavras-chave:** Desmatamento; Biomas; Doenças; Malária; Dengue; Doença de Chagas; Febre Amarela; Doenças Respiratórias; Acidentes com animais peçonhentos.

## ABSTRACT

Brazil, a country of continental dimensions, encompasses vast areas of native vegetation, of which approximately 16% have been converted to anthropogenic land use over the past four decades. Deforestation, associated with the expansion of economic activities and urbanization, may also affect population health, generating economic costs. In this context, this dissertation aims to assess the effect of deforestation on the incidence of selected vector-borne and respiratory diseases, as well as accidents involving venomous animals, across Brazilian municipalities, considering heterogeneity among biomes. To this end, a panel dataset was constructed comprising information from 5,565 Brazilian municipalities over the period from 2008 to 2021, including data on deforestation, climatic variables, land use, socioeconomic characteristics, urban infrastructure, and health indicators. The empirical strategy is based on panel data models with fixed effects, which allow control for unobserved heterogeneity across municipalities. The results indicate that the effects of deforestation on health vary across biomes and types of health outcomes, with both positive and negative associations depending on the ecological context, land use and land cover patterns, and socioeconomic conditions. A positive association was observed between deforestation and accidents involving venomous animals in the Caatinga, as well as between deforestation and hospitalizations for respiratory diseases in the Cerrado. Conversely, in certain contexts, particularly in areas with higher levels of agricultural mechanization and lower interaction with forest environments, negative associations were found for some outcomes, suggesting the influence of land use changes on disease dynamics. Climatic variables also proved relevant: precipitation is positively associated with dengue incidence in the Cerrado, Chagas disease in the Amazon biome, and accidents involving venomous animals in both the Atlantic Forest and the Cerrado, while temperature would show a positive association with accidents involving venomous animals in the Pampa. Overall, the findings indicate that environmental and climatic effects on health are not homogeneous across the Brazilian territory, as they are conditioned by ecological, socioeconomic, and institutional characteristics, as well as by ecosystem reorganization and the patterns of interaction between human populations and modified environments. These results underscore the importance of integrated policies that combine deforestation control, fire prevention, the expansion of sanitation services, improvements in housing conditions, and the strengthening of epidemiological surveillance, particularly in rural, peripheral areas and in new economic expansion frontiers.

**Keywords:** Deforestation; Biomes; Diseases; Malaria; Dengue; Chagas disease; Yellow Fever; Respiratory Diseases; Accidents involving venomous animals.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> - Desmatamento anual no Brasil (km <sup>2</sup> ), 2008-2021 .....                               | 49 |
| <b>Figura 2</b> - Casos totais anuais das doenças selecionadas, 2008-2021 .....                                  | 50 |
| <b>Figura 3</b> - Desmatamento (km <sup>2</sup> ) e casos de malária por bioma, 2008-2021.....                   | 59 |
| <b>Figura 4</b> - Desmatamento (km <sup>2</sup> ) e casos de dengue por bioma, 2008-2021 .....                   | 72 |
| <b>Figura 5</b> - Casos de dengue no bioma Pampa em anos selecionados (2010, 2013, 2015, 2016, 2019 e 2020)..... | 80 |
| <b>Figura 6</b> - Temperatura média anual por bioma, 2008-2021 .....   | 81 |
| <b>Figura 7</b> - Desmatamento (km <sup>2</sup> ) e casos de doença de Chagas por bioma, 2008-2021 .....         | 82 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| <b>Quadro 1</b> - Evidências empíricas sobre desmatamento e desfechos em saúde ..... | 38 |
|--|----|

## LISTA DE TABELAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabela 1</b> - Descrição das variáveis e respectivas fontes .....                     | 45  |
| <b>Tabela 2</b> - Estatísticas descritivas das variáveis (agregado nacional) .....       | 51  |
| <b>Tabela 3</b> - Sinais esperados das variáveis explicativas.....                       | 58  |
| <b>Tabela 4</b> - Resultados das estimações para malária.....                            | 60  |
| <b>Tabela 5</b> - Resultados das estimações para dengue .....                            | 68  |
| <b>Tabela 6</b> - Resultados das estimações para doença de Chagas .....                  | 83  |
| <b>Tabela 7</b> - Resultados das estimações para agravos à saúde - Brasil.....           | 88  |
| <b>Tabela 8</b> - Resultados das estimações para agravos à saúde - Amazônia.....         | 98  |
| <b>Tabela 9</b> - Resultados das estimações para agravos à saúde - Caatinga.....         | 108 |
| <b>Tabela 10</b> - Resultados das estimações para agravos à saúde - Cerrado .....        | 113 |
| <b>Tabela 11</b> - Resultados das estimações para agravos à saúde - Mata Atlântica ..... | 121 |
| <b>Tabela 12</b> - Resultados das estimações para agravos à saúde - Pampa .....          | 127 |
| <b>Tabela 13</b> - Resultados das estimações para agravos à saúde - Pantanal .....       | 131 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**AOD** – Profundidade óptica de aerossóis

**CID-10** – Classificação Internacional de Doenças

**CLP** – Camada Limite Planetária

**CNES** – Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde

**DATASUS** – Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde

**DENV** – vírus da dengue

**DETER** – Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real

**GEE** – Gases de efeito estufa

**IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IIP** – Índice de Infestação Predial

**IPCA** – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

**MATOPIBA** – Região de fronteira agrícola entre os estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

**Mha** – Milhões de hectares

**MP<sub>2,5</sub> /PM<sub>2,5</sub>** - Material particulado fino

**ODS** – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

**PAM** – Produção Agrícola Municipal

**PIB** – Produto Interno Bruto

**PPCDAm** – Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal

**PPM** – Pesquisa da Pecuária Municipal

**SIDRA** – Sistema IBGE de Recuperação Automática

**SIH/SUS** – Sistema de Informações Hospitalares do SUS

**SINAN** – Sistema de Informação de Agravos de Notificação

**SIVEP-Malária** – Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária

## SUMÁRIO

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO .....   | 16        |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA.....   | 20        |
|   | <b>2.1 Desmatamento e doenças no Brasil .....</b>  | <b>20</b> |
|   | <b>2.2 Evidências empíricas que relacionam o desmatamento aos desfechos de saúde .....</b> | <b>24</b> |
|   | 2.2.1 Malária.....   | 24        |
|   | 2.2.2 Dengue.....  | 26        |
|   | 2.2.3 Doença de Chagas.....  | 29        |
|   | 2.2.4 Febre amarela e leishmaniose .....   | 31        |
|   | 2.2.5 Doenças respiratórias .....  | 33        |
|   | 2.2.6 Acidentes com animais peçonhentos .....  | 35        |
|   | <b>2.3 Síntese das evidências empíricas .....</b>  | <b>36</b> |
| 3 | METODOLOGIA E DADOS .....  | 43        |
|   | <b>3.1 Base de dados e variáveis.....</b>  | <b>43</b> |
|   | <b>3.2 Estatísticas descritivas .....</b>  | <b>48</b> |
|   | <b>3.3 Estratégia empírica .....</b>   | <b>52</b> |
|   | 3.3.1 Modelo geral de dados em painel .....  | 54        |
|   | 3.3.2 Especificação do modelo .....  | 55        |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 59        |
|   | <b>4.1 Malária.....</b>  | <b>59</b> |
|   | 4.1.1 Brasil.....  | 61        |
|   | 4.1.2 Amazônia.....  | 64        |
|   | 4.1.2 Cerrado.....   | 67        |
|   | <b>4.2 Dengue.....</b>   | <b>68</b> |
|   | 4.2.1 Brasil.....  | 69        |
|   | 4.2.2 Amazônia .....   | 73        |
|   | 4.2.3 Caatinga .....   | 74        |
|   | 4.2.4 Cerrado.....   | 76        |
|   | 4.2.4 Mata Atlântica.....  | 77        |
|   | 4.2.5 Pampa.....   | 79        |
|   | 4.2.6 Pantanal.....  | 81        |
|   | <b>4.3 Doença de Chagas .....</b>  | <b>82</b> |
|   | 4.3.1 Amazônia .....   | 83        |
|   | <b>4.4 Outros agravos sensíveis a fatores socioambientais no Brasil.....</b>               | <b>87</b> |
|   | 4.4.1 Brasil.....  | 87        |
|   | 4.4.2 Amazônia .....   | 97        |

|  |     |
|--|-----|
| 4.4.3 Caatinga .....   | 108 |
| 4.4.4 Cerrado.....   | 112 |
| 4.4.5 Mata Atlântica.....  | 120 |
| 4.4.6 Pampa.....   | 127 |
| 4.4.7 Pantanal.....  | 130 |
| 4.4.8 Robustez.....  | 133 |
| 5. CONCLUSÃO .....   | 134 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 137 |
| APÊNDICE A – Estatísticas descritivas - Amazônia .....   | 155 |
| APÊNDICE B – Estatísticas descritivas - Caatinga.....  | 156 |
| APÊNDICE C – Estatísticas descritivas - Cerrado .....  | 157 |
| APÊNDICE D – Estatísticas descritivas - Mata Atlântica .....                                   | 158 |
| APÊNDICE E – Estatísticas descritivas - Pampa .....  | 159 |
| APÊNDICE F – Estatísticas descritivas - Pantanal.....  | 160 |
| APÊNDICE G – Resultados das estimações para malária (2008-2019) .....                          | 161 |
| APÊNDICE H – Resultados das estimações para dengue (2008-2019).....                            | 162 |
| APÊNDICE I – Resultados das estimações para febre amarela e leishmaniose (2008-2019) .....     | 163 |
| APÊNDICE J – Resultados das estimações para doenças respiratórias (2008-2019).....             | 164 |
| APÊNDICE K – Resultados das estimações para acidentes com animais peçonhentos (2008-2019)..... | 165 |

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, país de dimensões continentais, possui cerca de 506 milhões de hectares de florestas (Mapbiomas, 2025b), sendo o segundo maior do mundo em área florestal (BRASIL, 2024). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (2025), o Brasil é composto por seis biomas: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, cada qual com características ecológicas distintas. Essas formações abrangem desde as florestas tropicais úmidas da Amazônia, passando pelas savanas do Cerrado e pelos ambientes semiáridos da Caatinga, até os ecossistemas costeiros e montanhosos da Mata Atlântica, os campos temperados do Pampa e as áreas alagáveis do Pantanal, conferindo ao país singular diversidade ecológica, climática e de formas de vida.

Nos últimos 40 anos (1985 a 2024), aproximadamente 16% do território brasileiro foi convertido de vegetação nativa para uso antrópico, o que corresponde a 111,7 milhões de hectares (Mha). Essa área encontra-se distribuída da seguinte forma: Amazônia (52,1 Mha), Cerrado (40,5 Mha), seguidos da Caatinga (9,2 Mha), Mata Atlântica (4,4 Mha), Pampa (3,8 Mha) e Pantanal (1,7 Mha), sendo a conversão predominantemente associada às atividades pecuárias e agrícolas (MapBiomas, 2025b). Essas transformações territoriais refletem a crescente pressão por *commodities* agrícolas e a expansão da fronteira produtiva sobre áreas naturais (Fearnside, 2005; Arraes; Mariano; Simonassi, 2012; Borma *et al.*, 2022; Campoli; Stivali, 2023).

O desmatamento e a consequente perda de biodiversidade são temas centrais amplamente discutidos na literatura sob diferentes perspectivas, incluindo a investigação de suas causas e forças motrizes, os impactos sobre os serviços ecossistêmicos, os efeitos sobre a saúde e as zoonoses, bem como a avaliação da eficácia das políticas e governança ambiental (Arraes; Mariano; Simonassi, 2012; Ellwanger *et al.*, 2020; Borma *et al.*, 2022). Assim, a preservação da biodiversidade está associada não apenas ao sequestro de carbono, mas também à provisão de uma ampla gama de serviços ecossistêmicos fundamentais, tais como a regulação do clima, dos recursos hídricos, da fertilidade do solo, da saúde humana e a manutenção da diversidade biológica (Alho, 2012; Ellwanger *et al.*, 2020; Borma *et al.*, 2022; Campoli; Stivali, 2023).

As consequências do desmatamento sobre a saúde humana podem ocorrer por três mecanismos principais: (i) redução do controle natural dos vetores<sup>1</sup> de doenças, ou seja, com o desmatamento ocorre também perda da biodiversidade animal, o que por sua vez leva à redução ou mesmo desaparecimento de predadores dos vetores, que por consequência aumenta a abundância de espécies transmissoras; (ii) maior aproximação entre humanos, animais e vetores, antes mais restritos a ambientes silvestres, seja pela busca de refúgio dos animais ou pela migração humana para áreas desmatadas; e (iii) criação de novos *habitats* e a adaptação de vetores às novas condições ambientais, resultando em uma reconfiguração ecológica, abertura de novos nichos e mudanças nos equilíbrios epidemiológicos (Ellwanger *et al.*, 2020). Tais mecanismos se traduzem em diferentes grupos de agravos e doenças sensíveis ao ambiente: infecciosas, vetoriais (doenças transmitidas por artrópodes, como mosquitos e flebotomíneos), fúngicas, além de doenças respiratórias ocasionadas pela emissão de material particulado (PM<sub>2.5</sub>) decorrentes de queimadas associadas ao desmatamento e daquelas associadas à água e ao saneamento (Ellwanger *et al.*, 2020).

No contexto brasileiro, observa-se uma prevalência de estudos que investigam a relação entre o desmatamento e a incidência de malária na Amazônia e sobre a incidência de dengue também em estados fora da Amazônia (e.g. Santos, 2017; Tucker Lima *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2022). Paralelamente, há trabalhos que mensuraram os custos de doenças sensíveis ao ambiente, sem necessariamente realizarem análises causais, quais permitem dimensionar a carga financeira ao Sistema Único de Saúde (SUS). Os custos ao SUS com a malária, por exemplo, foram estimados em US\$ 106,47 milhões em 2019, considerando ações de controle e prevenção, recursos humanos, diagnósticos e tratamentos, sem incluir os custos indiretos, como perda de produtividade ou mortalidade, nem as despesas diretas individuais (Andrade *et al.*, 2024). No caso da dengue, a estimativa, na perspectiva social, foi de US\$ 468 milhões, enquanto o custo direto ao SUS foi de US\$ 164 milhões, durante o período epidêmico de 2012-2013, também sem considerar as subnotificações (Martelli *et al.*, 2015). Para acidentes ofídicos na Amazônia brasileira, o custo estimado ao SUS foi de aproximadamente US\$ 3,12 milhões e quando somados os custos associados a óbitos, perda de produtividade por ausência ao trabalho e despesas diretas dos pacientes, esse valor alcançou cerca de US\$ 8 milhões em 2015 (Magalhães *et al.*, 2019).

---

<sup>1</sup> Vetores são organismos vivos, em geral insetos hematófagos, que ingerem microrganismos causadores de doenças durante a alimentação sanguínea de um hospedeiro infectado (humano ou animal) e, posteriormente, os transmitem para um novo hospedeiro, após a replicação do patógeno (Obradovic *et al.*, 2022).

Corrêa (2024) estimou um custo médio anual para o SUS de aproximadamente R\$ 2,5 bilhões, associado às internações por doenças cardiorrespiratórias ligadas ao desmatamento, via emissão de PM<sub>2.5</sub> (material particulado fino com diâmetro inferior a 2,5 µm, associado a doenças cardiorrespiratórias) liberado pelos incêndios nas regiões da Amazônia e do Cerrado setentrional, no período de 2010 a 2021. Ao estimar o custo por hectare queimado na Amazônia, Prist *et al.* (2023) encontraram uma média de US\$ 2.112.595/ha, considerando internações por doenças respiratórias, cardiovasculares e infecciosas associadas ao PM<sub>2.5</sub>.

Saccaro, Mation e Sakowski (2015) ao analisarem o impacto do desmatamento sobre a incidência de malária, dengue, doença de Chagas, esquistossomose, leptospirose, leishmaniose visceral e tegumentar, febre tifoide, acidentes por animais peçonhentos, sarampo e rubéola, especificamente na Amazônia, encontraram efeito positivo apenas para malária, leishmaniose e acidentes com animais peçonhentos, evidenciando que o aumento do desmatamento pode impactar no aumento desses desfechos de saúde. Outros trabalhos com resultados mais convergentes entre si são os que avaliaram o efeito dos incêndios sobre doenças respiratórias (e.g. Carmo *et al.*, 2010; Ignotti *et al.*, 2010; Requía *et al.*, 2023; Bento *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, propõe-se um estudo abrangente que contemple a totalidade dos municípios brasileiros para avaliar o impacto do desmatamento, no período de 2008 a 2021, sobre a incidência de malária, dengue, doença de Chagas, leishmaniose, febre amarela, agravos por doenças respiratórias e por acidentes com animais peçonhentos. Esses agravos foram selecionados por apresentarem evidências na literatura de sensibilidade a alterações ambientais e por possuírem dados sistematicamente registrados no Sistema Único de Saúde (SUS).

A análise considera os municípios brasileiros como unidade de observação e incorpora a heterogeneidade entre os biomas, reconhecendo que diferenças ecológicas, climáticas, socioeconômicas e de infraestrutura podem influenciar a relação entre desmatamento e saúde. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo avaliar o efeito do desmatamento sobre a incidência de doenças zoonóticas selecionadas, de doenças respiratórias e de acidentes com animais peçonhentos nos municípios brasileiros, considerando a heterogeneidade entre os biomas.

Considerar essa heterogeneidade regional permite avançar em relação à literatura existente, que, em geral, concentra-se em recortes geográficos específicos ou adota abordagens agregadas que pouco exploram variações intranacionais. Nesse contexto, a principal contribuição desta dissertação consiste em analisar, em escala nacional, os efeitos do desmatamento sobre diferentes desfechos de saúde, considerando as especificidades ecológicas e socioeconômicas dos biomas brasileiros. Ao incorporar uma perspectiva de abrangência

nacional e captar diferenças espaciais entre biomas, este estudo possibilita compreender de forma mais precisa como o desmatamento se relaciona de maneira desigual no território brasileiro, evidenciando dinâmicas que permanecem desconhecidas em análises mais restritas ou homogêneas. Para tanto, utilizou-se um modelo econométrico de painel com efeitos fixos, adequado para explorar variações temporais e espaciais entre os municípios no período analisado.

Nesse contexto, a pesquisa é orientada pela seguinte pergunta: o desmatamento impacta a incidência de doenças da mesma forma entre os diferentes biomas brasileiros ou seus efeitos variam conforme características ecológicas e socioeconômicas locais?

Além desta introdução, a dissertação está estruturada da seguinte forma: Capítulo 2, que apresenta a revisão da literatura, abordando os determinantes históricos e estruturais do desmatamento, a caracterização dos desfechos em saúde e os mecanismos plausíveis que conectam alterações ambientais aos agravos analisados; Capítulo 3, que descreve as bases de dados e a metodologia adotada; Capítulo 4, que apresenta os resultados e a discussão; e Capítulo 5, que contém as conclusões do trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Desmatamento e doenças no Brasil

O desmatamento corresponde à conversão de áreas de vegetação natural em usos antrópicos da terra, como pastagens, agricultura, áreas urbanas e plantações (Caballero *et al.*, 2023). No Brasil, fatores como a expansão agropecuária, exploração madeireira e mineração intensificam a pressão sobre os ecossistemas (Fearnside, 2005). Em 2020, cerca de 48% das áreas desmatadas foram convertidas em pastagem, 9% em lavouras de soja e outros 16% em outras culturas agrícolas (Caballero *et al.*, 2023). Essas causas diretas são impulsionadas por forças econômicas e institucionais mais amplas, entre elas o mercado de *commodities* (Macedo *et al.*, 2012), a valorização da terra e os incentivos fiscais e creditícios oferecidos durante as décadas de 1970 e 1980 (Arraes; Mariano; Simonassi, 2012; Guimarães *et al.*, 2023), além de mecanismos ilegais de capitalização, como a lavagem de recursos em atividades agropecuárias na Amazônia (Fearnside, 2005).

O desmatamento no Brasil é historicamente marcado por fases distintas, inicialmente com incentivos governamentais e políticas de integração territorial da Amazônia, nas décadas de 1960 a 1980, tais como o Estatuto da Terra (1964) e a abertura da Rodovia Transamazônica (1970), voltados à ocupação da região e ao estímulo à exploração econômica (Fearnside, 2005; Arraes; Mariano; Simonassi, 2012; Reydon *et al.*, 2023). Já na década de 1990, o desmatamento foi impulsionado pela influência dos mercados globais, elevando a demanda internacional por soja e carne bovina nos anos 2000, somado ao sucesso do Plano Real (1994), que acabou por reativar o crédito rural. Esse conjunto de fatores resultou em uma maior taxa de desmatamento em 1995 (Fearnside, 2005; Arraes; Mariano; Simonassi, 2012). Nos anos seguintes, os programas Avança Brasil (2000-2007) e seu sucessor Plano Plurianual (PPA 2004-2007), que previam grandes investimentos em infraestrutura voltados ao escoamento da produção de soja, continuaram a acelerar a dinâmica do desmatamento (Fearnside, 2005).

Em resposta a essa aceleração do desmatamento, o governo federal lançou, em 2004, o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), um marco das políticas ambientais brasileiras, por integrar a fiscalização do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) ao monitoramento remoto pelo Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER). A efetividade do programa também se deve ao esforço institucional e legal, materializado nos Decretos nº 6.321/2007 e nº 6.514/2008, que estabeleceram a lista de municípios prioritários e ampliaram

as sanções ambientais (Assunção; Gandour; Rocha, 2013), além de iniciativas privadas, como a Moratória da Soja (2006) e os Acordos da Pecuária (2009), liderados pela indústria, que passaram a excluir *commodities* produzidas em áreas desmatadas ilegalmente (Macedo *et al.*, 2012).

A partir de 2014, contudo, a taxa de desmatamento voltou a crescer, alcançando mais de 10.000 km<sup>2</sup> em 2021 (Reydon *et al.*, 2023). Esse avanço associou-se ao Novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) (Luiz; Steinke, 2022; Reydon *et al.*, 2023), bem como, segundo Luiz e Steinke (2022), à ascensão de uma agenda conservadora a partir de 2014, associada à instabilidade política que culminou no impeachment da presidenta Dilma em 2016 e ao fortalecimento da Frente Parlamentar da Agropecuária no Congresso Nacional. Adicionalmente, ocorreu fragilização institucional decorrentes de cortes orçamentários em agências ambientais, como o IBAMA e o ICMBio (Luiz; Steinke, 2022; Reydon *et al.*, 2023).

Nesse período, o desmatamento avançou sobretudo nas fronteiras Amazônia-Cerrado e MATOPIBA, apresentando, no entanto, padrões diferenciados entre os biomas: na Amazônia, predominou a conversão de floresta em pastagem e lavouras de soja (Macedo *et al.*, 2012; Caballero *et al.*, 2023); no Cerrado, aproximadamente 46% de sua área total foi convertida para pastagem, soja e outras culturas agrícolas, até o ano de 2020 (Caballero *et al.*, 2023); no Pantanal, entre 1985 a 2020, a área de pastagem cresceu em média 483 km<sup>2</sup> por ano; no Pampa, observou-se intensificação agrícola, com parte das áreas de pastagem substituídas por lavouras de soja e arroz; na Caatinga, o desmatamento manteve-se relativamente estável entre 2003 a 2020, compensado pela regeneração da vegetação e pela conversão de parte das pastagens em lavouras (Caballero *et al.*, 2023); na Mata Atlântica, de 2010 a 2020, o desmatamento esteve associado à pecuária e à expansão de lavouras temporárias (Guimarães *et al.*, 2023). Para o ano de 2020, Caballero *et al.* (2023) identificaram processos de regeneração da vegetação natural ao longo das fronteiras da Mata Atlântica com os biomas Caatinga e Cerrado, especialmente em Minas Gerais e Bahia.

A literatura indica que os impactos do desmatamento se manifestam em múltiplas dimensões: destruição dos habitats e a consequente aceleração da extinção de espécies (Fearnside, 2005; Alho, 2012; Ellwanger *et al.*, 2020; Lapola *et al.*, 2023); no declínio dos serviços ecossistêmicos, incluindo a fertilidade do solo e a regulação hídrica (Alho, 2012; Borma *et al.*, 2022; Caballero *et al.*, 2023; Lapola *et al.*, 2023); e no aumento das emissões de carbono, que intensificam as mudanças climáticas (Fearnside, 2005; Arraes *et al.*, 2012; Nobre *et al.*, 2016; Lapola *et al.*, 2023). Esses processos ampliam a vulnerabilidade ambiental,

elevando a frequência e a gravidade de inundações, secas e incêndios florestais (Nobre *et al.*, 2016; Borma *et al.*, 2022; Lapola *et al.*, 2023). Tais ameaças interdependentes demonstram que o desmatamento ultrapassa a esfera estritamente ambiental, configurando-se como um desafio sistêmico para a estabilidade dos ecossistemas e para o bem-estar humano.

Entre as implicações para o bem-estar humano, destaca-se o aumento do risco de doenças, especialmente as transmitidas por vetores e zoonóticas, que representam ameaças diretas à saúde humana (Alho, 2012; Saccaro; Mation; Sakowski, 2015; Ellwanger *et al.*, 2020; Lapola *et al.*, 2023). A relação entre o desmatamento e doenças vetoriais, respiratórias e acidentes por animais peçonhentos constitui, portanto, o foco da avaliação deste estudo.

Malária, dengue e febre amarela são doenças infecciosas transmitidas aos humanos pela picada de fêmea de mosquitos. No caso da malária, o vetor pertence ao gênero *Anopheles* e a transmissão ocorre quando a fêmea está infectada por protozoários do gênero *Plasmodium* (BRASIL, 2025k). A dengue é transmitida principalmente pelo mosquito *Aedes aegypti*, vetor também responsável pela transmissão urbana da febre amarela (BRASIL, 2025f). No âmbito da Classificação Internacional de Doenças (CID-10)<sup>2</sup>, essas enfermidades são classificadas, respectivamente, nos códigos B50–B53 (malária), A90–A91 (dengue) e A95 (febre amarela)

A leishmaniose é transmitida pela fêmea de flebotomíneos infectados por protozoários do gênero *Leishmania*. A doença apresenta duas formas principais: a tegumentar (ou cutânea), causada por sete espécies do parasita, com destaque para *Leishmania (Leishmania) amazonensis*, *Leishmania (Viannia) guyanensis* e *L. (V.) braziliensis*; e a visceral, de evolução crônica e sistêmica, potencialmente fatal em até 90% dos casos não tratados. No Brasil, o principal vetor é a *Lutzomyia longipalpis* (BRASIL, 2025i, 2025j; FIOCRUZ, 2022). Na CID-10, a leishmaniose está classificada no código B55, com subdivisões conforme a forma clínica. A doença de Chagas, também denominada tripanossomíase americana, é uma infecção causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi*. A transmissão vetorial ocorre quando as fezes de triatomíneos infectados (barbeiros) entram em contato com a pele ou mucosa lesadas após o repasto sanguíneo; o parasita não é inoculado pela picada. Também pode ser causada por transmissão oral, pela ingestão de alimentos contaminados; acidental, pelo contato de feridas ou mucosas com material contaminado; e de forma vertical, da mãe para o bebê durante a gestação ou parto (BRASIL, 2025g). Na CID-10, a doença de Chagas está classificada no código B57, incluindo suas formas aguda e crônica.

---

<sup>2</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *ICD-10 Browser (Version 2019) — Chapter X: Diseases of the respiratory system (J00–J99)*. Disponível em: <https://icd.who.int/browse10/2019/en#/J00-J99>. Acesso em: 18 set. 2025.

A febre amarela apresentou surtos relevantes no Brasil, com destaque para o Rio de Janeiro em 1850, no qual foram registradas mais de quatro mil mortes (Wilke *et al.*, 2025) e episódios urbanos entre 1935 e 1940 (Adorno *et al.*, 2022). A partir de 1937, teve início a vacinação contra a febre amarela, que somado às campanhas e controles contra o vetor, reduziram a transmissão urbana da doença, mantendo o ciclo silvestre (Wilke *et al.*, 2025). No entanto, mais recentemente, o vírus reemergiu em 2014 no Centro-Oeste e espalhou-se para outras áreas do país, incluindo o Sudeste entre 2016 e 2019 (Wilke *et al.*, 2025). Na Amazônia, o ciclo silvestre é mantido pelos mosquitos *Haemagogus* e *Sabethes*, constituindo uma fonte endêmica e persistente do vírus (Ellwanger *et al.*, 2020; Wilke *et al.*, 2025).

Para a dengue, observa-se maior capilaridade de casos no território nacional. Já a malária apresenta transmissão concentrada na Amazônia Legal, responsável por cerca de 99% das notificações, refletindo condições ambientais e socioeconômicas favoráveis (Carlos *et al.*, 2019). Fora da Amazônia, persistem sistemas de baixa intensidade na Mata Atlântica, a chamada “malária de bromélia”, associada aos mosquitos pertencentes ao subgênero *Kerteszia*, notadamente *Anopheles cruzii* e *Bellator*, que utilizam água retida nas bromélias como habitats reprodutivos; e em zonas costeiras, com episódios relacionados a *Anopheles aquasalis*, especialmente em áreas salobras e manguezais e litoral da Região Nordeste e Sudeste (Carlos *et al.*, 2019).

Além das doenças vetoriais, efeitos indiretos do desmatamento podem estar relacionados com a incidência de doenças respiratórias e acidentes com animais peçonhentos. As doenças respiratórias são aquelas definidas pelos códigos da Classificação Internacional de Doenças, 10<sup>a</sup> Revisão (CID-10), que abrange uma ampla gama de patologias que afetam as vias aéreas e as estruturas pulmonares (códigos J00–J99).<sup>3</sup> A literatura relaciona consistentemente a piora da qualidade do ar, principalmente por material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) proveniente de queimadas, ao aumento de internações e da mortalidade por causas respiratórias, em especial entre populações vulneráveis (Carmo *et al.*, 2010; Ignotti *et al.*, 2010; Bento *et al.*, 2024; Damm *et al.*, 2024).

---

<sup>3</sup> CID-10, Capítulo X (J00–J99) — Doenças do aparelho respiratório: J00–J06 (infecções agudas das vias aéreas superiores); J09–J18 (influenza e pneumonia); J20–J22 (outras infecções agudas das vias aéreas inferiores); J30–J39 (outras doenças das vias aéreas superiores); J40–J47 (doenças crônicas das vias aéreas inferiores); J60–J70 (doenças pulmonares devidas a agentes externos); J80–J84 (outras doenças respiratórias que afetam principalmente o interstício); J85–J86 (afecções necróticas e supurativas das vias aéreas inferiores); J90–J94 (outras doenças da pleura); J95–J99 (outras doenças do aparelho respiratório). Fonte: WHO (2019). Disponível em: <https://icd.who.int/browse10/2019/en#/J00-J99>. Acesso em: 18 set. 2025.

Acidentes com animais peçonhentos, entendidos como eventos de envenenamento por inoculação de veneno, tendem a aumentar em contextos de desmatamento. No Brasil, entre 2001 e 2012, foram registrados 1.192.667 acidentes peçonhentos terrestres e 2.664 óbitos, com maior letalidade associada a serpentes (0,43%), seguidas por picadas de abelhas (0,33%) (Chippaux, 2015). Esses agravos distribuem-se de forma heterogênea no Brasil, com o escorpionismo concentrando-se nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia e Pernambuco, em áreas de transição entre Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga; acidentes com aranhas são mais incidentes na Região Sul; e acidentes ofídicos predominam na Amazônia (Moraes *et al.*, 2021). Na CID-10, os acidentes com animais peçonhentos estão classificados nos códigos X20-X79.

## **2.2 Evidências empíricas que relacionam o desmatamento aos desfechos de saúde**

A literatura que investiga a relação entre desmatamento e desfechos de saúde apresenta resultados heterogêneos, variando conforme o tipo de agravo analisado, o contexto ecológico e a abordagem metodológica adotada. Alterações no uso da terra podem modificar habitats vetoriais, alterar padrões de contato entre humanos e fauna silvestre e influenciar a dinâmica climática local, afetando a incidência de diferentes doenças sensíveis ao ambiente (Alho, 2012; Ellwanger *et al.*, 2020; Borma *et al.*, 2022; Caballero *et al.*, 2022).

### **2.2.1 Malária**

A relação entre desmatamento e incidência de malária apresenta resultados divergentes. Valle e Clark (2013) sugerem que o desmatamento pode reduzir a transmissão da malária ao afastar populações humanas das franjas florestais e ao degradar os habitats favoráveis aos vetores. Contudo, a maioria dos estudos aponta para um efeito oposto, indicando que o desmatamento aumenta o risco de malária (Saccaro; Mation; Sakowski, 2015; Santos, 2017; Santos; Almeida, 2018; Arisco *et al.*, 2024).

Em estudo estratificado por estado da Amazônia, Arisco *et al.* (2024) observaram que, nas unidades federativas com maior cobertura florestal, o desmatamento apresentou associação positiva com a incidência de malária. Em estados mais antropizados, entretanto, os resultados foram fracos ou não significativos, indicando que o efeito do desmatamento pode variar conforme o estágio de transformação da paisagem. Esses resultados refletem a complexidade da relação entre desmatamento e malária, que depende do contexto ecológico e das condições locais.

Para MacDonald e Mordecai (2019), a expansão populacional sobre florestas primárias tende, em média, a intensificar a transmissão da malária, especialmente nos estágios iniciais do desmatamento, quando áreas alagadas e parcialmente sombreadas funcionam como habitats ideais para criadouros do vetor. De modo semelhante, Santos (2017) mostrou que o desmatamento inicial estaria associado ao aumento da incidência da doença, mas que, em níveis muito elevados de desmatamento ( $> 425 \text{ km}^2$ ), esse efeito poderia se inverter, possivelmente pela degradação excessiva dos ecossistemas. Saccaro, Mation e Sakowski (2015) e Guimarães *et al.* (2016) encontraram evidências de que tanto o desmatamento contemporâneo quanto o defasado influenciariam a incidência da malária.

Outros fatores ambientais e socioeconômicos também modulam esses efeitos. Bauch *et al.* (2015) destacaram o papel de estradas, queimadas, mineração e criação de áreas de uso sustentável, associadas ao aumento da incidência da doença, enquanto áreas de proteção estrita se associariam à redução dos casos. De forma semelhante, Valle e Clark (2013) observaram que municípios próximos a áreas protegidas apresentariam maior incidência, evidenciando a ambivalência dos esforços conservacionistas sobre a dinâmica epidemiológica.

Além das transformações no uso da terra, fatores climáticos podem desempenhar papel central na dinâmica de transmissão da malária. Lopes *et al.* (2019), em estudo para a cidade de Itaituba/PA, apontaram que o período de maior transmissão da malária ocorreria durante a estação seca, no verão amazônico (junho a novembro), enquanto o declínio da incidência ocorreria no período de maior precipitação (dezembro a maio). Esse padrão também foi documentado por Barros *et al.* (2011) que mostraram que as densidades de mosquitos *Anopheles*, transmissores da malária, aumentariam progressivamente durante a estação seca. De forma consistente, MacDonald e Mordecai (2019) destacaram que a maioria dos casos de malária na Amazônia ocorre nesse mesmo período, relacionando-se positivamente com o aumento da precipitação durante a estação seca. A precipitação influenciaria a disponibilidade de criadouros ao formar poças e corpos d'água; entretanto, chuvas intensas poderiam arrastar larvas e reduzir a população imatura (Barros *et al.*, 2011). Assim, o efeito da chuva variaria conforme a estação e o contexto local.

MacDonald e Mordecai (2019) identificaram uma relação unimodal entre temperatura e transmissão da malária, com faixa ótima entre  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $26 \text{ }^\circ\text{C}$  e pico próximo de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , além de reduções na transmissão abaixo de  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  e acima de  $28 \text{ }^\circ\text{C}$ . Santos e Almeida (2018) também confirmam o impacto positivo da temperatura, embora não tenham encontrado relação

estatística significativa para a precipitação. Essa dinâmica reflete o desenvolvimento mais eficiente do ciclo de vida do vetor em temperaturas intermediárias.

No campo metodológico, há consenso crescente sobre a necessidade de incorporar variáveis climáticas, demográficas, socioeconômicas e de infraestrutura de saúde como controles nos modelos empíricos. A literatura mostra que temperatura, precipitação, proporção de população rural, mobilidade populacional, condições de habitação e a disponibilidade de médicos afetam tanto a dinâmica do vetor quanto a detecção da doença (Valle; Tucker Lima, 2014; Bauch *et al.*, 2015; Saccaro; Mation; Sakowski, 2015; Terrazas *et al.*, 2015). Ademais, fatores socioeconômicos, como o IDHM, PIB per capita, níveis de pobreza e a presença de políticas de transferência de renda, são frequentemente utilizados como variáveis de controle para isolar efeitos diretos ou captar canais indiretos, pelos quais o desmatamento pode impactar a saúde (Achcar *et al.*, 2011; Saccaro; Mation; Sakowski, 2015).

Quanto aos modelos econométricos utilizados, observa-se o predomínio de modelos de contagem, como o modelo de Poisson empregado por Saccaro, Mation e Sakowski (2015), bem como de modelos de econometria espacial, como adotado por Santos (2017), além de abordagens bayesianas e espaço-temporais. Arisco *et al.* (2024), por exemplo, aplicaram um modelo bayesiano espaço-temporal com dados mensais e encontraram evidências de que o desmatamento defasado exerce efeito positivo sobre a incidência de malária, indicando o caráter dinâmico dessa relação. Por sua vez, Chaves *et al.* (2020) ao utilizarem uma matriz insumo-produto multirregional, ampliaram o debate para a escala global, demonstrando que o consumo internacional de *commodities* associadas ao desmatamento, como cacau e madeira, pode influenciar indiretamente o risco de malária em países tropicais exportadores.

De modo geral, a literatura converge para três pontos principais. Primeiro, o efeito do desmatamento sobre a malária não é unívoco, variando conforme estágio da abertura da floresta, a escala de análise e contexto local. Segundo, fatores climáticos, sociais e de infraestrutura de saúde interagem com o desmatamento, modulando sua influência na dinâmica do vetor. Terceiro, as diferentes abordagens metodológicas contribuem para a diversidade de resultados observados na literatura.

### 2.2.2 Dengue

No contexto da dengue, a urbanização desordenada, o crescimento populacional e variáveis climáticas são amplamente reconhecidos como fatores que intensificam a transmissão da doença. Diferentemente do vetor da malária, o *Aedes aegypti* apresenta elevada adaptação

ao ambiente urbano, utilizando recipientes artificiais e microclimas criados pela urbanização como locais de proliferação (Kalbus *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022; Khan *et al.*, 2023).

No que se refere ao desmatamento, as evidências empíricas apontam resultados distintos. Na Amazônia Legal, Saccaro, Mation e Sakowski (2015) não identificaram associação estatisticamente significativa entre desmatamento e dengue, atribuindo esse resultado à natureza predominantemente urbana do vetor. De forma semelhante, Kalbus *et al.* (2021) ao analisarem áreas rurais do Amazonas entre 2007 e 2017, observaram aumentos paralelos de desmatamento e casos de dengue, porém sem correlação estatística direta. Para o estado do Pará, no período de 2010 a 2024, Silva *et al.* (2025) também não encontraram efeito direto do desmatamento. No entanto, componentes latentes que sintetizam variáveis climáticas, como temperatura e precipitação, combinadas a indicadores de vulnerabilidade social mostraram-se associados à incidência da doença.

Por outro lado, há contextos em que a associação entre desmatamento e dengue se mostra mais evidente. No Tocantins, Marinho *et al.* (2022) mostraram que desmatamento, variações na temperatura e eventos climáticos associados aos fenômenos El Niño e La Niña coincidiram com picos de incidência da doença entre 2010 e 2012 (La Niña) e novamente em 2019 (El Niño). Evidências internacionais também apontam resultados semelhantes. Na Colômbia, a perda de cobertura vegetal (NDVI), temperaturas elevadas e baixa precipitação estiveram associadas à maior ocorrência de dengue (Meza-Ballesta; Gónima, 2014). No México, Galeana-Pizaña *et al.* (2024) também encontraram associação positiva entre perda florestal e risco relativo de dengue, destacando a temperatura como a variável mais sensível do modelo. Em contrapartida, em Taiwan, Huang *et al.* (2018) identificaram associação positiva entre a presença de pequenos parques urbanos e a incidência de dengue, enquanto áreas florestais, fazendas e pastagens apresentaram efeito protetor, indicando que diferentes tipos de uso e cobertura vegetal podem influenciar a dinâmica da doença.

A temperatura é reconhecida como um fator ambiental-chave que regula a biologia das doenças transmitidas por vetores, sendo determinante para a dinâmica da propagação da dengue (Mordecai *et al.*, 2019; Barcellos *et al.*, 2024). Mordecai *et al.* (2019) estimaram que a temperatura ótima para a transmissão da doença situa-se em torno de 29,1 °C, com intervalo de credibilidade entre 28,4 °C a 29,8 °C. Segundo a modelagem desses autores, a transmissão do vírus torna-se inviável em limites térmicos extremos, com redução drástica da viabilidade abaixo de 17,8 °C e acima de 34,5 °C.

Além das condições climáticas, fatores socioeconômicos e de infraestrutura urbana também podem influenciar a incidência da doença. Variáveis como PIB per capita e renda teriam associação positiva com a dengue, conforme evidenciado por Magalhães *et al.* (2023) e Silva *et al.* (2023). Embora níveis mais elevados de renda possam indicar maior capacidade de investimento em infraestrutura de saúde, a transmissão tende a ser mais sustentada em ambientes urbanos densamente povoados (Magalhães *et al.*, 2023). Ademais, a maior renda municipal nem sempre se traduz em redução do risco da doença, uma vez que desigualdades socioeconômicas persistentes podem manter condições favoráveis à proliferação do vetor (Silva *et al.*, 2023).

A densidade populacional apresenta resultados ambíguos. Por um lado, associações positivas sugerem maior facilidade de transmissão em razão da maior concentração de indivíduos suscetíveis (Honorato *et al.*, 2014). Por outro, há evidências de que a alta densidade pode estar associada a uma melhor oferta de serviços públicos, como abastecimento regular de água, o que reduz o armazenamento doméstico e, conseqüentemente, a formação de criadouros (Silva *et al.*, 2020; Cunha *et al.*, 2021).

Aspectos de vulnerabilidade social também são frequentemente associados à maior incidência da doença. O analfabetismo e a baixa escolaridade podem limitar a adoção de medidas preventivas individuais, o que, combinado com infraestrutura urbana precária, contribui para a manutenção da transmissão (Silva *et al.*, 2025). No que se refere à infraestrutura urbana, a ausência de saneamento básico, a falta de rede de esgoto e o fornecimento irregular de água encanada são frequentemente associados ao aumento da incidência da dengue (Cunha *et al.*, 2021). Em particular, a falta ou irregularidade no abastecimento de água pode levar ao armazenamento doméstico inadequado, contribuindo para a formação de criadouros do vetor (Magalhães *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2025). Contudo, algumas evidências indicam relações inversas entre essas variáveis e a incidência da doença, como observado no estado da Paraíba, possivelmente em razão da escala de agregação dos dados ou do fato de que a existência de ligação à rede não garante a regularidade do serviço (Silva *et al.*, 2020).

Além disso, quanto ao papel da vigilância epidemiológica na notificação dos casos, Kalbus *et al.* (2021) identificaram que o acesso aos serviços de saúde foi o principal preditor dos casos na Amazônia, sugerindo que áreas com melhor infraestrutura de saúde apresentam maior capacidade de detecção e registro da doença.

Por fim, fatores epidemiológicos também influenciam a dinâmica da doença. A circulação prévia do vírus e os mecanismos de imunidade de rebanho e imunidade cruzada entre

sorotipos desempenham papel importante na dinâmica temporal da dengue. Barcellos *et al.* (2024) destacaram que a circulação prévia do vírus foi um dos principais fatores associados ao aumento da dengue no Brasil em anos subsequentes, uma vez que, após a introdução do vírus e do vetor em determinada região, o retorno a níveis de transmissão próximos de zero torna-se improvável. Por outro lado, García-Carreras *et al.* (2022) mostraram que a imunidade cruzada temporária entre sorotipos pode gerar ciclos multianuais de epidemias, criando um mecanismo de retroalimentação no qual períodos de alta transmissão são seguidos por reduções temporárias decorrentes da proteção imunológica da população.

De modo geral, os estudos indicam que, diferentemente da malária, o desmatamento tende a atuar de forma indireta na dinâmica da dengue, sendo mediado por processos de urbanização, alterações microclimáticas e condições socioeconômicas que influenciam a proliferação do vetor e a exposição da população.

### 2.2.3 Doença de Chagas

A literatura empírica indica que a ocorrência da doença de Chagas estaria associada à interação entre fatores ambientais e climáticos, mudanças no uso do solo e determinantes socioeconômicos, que influenciam tanto a dinâmica ecológica dos vetores quanto o grau de exposição das populações humanas (Viana; Freitas; Giatti, 2016; Assis; Lima; Campos, 2022; Cabral *et al.*, 2023).

No que se refere às alterações na paisagem, o desmatamento pode favorecer a dinâmica de transmissão da doença ao modificar habitats naturais e aproximar vetores, reservatórios silvestres e populações humanas. Evidências para a Amazônia mostram associação positiva entre expansão da área desmatada e aumento de casos de Doença de Chagas Aguda (Souza Júnior *et al.*, 2017). Em contexto semelhante, no Panamá, Gottdenker *et al.* (2011) observaram maior abundância de triatomíneos em ambientes perturbados por atividades humanas em comparação com áreas florestais preservadas. Adicionalmente, estudos que incorporam métricas de fragmentação da paisagem indicam que a proporção e o perímetro de áreas desmatadas no Gran Chaco argentino constituem importantes preditores da infestação vetorial (Sandon *et al.*, 2025).

Os efeitos do desmatamento podem variar conforme o contexto ecológico e epidemiológico. Em algumas áreas da Amazônia, a redução de habitats naturais pelo desmatamento pode limitar a presença de espécies estritamente florestais de triatomíneos, diminuindo a frequência de invasão domiciliar em áreas desmatadas (Brito *et al.*, 2017).

Fatores climáticos influenciam a dinâmica da doença. A temperatura afeta diretamente o ciclo de vida dos triatomíneos e o desenvolvimento do *Trypanosoma cruzi*, podendo reduzir o tempo de desenvolvimento do vetor, aumentar suas taxas reprodutivas e elevar a eficiência da transmissão do patógeno (Brasil *et al.*, 2025; Fiatsonu *et al.*, 2025). Evidências empíricas apontam associação positiva entre temperaturas mais elevadas e a ocorrência de casos da doença em diferentes contextos geográficos, como observado no Chile (Tapia-Garay *et al.*, 2018) e na região amazônica brasileira (Souza Júnior *et al.*, 2017). Entretanto, temperaturas excessivamente altas podem impor restrições fisiológicas à sobrevivência dos vetores. Experimentos laboratoriais indicam a existência de limiares térmicos a partir dos quais ocorre redução significativa da sobrevivência dos triatomíneos e do desenvolvimento do parasita, situados aproximadamente entre 34 °C (González-Rete *et al.*, 2019; 2021) e 37,7 °C (Fiatsonu *et al.*, 2025).

A precipitação também pode influenciar o comportamento e a dispersão dos vetores. Episódios de chuva podem estimular a dispersão de triatomíneos em direção a novos microhabitats, possivelmente como forma de reduzir o risco de dessecação (Fimbres-Macias *et al.*, 2023). Em escala sazonal, registrou-se aumento de casos no início da estação chuvosa, período em que se observou intensificação da interação entre os ciclos silvestres de transmissão (Rincón-Acevedo *et al.*, 2021). Contudo, efeitos opostos também foram observados, uma vez que chuvas intensas podem dificultar o voo dispersivo dos insetos, reduzindo a invasão domiciliar em áreas mais chuvosas (Brito *et al.*, 2017). Nesse sentido, estudos na Amazônia indicaram que picos de ocorrência da doença podem coincidir com períodos de menor precipitação, característicos da estação seca (Souza Júnior *et al.*, 2017).

Além das condições ambientais e climáticas, transformações no uso do solo também têm sido associadas à ocorrência da doença. Áreas de pastagens e pecuária extensiva apresentaram associação positiva com a incidência de casos, possivelmente em função da redução das fontes naturais de alimento dos triatomíneos e da conseqüente aproximação desses insetos das habitações humanas (Souza Júnior *et al.*, 2017). De forma semelhante, ambientes caracterizados por mosaicos agrícolas próximos a remanescentes florestais favoreceriam a invasão domiciliar de triatomíneos, sugerindo que níveis intermediários de perturbação antropogênica aumentariam a interação entre ciclos silvestres e domésticos da doença (Brito *et al.*, 2017).

Por fim, os determinantes socioeconômicos também se associaram à dinâmica da doença. Contextos de maior vulnerabilidade social, frequentemente relacionados a condições

habitacionais precárias e infraestrutura sanitária limitada, estariam associados à maior exposição ao vetor (Souza Júnior *et al.*, 2017). Em escala global, análises do *Global Burden of Diseases Study 2023* indicaram associação negativa entre a carga da doença e indicadores de desenvolvimento, como o Índice Sociodemográfico e o acesso a serviços de saúde (Cousin *et al.*, 2025). Entretanto, resultados para a região amazônica não identificaram associação estatisticamente significativa para o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (Brito *et al.*, 2017; Saccaro; Mation; Sakowski, 2015).

Em síntese, as evidências empíricas indicam que a distribuição da doença de Chagas é condicionada por múltiplos fatores inter-relacionados. Alterações na paisagem e no uso do solo podem modificar a dinâmica ecológica dos vetores, enquanto variáveis climáticas influenciam seu desenvolvimento e dispersão. Paralelamente, fatores socioeconômicos e condições habitacionais afetam o grau de exposição das populações humanas, contribuindo para a persistência da doença em regiões endêmicas.

#### **2.2.4 Febre amarela e leishmaniose**

As análises quantitativas que investigaram a relação entre desmatamento e a ocorrência de febre amarela e leishmaniose ainda se mostraram limitadas, padrão também observado por Ellwanger *et al.* (2020) e Massey *et al.* (2025). Entre as evidências encontradas, a maior parte concentrou-se na leishmaniose. Saccaro, Mation e Sakowski (2015), em análise multidoenças para a Amazônia no período de 2004 a 2012, identificaram impacto positivo e estatisticamente significativo do desmatamento sobre os casos da doença, o que indicaria aumento de 8% a 9% na incidência para cada 1% adicional de área desmatada. Adorno *et al.* (2022), para o estado de Goiás entre 2007 e 2019, também observaram aumento de casos de leishmaniose visceral associado à redução da cobertura de cerrado nativo e à expansão urbana.

Santos *et al.* (2021), em análise causal para municípios do estado de São Paulo, observaram que áreas desmatadas apresentaram maior probabilidade de ocorrência do vetor e de casos de leishmaniose visceral humana e canina. Os autores indicaram que a expansão da doença teria acompanhado frentes de desmatamento e eixos de infraestrutura, como a implantação do gasoduto Bolívia-Brasil, enquanto áreas preservadas da Mata Atlântica apresentaram menor endemicidade.

Contudo, a relação entre desmatamento e leishmaniose não se mostrou linear. Massey *et al.* (2025), para a Amazônia, identificaram maior probabilidade de ocorrência de hospedeiros de *Leishmania* em áreas com níveis intermediários de desmatamento, o que sugeriria maior

frequência de contato entre humanos, cães e animais silvestres. Rodrigues *et al.* (2019) encontraram associação negativa entre desmatamento e a incidência de leishmaniose cutânea em municípios do Amazonas, o que indicaria que o desmatamento consolidado aumentaria a distância entre habitações e áreas florestais, reduzindo o contato com o ciclo de transmissão silvestre.

No caso da febre amarela, a evidência empírica permaneceu mais limitada. Ribeiro e Antunes (2009), ao analisarem o surto de febre amarela silvestre ocorrido em Minas Gerais entre 2002 e 2003, identificaram múltiplos focos de desmatamento recente nas áreas onde ocorreram infecções humanas, o que sugeriria associação entre mudanças na paisagem e a dinâmica de transmissão.

Além das transformações no uso da terra, variáveis climáticas também influenciam a ocorrência dessas doenças. A temperatura é frequentemente apontada como fator associado ao aumento de casos de leishmaniose e febre amarela. Para leishmaniose visceral, Adams *et al.* (2025) identificaram que temperaturas elevadas, com defasagem de dois meses, estariam relacionadas a maior risco da doença, possivelmente em função da aceleração do desenvolvimento do vetor e do parasita. Em regiões áridas do Irã, o aumento de 1 °C nas temperaturas médias e mínimas tenderia a elevar a probabilidade de ocorrência da leishmaniose cutânea (Ghatee *et al.*, 2023). Para febre amarela, Wilke *et al.* (2025) observaram maior risco de infecção durante os meses mais quentes, o que estaria associado à maior abundância de vetores silvestres e à maior exposição humana.

A precipitação também influencia a ocorrência das doenças, com efeitos que variam conforme o contexto ambiental. Adams *et al.* (2025) identificaram que, em áreas tropicais, chuvas acima da média favoreceriam a formação de criadouros ricos em matéria orgânica, aumentando o risco imediato (no mesmo mês) de leishmaniose visceral, enquanto, em defasagens mais longas, precipitação extrema estariam associados negativamente aos casos de doença. Em regiões áridas, Ghatee *et al.* (2023) observaram que a precipitação e a umidade exerceriam efeito negativo sobre a transmissão, uma vez que os vetores dependeriam mais de fontes estáveis de água subterrânea.

Mudanças no uso da terra relacionadas à agricultura também influenciaram a ocorrência de leishmaniose. Ghatee *et al.* (2023) identificaram que áreas agrícolas ofereceriam ambientes sombreados e úmidos favoráveis ao desenvolvimento dos flebotomíneos. No Brasil, Saccaro, Mation e Sakowski (2015) observaram que a doença responderia rapidamente às transformações associadas à expansão da agricultura e da pecuária. Nesse contexto, Santos *et*

*al.* (2021) apontaram maior probabilidade de ocorrência do vetor em municípios que passaram por expansão agropecuária, o que favoreceria a proximidade entre humanos, vetores e reservatórios domésticos, como o cão. Contudo, essa relação não é uniforme: Massey *et al.* (2025) observaram menor frequência de flebotomíneos em fragmentos florestais isolados em áreas de pastagens quando comparadas a áreas dominadas por monoculturas. Martín-Sánchez (2025) indicou que a presença de gado poderia gerar efeito de diluição, desviando os vetores para hospedeiros menos suscetíveis a formas graves da doença.

Por fim, a febre amarela e a leishmaniose também se associaram a condições de vulnerabilidade social. Viana, Freitas e Giatti (2016) e Soares *et al.* (2025) identificaram que fatores como pobreza, baixa escolaridade e infraestrutura precária favoreceriam a disseminação e o agravamento dessas doenças. Para leishmaniose visceral em Belo Horizonte, Soares *et al.* (2025) identificaram baixo nível educacional como determinante social associado à mortalidade. Rodrigues *et al.* (2019) encontraram associação negativa entre o Índice de Desempenho do Sistema de Saúde (IDSUS) e a incidência de leishmaniose, o que indicaria que maior eficiência do sistema de saúde estaria relacionada a menores taxas da doença. Condições habitacionais precárias, como ausência de portas ou janelas adequadas e paredes incompletas, também facilitariam a entrada do vetor nas residências, especialmente quando localizadas próximas a abrigos de animais, como galinheiros e chiqueiros (Rodrigues *et al.*, 2019). Além disso, saneamento inadequado, fornecimento irregular de água e acúmulo de matéria orgânica favoreceriam a proliferação dos vetores (Nina *et al.*, 2023; Soares *et al.*, 2025).

Em conjunto, essas evidências sugerem que a dinâmica da febre amarela e da leishmaniose resultaria da interação entre transformações na paisagem, condições climáticas e fatores socioeconômicos.

### **2.2.5 Doenças respiratórias**

O desmatamento associou-se à emissão de gases de efeito estufa (GEE) e à elevação da concentração de material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) durante os meses de estiagem (Artaxo *et al.*, 2013). Esses poluentes estiveram relacionados ao agravamento de problemas respiratórios e ao aumento da morbidade (Carmo *et al.*, 2024). Partindo dessa premissa, Bento *et al.* (2024) demonstraram que o aumento do desmatamento constituiria um determinante estatisticamente significativo do crescimento das internações por doenças respiratórias nos municípios analisados. Os autores identificaram clusters persistentes de altas taxas de internação na Amazônia Central e no Arco do Desmatamento, bem como efeitos de transbordamento entre

municípios. No modelo estimado, a supressão florestal, a densidade demográfica, as emissões de GEE e o crédito rural estariam associados positivamente às internações, enquanto a precipitação e a razão capital-trabalho estariam associadas a efeitos protetivos.

Carmo *et al.* (2010) aplicaram modelos aditivos generalizados e identificaram associação entre variações diárias de PM<sub>2.5</sub> e a busca imediata por atendimento ambulatorial em Alta Floresta/MT. Ignotti *et al.* (2010) verificaram que o aumento do tempo de exposição a concentrações críticas de PM<sub>2.5</sub> elevaria consideravelmente o risco de hospitalizações. Os autores indicaram que a suscetibilidade seria assimétrica, com maiores impactos sobre idosos (10%) e crianças (8%) em comparação à população adulta (5%), mesmo após controle por IDH e acesso a serviços de saúde.

Moura *et al.* (2021) observaram que, durante a estação seca, ocorreriam aumentos simultâneos nas internações infantis, nos focos de fogo, na profundidade óptica de aerossóis (AOD) e na temperatura, sendo positiva a correlação entre AOD e internações. Anderson e Marchezini (2020) integraram registros do Sistema de Informação sobre Desastres (S2ID), focos de calor detectados por satélite (MODIS), estimativas de PM<sub>2.5</sub> e dados populacionais e identificaram sub-registro oficial de eventos associados à baixa qualidade do ar, bem como aumento da população exposta à poluição atmosférica. Em perspectiva internacional, Santika *et al.* (2023) verificaram que, na ilha de Sumatra, anos secos registraram cerca de 14% mais atendimentos hospitalares por queixas respiratórias do que anos chuvosos.

Uma abordagem causal foi aplicada por Damm *et al.* (2024), que utilizaram o método de diferença-em-diferença e estimaram os efeitos de políticas de conservação voltadas ao bioma Amazônia, como a Moratória da soja (2006), a restrição de crédito rural a violadores do Código Florestal (2008) e o Acordo da Pecuária (2009). Os autores consideraram os desfechos ambientais, como incêndios, emissão de PM<sub>2.5</sub>, indicadores de saúde (taxas de hospitalização e mortalidade), controles socioeconômicos (PIB per capita, densidade populacional, número de profissionais de saúde e estabelecimentos de saúde) e climáticos (precipitação, dinâmica dos ventos, temperatura e umidade). Os resultados indicaram reduções de aproximadamente 19% nos incêndios e 6,6% nas concentrações de PM<sub>2.5</sub>, acompanhadas por diminuição de 1,71 internações por mil habitantes.

Apesar da relação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias estar bem documentada, poucos estudos analisam diretamente o desmatamento como variável explicativa central desses agravos. Essa lacuna reforça a importância de investigações que considerem o

desmatamento não apenas como um problema ambiental, mas também como fator de risco relevante para a saúde pública.

### **2.2.6 Acidentes com animais peçonhentos**

A ocorrência de acidentes com animais peçonhentos associou-se a condicionantes ambientais, climáticos e socioeconômicos, que influenciaram tanto a distribuição das espécies quanto a exposição humana. Nesse contexto, mudanças no uso da terra, incluindo o desmatamento e transformação de habitats, afetaram diretamente a dinâmica desses eventos (Alcântara *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2023; Santos-Capim *et al.*, 2024).

Lee, Lee e Min (2025) identificaram associação positiva entre desmatamento e acidentes ofídicos na Coreia do Sul. No Brasil, Moraes *et al.* (2021) não identificaram correlação positiva entre desmatamento e notificações gerais de acidentes no agregado dos estados brasileiros; enquanto Saccaro, Mation e Sakowski (2015) encontraram efeito positivo e estatisticamente significativo sobre diferentes tipos de acidentes.

Quanto aos fatores climáticos, Bravo-Vega, Santos-Vega e Córdovez (2022) identificaram que a precipitação influenciaria a atividade das serpentes ao aumentar a disponibilidade de presas e ao se associar com seus ciclos reprodutivos. Alcântara *et al.* (2018) encontraram associação positiva entre precipitação e acidentes na Amazônia. Esse padrão ocorreria em função das inundações, que reduziria a disponibilidade de áreas secas, o que forçaria as serpentes a buscarem refúgio em áreas mais altas, ampliando o contato entre serpentes e populações humanas (Bravo-Vega, Santos-Vega e Córdovez, 2022).

A relação com a temperatura exibiu padrões distintos. Silveira e Machado (2017) identificaram maior incidência em períodos quentes e chuvosos, associada à elevada atividade metabólica de animais ectotérmicos. Em contraste, Bravo-Vega, Santos-Vega e Córdovez (2022) não identificaram correlação positiva, enquanto Alcântara *et al.* (2018) e Lee, Lee e Min (2025) encontraram relações negativas em determinados contextos ecológicos. Lee, Lee e Min (2025) observaram maior ocorrência de acidentes em áreas com temperaturas médias anuais mais baixas, o que indicaria que a temperatura isoladamente não explicaria o risco desses eventos.

No âmbito socioeconômico, Alcântara *et al.* (2018) identificaram que o acesso aos serviços de saúde ampliaria a notificação dos casos. Almeida *et al.* (2021) e Isaacson *et al.* (2023) identificaram associação inversa entre educação e acidentes. Isaacson *et al.* (2023) e Chippaux (2015) encontraram associação negativa entre PIB per capita e acidentes ofídicos,

embora essa relação não tenha sido observada para acidentes com animais sinantrópicos, como os escorpiões (Chippaux, 2015; Almeida *et al.*, 2021).

Indicadores de infraestrutura domiciliar, especificamente o saneamento adequado, estariam associados negativamente à gravidade (casos moderados e graves) dos acidentes ofídicos, tendo sido apontado que sua carência poderia atrair roedores e serpentes ao convívio humano (Isaacson *et al.*, 2023). Por outro lado, variáveis de infraestrutura tradicional como abastecimento de água e esgoto não explicariam estatisticamente a incidência de escorpionismo, a qual se mostrou mais dependente da dinâmica de resíduos urbanos (Almeida *et al.*, 2021).

Almeida-Gomes e Guariento (2025) observaram associação positiva entre expansão urbana e acidentes com lagartas, escorpiões e aranhas, enquanto Alcântara *et al.* (2018) identificaram maior sensibilidade dos acidentes ofídicos a gradientes ecológicos, como precipitação, umidade, topografia e cobertura florestal.

Chippaux (2015) e Moraes *et al.* (2021) identificaram heterogeneidade regional na distribuição dos acidentes no Brasil, que refletia tanto diferenças ecológicas entre biomas quanto padrões distintos de ocupação do território e organização do espaço urbano e rural. Acidentes escorpiônicos concentraram-se em áreas do Cerrado e da Caatinga e em faixas de transição com a Mata Atlântica, o que indicaria a alta adaptabilidade de espécies aos conglomerados urbanos dessas regiões (Moraes *et al.*, 2021). Por outro lado, os acidentes com aranhas apresentaram maior endemicidade no extremo sul do país, nos biomas Pampa e Mata Atlântica (Moraes *et al.* 2021). As notificações de acidentes ofídicos, em termos absolutos, concentraram-se na Amazônia e na Mata Atlântica (Matos; Ignotti, 2020; Moraes *et al.*, 2021); enquanto no Pantanal ocorreram as maiores taxas desses acidentes no país, fenômeno atribuído à baixa densidade populacional associada à intensa atividade econômica agropecuária e extrativista na região (Ramos; Ignotti, 2020).

De modo geral, as evidências indicam que os acidentes com animais peçonhentos resultam da interação entre fatores ambientais, transformações no uso da terra e condições socioeconômicas que modulam a exposição humana.

### **2.3 Síntese das evidências empíricas**

A relação entre desmatamento e saúde apresentou caráter dependente do contexto ecológico e socioeconômico. Doenças vetoriais associaram-se a alterações em habitats naturais e dinâmica dos vetores, enquanto doenças respiratórias estiveram relacionadas à poluição atmosférica decorrente de queimadas. Acidentes com animais peçonhentos associaram-se a

mudanças nos ecossistemas e à intensificação do contato entre humanos e fauna silvestre. Os resultados variaram conforme a escala de análise, as variáveis de controle e os métodos econométricos, o que indicaria a necessidade de considerar a heterogeneidade territorial entre os diferentes biomas.

A síntese das evidências empíricas consta no Quadro 1.

**Quadro 1** - Evidências empíricas sobre desmatamento e desfechos em saúde

| <b>Autor</b>                     | <b>Região</b> | <b>Desfecho</b>                       | <b>Principais Resultados</b>  |
|----------------------------------|---------------|---------------------------------------|---|
| Achcar <i>et al.</i> (2011)      | Amazônia      | Malária                               | Desmatamento associado ao aumento do risco de malária   |
| Adams <i>et al.</i> (2025)       | Brasil        | Leishmaniose visceral                 | Extremos climáticos aumentam o risco  |
| Adorno <i>et al.</i> (2022)      | Goiás         | Malária, leishmaniose e febre amarela | Urbanização e perda de savana associadas ao aumento de casos  |
| Alcântara <i>et al.</i> (2018)   | Amazônia      | Acidentes ofídicos                    | Perda do dossel florestal associada ao aumento de acidentes   |
| Almeida <i>et al.</i> (2021)     | Brasil        | Animais peçonhentos                   | Escorpionismo associado à infraestrutura e saneamento precário  |
| Almeida-Gomes e Guariento (2025) | Brasil        | Animais peçonhentos                   | Expansão urbana aumenta acidentes com escorpiões, aranhas e lagartas  |
| Anderson e Marchezini (2020)     | Acre          | Doenças respiratórias                 | Desmatamento e queimadas eleva a exposição ao PM <sub>2.5</sub> e o risco das doenças                                   |
| Arisco <i>et al.</i> (2024)      | Amazônia      | Malária                               | Desmatamento aumenta casos no mês seguinte; >efeitos com alta cobertura florestal                                       |
| Artaxo <i>et al.</i> (2013)      | Amazônia      | Doenças respiratórias                 | Desmatamento se relaciona com a queima de biomassa que impactam a qualidade do ar                                       |
| Assis, Lima e Campos (2022)      | Amazônia      | Doença de Chagas                      | Casos associados principalmente à transmissão oral e ao desmatamento  |
| Barcellos <i>et al.</i> (2024)   | Brasil        | Dengue                                | Urbanização e anomalias térmicas favorecem expansão da doença   |
| Barros e Honório (2011)          | Roraima       | Malária                               | Larvas concentradas em franjas florestais. Transmissão maior na estação seca  |
| Barros e Honório (2015)          | Roraima       | Malária                               | Maior risco próximo a franjas florestais. O desmatamento contínuo diminui a incidência                                  |
| Bauch <i>et al.</i> (2015)       | Amazônia      | Malária, IRA                          | Áreas de proteção ambiental estrita reduzem malária e as de uso sustentável, mineração e estradas aumentam a incidência |
| Bento <i>et al.</i> (2024)       | Amazônia      | Doenças respiratórias                 | O desmatamento e emissões de GEE aumentam interações  |
| Bravo-Vega <i>et al.</i> (2022)  | Colômbia      | Acidentes ofídicos                    | Precipitação influencia incidência  |
| Brasil <i>et al.</i> (2025)      | Amazônia      | Doença de Chagas                      | Projeções indicam aumento da temperatura e do risco em áreas desmatadas   |
| Brito <i>et al.</i> (2017)       | Tocantins     | Doença de Chagas                      | Aumento de invasão domiciliar ligados a paisagem fragmentada e em dias quentes  |

| <b>Autor</b>                         | <b>Região</b>                   | <b>Desfecho</b>       | <b>Principais Resultados</b>   |
|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--|
| Cabral <i>et al.</i> (2023)          | Amazônia                        | Doença de Chagas      | Desmatamento e questões sociais associados à doença. No Norte, associação com contaminação alimentar                       |
| Carmo <i>et al.</i> (2010)           | Mato Grosso                     | Doenças respiratórias | Incrementos nos níveis de PM <sub>2.5</sub> provenientes de queimadas se associa a aumentos de atendimento laboratorial    |
| Chaves <i>et al.</i> (2020)          | Amazônia, Congo e Grande Mekong | Malária               | Demanda global por commodities associada ao risco da doença, via desmatamento  |
| Chippaux (2015)                      | Brasil                          | Animais peçonhentos   | Incidência de acidentes ofídicos é maior em regiões com baixa densidade populacional e maior atividade rural               |
| Cousin <i>et al.</i> (2025)          | Global                          | Doença de Chagas      | Tendência de aumento em países não endêmicos   |
| Cunha <i>et al.</i> (2021)           | Belo Horizonte                  | Dengue                | Melhor qualidade da vegetação associada à redução do risco de dengue, em especial em áreas socioeconomicamente vulneráveis |
| Damm <i>et al.</i> (2024)            | Amazônia                        | Doenças respiratórias | Redução do desmatamento reduz incêndios, concentrações de PM <sub>2.5</sub> e hospitalizações                              |
| Ellwanger <i>et al.</i> (2020)       | Amazônia                        | Saúde ambiental       | Desmatamento afeta saúde por múltiplos mecanismos ambientais   |
| Fiatsonu <i>et al.</i> (2025)        | Global                          | Doença de Chagas      | Temperaturas acima de 37,7 °C reduzem o risco de transmissão   |
| Fimbres-Macias <i>et al.</i> (2023)  | EUA (Texas)                     | Doença de Chagas      | Dispersão maior de vetores com eventos de chuva e temperaturas moderadas   |
| Galeana-Pizaña <i>et al.</i> (2024)  | México                          | Dengue                | Perda da cobertura florestal, precipitação e temperatura aumenta risco   |
| García-Carreras <i>et al.</i> (2022) | Tailândia                       | Dengue                | Temperatura sincroniza epidemias entre regiões, e a dinâmica de imunidade populacional apresenta papel dominante           |
| Ghatee <i>et al.</i> (2023)          | Irã                             | Leishmaniose cutânea  | Elevação da temperatura mínima, em áreas urbanas ou agrícolas aumenta o risco; chuvas têm efeito negativo                  |
| Guimarães <i>et al.</i> (2016)       | Amazônia                        | Malária               | Séries históricas de desmatamento e índice parasitário de malária mostram tendência semelhantes                            |
| Gottdenker <i>et al.</i> (2011)      | Panamá                          | Doença de Chagas      | Áreas fragmentadas apresentam maior abundância de vetores de maior risco do que áreas florestadas preservadas              |
| González-Rete <i>et al.</i> (2019)   | Laboratório                     | Doença de Chagas      | Temperaturas de 34 °C reduzem a sobrevivência dos triatomíneos   |
| González-Rete <i>et al.</i> (2021)   | Laboratório                     | Doença de Chagas      | Temperaturas elevadas reduzem o número de parasitas <i>T. cruzi</i>  |
| Honorato <i>et al.</i> (2014)        | Espírito Santo                  | Dengue                | Urbanização e coleta de lixo inadequada aumentam risco   |

| <b>Autor</b>                        | <b>Região</b> | <b>Desfecho</b>        | <b>Principais Resultados</b>   |
|-------------------------------------|---------------|------------------------|--|
| Huang <i>et al.</i> (2018)          | Taiwan        | Dengue                 | Maior incidência em áreas metropolitanas; associação positiva a parques e negativa a fazendas, florestas e gramados                |
| Ignotti <i>et al.</i> (2010)        | Amazônia      | Doenças respiratórias  | Material particulado de queimadas aumenta hospitalizações  |
| Isaacson <i>et al.</i> (2023)       | Brasil        | Acidentes peçonhentos  | A gravidade dos acidentes ofídicos é ligada a desigualdades regionais e atrasos no acesso ao soro, afetando principalmente o Norte |
| Kalbus <i>et al.</i> (2021)         | Amazonas      | Dengue                 | Desmatamento não significativo; acesso à saúde relevante   |
| Khan <i>et al.</i> (2023)           | Global        | Dengue                 | Mudanças climáticas e expansão do habitat influenciam na persistência da doença  |
| Lee, Lee e Min (2025)               | Coreia do Sul | Acidentes ofídicos     | Desmatamento aumenta incidência  |
| Lopes <i>et al.</i> (2019)          | Pará          | Malária                | Garimpo associado ao aumento da doença; relação inversa com precipitação   |
| MacDonald e Mordecai (2019)         | Amazônia      | Malária                | Desmatamento aumenta incidência e o aumento da doença reduz o desmatamento   |
| Magalhães <i>et al.</i> (2023)      | Brasil        | Doenças tropicais      | Variáveis socioeconômicas melhoram predição de risco   |
| Marinho <i>et al.</i> (2022)        | Tocantins     | Arboviroses            | Desmatamento, temperatura e <i>El Niño</i> influenciam dengue  |
| Martín-Sánchez (2025)               | Espanha       | Leishmaniose           | Soroprevalência em gado  |
| Massey <i>et al.</i> (2025)         | Amazônia      | Leishmaniose           | Relação não linear; maior probabilidade em níveis intermediários de desmatamento   |
| Matos e Ignotti (2020)              | Brasil        | Animais peçonhentos    | Tendência ascendente de acidentes ofídicos com o gênero <i>Crotalus</i>  |
| Meza-Ballesta e Gónima (2014)       | Colômbia      | Dengue                 | Temperatura, menor precipitação e perda da vegetação aumentam casos  |
| Moraes <i>et al.</i> (2021)         | Brasil        | Animais peçonhentos    | Desmatamento correlaciona negativamente com casos  |
| Mordecai <i>et al.</i> (2019)       | Global        | Dengue                 | A temperatura ótima de transmissão aproximadamente 29,1 °C   |
| Moura <i>et al.</i> (2021)          | Pará          | Doenças respiratórias  | Poluição de queimadas associada a hospitalizações  |
| Nina <i>et al.</i> (2023)           | Brasil        | Leishmaniose visceral  | Expansão da doença para áreas urbanas  |
| Ribeiro e Antunes (2009)            | Minas Gerais  | Febre amarela          | Desmatamento e proximidade humana com fluxos de água relacionados com surtos   |
| Rincón-Acevedo <i>et al.</i> (2021) | Colômbia      | Doença de Chagas Aguda | Alta incidência de casos associados a picos sazonais no início do período chuvoso  |

| <b>Autor</b>                      | <b>Região</b>         | <b>Desfecho</b>                        | <b>Principais Resultados</b>  |
|-----------------------------------|-----------------------|--|---|
| Rodrigues <i>et al.</i> (2019)    | Amazonas              | Leishmaniose cutânea                   | Desmatamento consolidado com associação negativa com a incidência; IDHM, positivo                               |
| Saccaro, Mation e Sakowski (2015) | Amazônia              | Doenças zoonóticas e acid. Peçonhentos | Desmatamento associado ao aumento de leishmaniose, malária e acidentes com animais peçonhentos                  |
| Sandon <i>et al.</i> (2025)       | Gran Chaco, Argentina | Doença de Chagas                       | Proporção e perímetro de áreas desmatadas são relevantes para infestação por triatomíneos                       |
| Santika <i>et al.</i> (2023)      | Indonésia             | Doenças respiratórias                  | Redução florestal e seca ( <i>El Niño</i> ) intensificam impactos da poluição na saúde                          |
| Santos (2017)                     | Amazônia              | Malária                                | Relação não linear entre desmatamento e doença  |
| Santos <i>et al.</i> (2021)       | São Paulo             | Leishmaniose visceral                  | Desmatamento aumenta a ocorrência do vetor e da doença  |
| Santos e Almeida (2018)           | Amazônia              | Malária                                | Desmatamento tem efeitos diretos e de transbordamento. Relação quadrática                                       |
| Santos-Capim <i>et al.</i> (2024) | Pará                  | Animais peçonhentos                    | Aumento de acidentes em áreas rurais ou agrícolas, devido principalmente à expansão agrícola e urbanização      |
| Silva <i>et al.</i> (2020)        | Paraíba               | Dengue                                 | Expansão em áreas de menor densidade populacional, associadas à escassez hídrica                                |
| Silva <i>et al.</i> (2022)        | Cerrado               | Dengue                                 | Perda de vegetação aumenta incidência   |
| Silva <i>et al.</i> (2023)        | Amazônia              | Dengue                                 | Incidência concentrada no Arco do Desmatamento; desmatamento e PIB per capita mostraram associação com a dengue |
| Silva <i>et al.</i> (2025)        | Pará                  | Dengue                                 | Determinantes socioeconômicos e climáticos relevantes   |
| Soares <i>et al.</i> (2025)       | Brasil                | Leishmaniose visceral                  | Determinantes socioeconômicos impulsionam a persistência da doença em áreas endêmicas                           |
| Souza Júnior <i>et al.</i> (2017) | Pará                  | Doença de Chagas Aguda                 | Correlação espacial direta entre desmatamento recente e casos da doença   |
| Tapia-Garay <i>et al.</i> (2018)  | Chile                 | Doença de Chagas                       | Mudanças climáticas aumentarão as áreas de risco e distribuição do vetor  |
| Terrazas <i>et al.</i> (2015)     | Amazonas              | Malária                                | Desmatamento correlaciona positivamente com casos. IDHM e taxa de pobreza, correlação negativa com a malária.   |
| Valle e Clark (2013)              | Amazônia              | Malária                                | Cobertura florestal associada à incidência  |
| Valle e Tucker Lima (2014)        | Amazônia              | Malária                                | Cobertura florestal e áreas próximas a garimpos apresentam maior risco  |
| Viana, Freitas e Giatti (2016)    | Amazônia              | Doenças zoonóticas                     | Processos antrópicos favorecem doenças endêmicas  |

---

| <b>Autor</b>                  | <b>Região</b>  | <b>Desfecho</b>      | <b>Principais Resultados</b>   |
|-------------------------------|----------------|----------------------|--|
| Wilke <i>et al.</i><br>(2025) | América latina | Doenças<br>vetoriais | Urbanização, migração e habitações precárias<br>facilitam a adaptação de vetores ao meio<br>urbano |

---

Fonte: Elaboração própria

### 3 METODOLOGIA E DADOS

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos e as bases de dados utilizadas para avaliar a influência do desmatamento no Brasil e em seus biomas sobre a incidência de doenças zoonóticas, doenças respiratórias e acidentes com animais peçonhentos. As análises são conduzidas por meio de modelos de dados em painel com efeitos fixos, tendo como unidade de análise os municípios brasileiros.

#### 3.1 Base de dados e variáveis

O período do estudo abrange os anos de 2008 a 2021, delimitado pela disponibilidade de dados das variáveis analisadas. Trata-se de um estudo com unidade de análise municipal estruturado como painel município-ano que cobre 5.564 municípios. As associações entre desmatamento e desfechos de saúde foram avaliadas em nível nacional e por bioma, a fim de capturar heterogeneidades relacionadas ao meio físico, aos biomas e às condições socioeconômicas regionais.

A seleção e operacionalização das variáveis basearam-se na literatura sobre a relação entre meio ambiente e saúde, com o propósito de avaliar a associação entre o desmatamento, fatores climáticos, socioeconômicos e os desfechos de saúde analisados.

Os desfechos em saúde (variáveis dependentes) incluem doenças zoonóticas, doenças respiratórias e acidentes com animais peçonhentos. Inicialmente, planejou-se incluir também Zika e a Chikungunya; no entanto, devido à disponibilidade de dados apenas a partir de 2016 e 2017, respectivamente, optou-se por não as incorporar à análise. Assim, as doenças zoonóticas contempladas neste estudo restringem-se à malária, dengue, doença de Chagas, febre amarela, leishmaniose tegumentar e visceral, sendo estas três últimas agrupadas, em razão da baixa incidência observada no período analisado.

Os dados das doenças causadas por vetores foram obtidos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), disponibilizados pelo Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde (BRASIL, 2025d), órgão vinculado ao Ministério da Saúde. Para a operacionalização, utilizou-se a base TABNET/DATASUS, série histórica anual, extraído-se os casos notificados por município de infecção e ano de notificação.

No caso da malária, os dados foram obtidos do Painel Interativo da Malária, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2025a). Esse painel consolida informações provenientes de três sistemas oficiais: o Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP-

Malária), que cobre os estados da Região Amazônica; o SINAN, que contempla os registros da região extra-amazônica; e o e-SUS Vigilância em Saúde (e-SUS VS), que reúne notificações recentes. Esse conjunto de bases garante a cobertura nacional e a comparabilidade entre municípios ao longo do tempo. O painel efetivamente utilizado foi o intitulado Boletim interativo Malária Brasil: regiões amazônica e extra-amazônica, com dados de casos de malária de acordo com o município provável de infecção e ano.

Os agravos por acidentes com animais peçonhentos abrangem serpentes (*Bothrops*, *Crotalus* e *Micrurus*, *Lachesis*), aranhas (*Phoneutria*, *Loxosceles*, *Latrodectus* e outras espécies), lagartas (*Lonomia* e outras lagartas), escorpiões, abelhas e outros animais não especificados. Os dados também são provenientes do SINAN/DATASUS, com informações filtradas por município de ocorrência e ano do acidente.

Os dados das doenças respiratórias foram obtidos do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), também disponibilizados pelo DATASUS. A extração da série histórica foi realizada via TABNET/DATASUS, selecionando-se os registros por município de internação e ano de atendimento. Foram consideradas as internações por doenças do aparelho respiratório, classificadas segundo a CID-10, Capítulo X (J00 a J99).

A variável independente principal é o desmatamento acumulado no período, calculado para cada município como a soma das áreas desmatadas anualmente entre 2008 e 2021. Em cada ano, a área desmatada corresponde à diferença entre a área de vegetação florestal do ano anterior e a do ano corrente. Assim, o indicador acumulado reflete a perda total de cobertura florestal ao longo do período de análise. Valores negativos, que indicariam recuperação da cobertura florestal, foram tratados como desmatamento igual a zero. Os dados de desmatamento foram obtidos do Projeto MapBiomias, Coleção 10 da Série Anual de Mapas e Cobertura de Uso da Terra do Brasil (lançada em agosto de 2025), que disponibiliza séries anuais em nível municipal para 1985 a 2024 <sup>4</sup>.

As variáveis utilizadas como controle no estudo são relacionadas às questões climáticas, atividades econômicas ligadas ao uso da terra, socioeconômicas, infraestrutura domiciliar e de saúde, saneamento básico e demográficas.

A estrutura das variáveis utilizadas é apresentada na Tabela 1, que descreve cada variável quanto à sua definição conceitual, unidade de medida e respectiva fonte de dados.

---

<sup>4</sup> Neste estudo, utilizamos as planilhas (excel) agregadas por município relativas às perdas de vegetação florestal, obtidas diretamente por meio do DOI <https://doi.org/10.58053/MapBiomias/IBQPF6>. As áreas, originalmente em hectares, foram convertidas para quilômetros quadrados (1 km<sup>2</sup> = 100 ha) para padronização de unidade e compatibilização com as demais bases geográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Tabela 1** - Descrição das variáveis e respectivas fontes

| <b>Variável</b>        | <b>Descrição</b>  | <b>Unidade</b>          | <b>Fonte</b>        |
|------------------------|---|-------------------------|---------------------|
| <i>malária</i>         | Casos por mil habitantes  | casos/hab               | Ministério da Saúde |
| <i>dengue</i>          | Casos por mil habitantes  | casos/hab               | DATASUS/SINAN       |
| <i>Chagas</i>          | Casos por mil habitantes  | casos/hab               | DATASUS/SINAN       |
| <i>FA_Leishmaniose</i> | Casos por mil habitantes  | casos/hab               | DATASUS/SINAN       |
| <i>respiratória</i>    | Internações por mil habitantes  | int/hab                 | DATASUS/SIH         |
| <i>acid_animais</i>    | Casos por mil habitantes  | casos/hab               | DATASUS/SINAN       |
| <i>desmatamento</i>    | Área desmatada acumulada  | km <sup>2</sup>         | MapBiomias          |
| <i>temperatura</i>     | temperatura média anual   | °C                      | NASA POWER          |
| <i>precipitação</i>    | Precipitação acumulada anual  | mm                      | NASA POWER          |
| <i>agric_diversas</i>  | Proporção da área municipal ocupada por lavouras de algodão, arroz, borracha, cacau, cana-de-açúcar e milho | %                       | IBGE                |
| <i>café</i>            | Área municipal com café   | %                       | IBGE                |
| <i>mandioca</i>        | Área municipal com mandioca   | %                       | IBGE                |
| <i>soja</i>            | Área municipal com soja   | %                       | IBGE                |
| <i>pecuária</i>        | Efetivo bovino pela área do município   | cabeças/km <sup>2</sup> | IBGE                |
| <i>PIB_pc</i>          | Produto Interno Bruto municipal per capita a preços de 2021   | R\$/hab                 | IBGE                |
| <i>água_encanada</i>   | Proporção de domicílios atendidos   | %                       | IBGE                |
| <i>esgoto_adequado</i> | Proporção de domicílios com esgotamento sanitário adequado  | %                       | IBGE                |
| <i>paredes_revest</i>  | Proporção de domicílios com paredes rev.  | %                       | IBGE                |
| <i>médicos</i>         | Médicos por mil habitantes  | médicos/hab             | DATASUS             |
| <i>leitos</i>          | Leitos por mil habitantes   | leitos/hab              | DATASUS             |
| <i>educ_alfab</i>      | Proporção de alfabetizados >15 anos   | %                       | IBGE                |
| <i>pop_rural</i>       | População residente em área rural   | %                       | IBGE                |
| <i>dens_pop</i>        | População residente pela área do município  | hab/km <sup>2</sup>     | IBGE                |

**Fonte:** BRASIL. Ministério da Saúde - DATASUS (2025a-e), IBGE (2003, 2012, 2023, 2024a-d, 2025a-c), MapBiomias (2025a), NASA POWER (2026).

As variáveis climáticas de controle incluem a temperatura média anual (*temperatura*), em graus Celsius, e a precipitação acumulada anual (*precipitacao*), medida em milímetros. Os dados são oriundos do projeto *Prediction of Worldwide Energy Resources* (POWER), desenvolvido pelo Langley Research Center da National Aeronautics and Space Administration (NASA) e financiado pela Earth Science Division. As informações foram obtidas por meio do serviço NASA POWER.

As variáveis de atividade econômica associadas ao uso do solo incluem a pecuária (*pecuária*) e a agricultura. Para a atividade agrícola, adotou-se a divisão em quatro grupos de cultivos: agricultura de culturas diversas (*agric\_diversas*), que corresponde à soma das áreas cultivadas com algodão, arroz, cana-de-açúcar, cacau e milho; cultivo de café (*café*); cultivo de mandioca (*mandioca*), geralmente associado à agricultura familiar; e cultivo de soja (*soja*), caracterizado por maior nível de tecnificação. A intensidade dessas atividades reflete transformações ambientais e pressões sobre os ecossistemas, o que pode influenciar a dinâmica de transmissão de doenças. Nesse sentido, espera-se um efeito positivo dessas variáveis sobre a incidência dos agravos analisados.

A pecuária foi medida pelo efetivo bovino, com dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), Tabela 3939 (IBGE, 2024b). A agricultura foi mensurada pela área cultivada com culturas temporárias e permanentes, obtida da Produção Agrícola Municipal (PAM). As lavouras de algodão, arroz, cana-de-açúcar, mandioca, milho e soja - Tabela 1612 (IBGE, 2024b); e as culturas de cacau e café - Tabela 1613 (IBGE, 2024c). Todas as séries foram extraídas por município e ano e convertidas de hectares (ha) para quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), padronizando a unidade de área utilizada neste estudo. Todas essas variáveis foram divididas pela área do município, de modo a representar a intensidade das atividades econômicas por unidade de área.

As variáveis socioeconômicas de controle incluem o PIB per capita (*PIB\_pc*) dos municípios, obtido do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024a) e deflacionado a preços de 2021, utilizando-se o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) como deflator.

Para mitigar problemas de simultaneidade entre condições econômicas correntes, desmatamento e incidência das doenças, utiliza-se o PIB per capita deflacionado com defasagem de um ano, buscando-se reduzir o risco de viés por causalidade reversa. Em geral, municípios com PIB per capita mais elevado tendem a dispor de melhores condições econômicas e maior capacidade de investir em infraestrutura de saúde, além de maior acesso à informação e a recursos preventivos.

Como variáveis de saneamento básico, adotaram-se o percentual de domicílios com abastecimento de água encanada (*agua\_encanada*) e o percentual de domicílios com esgotamento sanitário adequado (*esgoto\_adequado*), obtidos dos Censos Demográficos de 2000, 2010 e 2022 (IBGE, 2003; 2012; 2025a). Os dados foram interpolados linearmente<sup>5</sup> para assegurar cobertura de todos os anos de estudo. Condições precárias de acesso à água de qualidade e à infraestrutura sanitária adequada sugerem maior vulnerabilidade da população a diferentes doenças; por isso, espera-se que se associem à menor incidência dos desfechos de saúde analisados.

Considerando a relevância dos fatores protetivos da infraestrutura domiciliar, incluiu-se também a variável proporção de domicílios com paredes revestidas (*paredes\_revest*), que a literatura aponta como importante barreira física contra a entrada de vetores e esconderijos de animais peçonhentos.

Para controlar a infraestrutura de saúde, foram incluídas as variáveis número de médicos (*médicos*) e número de leitos hospitalares (*leitos*), ambas expressas por mil habitantes. Os dados foram obtidos do DATASUS, respectivamente, pelos sistemas CNES - Recursos Humanos (BRASIL, 2025c) e CNES - Recursos Físicos (BRASIL, 2025b). A disponibilidade de médicos e de leitos hospitalares é indicativa da capacidade de assistência médica local. A presença de médicos tende a ampliar o acesso à atenção básica e especializada, aumentando a eficiência na prevenção, diagnóstico e tratamento. Já a disponibilidade de leitos reflete a capacidade do sistema de saúde de responder a casos graves e surtos. Como discutido por Saccaro, Mation e Sakowski (2015), o número de médicos pode capturar tantas ações de prevenção, que tenderiam a reduzir a incidência das doenças, quanto maior capacidade de detecção e notificação, o que pode resultar em efeito positivo sobre os registros. Assim, a inclusão dessas variáveis permite controlar diferenças estruturais na oferta de serviços de saúde entre os municípios.

A taxa de alfabetização da população com 15 anos ou mais (*educ\_alfab*) foi obtida do IBGE (2003, 2012, 2025b), com base nos Censos Demográficos de 2000, 2010 e 2022, utilizada como *proxy* para educação. Os valores de alfabetização foram interpolados para cobrir todo o período de estudo. Melhor alfabetização também tende a refletir melhor compreensão das medidas de prevenção, o que pode reduzir a vulnerabilidade às doenças. Assim, espera-se que a proporção de alfabetizados exerça efeito negativo sobre a incidência de doenças.

---

<sup>5</sup> Os valores para os anos intercensitários foram obtidos por interpolação linear dos valores dos censos consecutivos, a partir da seguinte fórmula:  $X_t = X_{t_0} + [(X_{t_1} - X_{t_0}) / (t_1 - t_0)] \cdot (t - t_0)$ , em que  $X_t$  é o valor estimado para o ano  $t$ ,  $X_{t_0}$  e  $X_{t_1}$  são os valores observados nos anos censitários inicial e final, e  $t_0$  e  $t_1$  correspondem aos respectivos anos dos censos consecutivos.

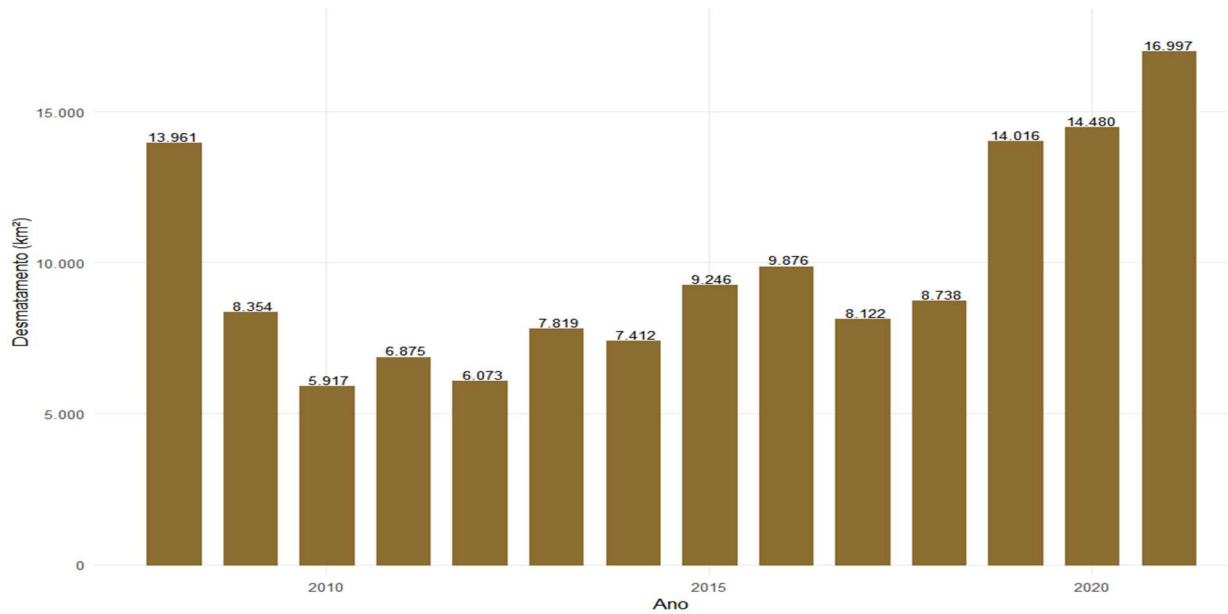
Incluiu-se também a população rural (*pop\_rural*), uma vez que doenças como a malária estão mais associadas ao ambiente rural. Espera-se obter sinal positivo para a malária e doença de Chagas e negativo para a dengue e leishmaniose. Os dados são oriundos dos Censos Demográficos (IBGE, 2003; 2012; 2025b).

A densidade populacional (*dens\_pop*) foi incluída como variável de controle para captar os possíveis efeitos da distribuição populacional no território. Essa variável foi calculada a partir da razão entre a população residente e a área territorial do município, ambas as informações extraídas do IBGE. Os dados de população dos anos de 2010 e 2022 baseiam-se nos Censos Demográficos (IBGE, 2012; 2025b), enquanto os demais anos de estudo foram obtidos a partir das estimativas intercensitárias anuais (IBGE, 2025c). A densidade populacional pode estar associada à pressão sobre o uso da terra, frequentemente associada ao desmatamento, e à maior exposição a vetores e agravos, em função da maior concentração de pessoas em áreas limitadas. Portanto, espera-se que essa variável apresente impacto positivo sobre a incidência de casos registrados de doenças e agravos com animais peçonhentos.

A inclusão dessas variáveis permite controlar heterogeneidades estruturais entre os municípios, que podem influenciar tanto a exposição ao desmatamento, fator potencialmente associado ao aumento da incidência de doenças e agravos, quanto a capacidade local de resposta, prevenção e mitigação dos impactos sobre a saúde pública.

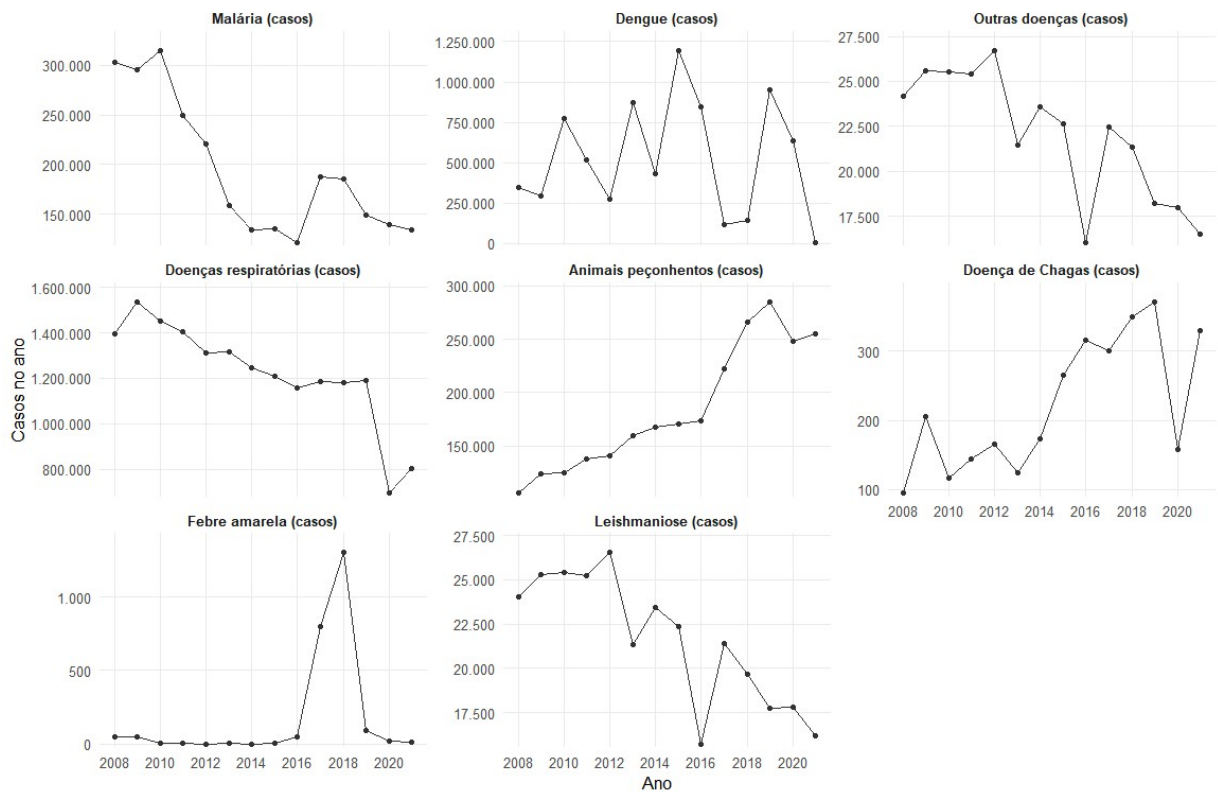
### **3.2 Estatísticas descritivas**

A trajetória do desmatamento no Brasil, medida em km<sup>2</sup>, ao longo do período de 2008 a 2021, é apresentada na Figura 1. Em 2008, registrou-se um total de 13.961 km<sup>2</sup> desmatados, seguido de uma redução expressiva em 2009 (8.354 km<sup>2</sup>). A partir de 2010, observa-se uma retomada gradual do crescimento, culminando no pico do período em 2021.

**Figura 1** - Desmatamento anual no Brasil (km<sup>2</sup>), 2008-2021

**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do MapBiomass (2025a).

A dinâmica temporal dos casos de doenças e agravos analisados pode ser observada na Figura 2. Nota-se tendência descendente para malária, doenças do aparelho respiratório e leishmaniose, em contraste com os acidentes com animais peçonhentos e doença de Chagas. No caso da doença de Chagas, esse crescimento ocorreu até 2019, seguido de queda acentuada em 2020 e posterior recuperação em 2021. Para a dengue, observa-se comportamento distinto, caracterizado por padrão marcadamente oscilatório, com sucessivos picos e vales ao longo do período. No caso da febre amarela, os registros permanecem residuais até 2016, quando ocorrem surtos expressivos em 2017 e 2018, seguidos de retorno aos níveis anteriores.

**Figura 2** - Casos totais anuais das doenças selecionadas, 2008-2021

**Fonte:** Elaboração própria a partir de BRASIL. Ministério da Saúde (2025a; 2025d; 2025e).

Cabe destacar que em 2020, ano marcado pelo início da pandemia de Covid-19 no Brasil, observa-se uma redução em todas as séries em relação a 2019. Esse comportamento deve ser interpretado com cautela, pois pode refletir impactos da pandemia tanto sobre o acesso aos serviços de saúde quanto sobre os processos de notificação dos casos. As estimações para o período de 2008 a 2019 foram realizadas como teste de robustez, e os resultados encontram-se apresentados nos Apêndices G a K.

Na Tabela 2 são apresentadas as estatísticas descritivas básicas de todas as variáveis do modelo, contemplando o número de observações (N), média, desvio-padrão, mínimo e máximo, calculados ao nível municipal. As taxas das doenças e agravos estão expressas por mil habitantes, usando a população residente dos respectivos anos.

**Tabela 2** - Estatísticas descritivas das variáveis (agregado nacional)

| <b>Variável</b>        | <b>N</b> | <b>Média</b> | <b>DP</b> | <b>Min.</b> | <b>Máx.</b> |
|------------------------|----------|--------------|-----------|-------------|-------------|
| <i>malária</i>         | 77896    | 1,33         | 16,26     | 0,00        | 1101,41     |
| <i>dengue</i>          | 72896    | 2,26         | 8,07      | 0,00        | 328,45      |
| <i>Chagas</i>          | 77896    | 0,00         | 0,02      | 0,00        | 2,53        |
| <i>FA_leishmaniose</i> | 77896    | 0,20         | 0,76      | 0,00        | 32,76       |
| <i>Respiratória</i>    | 77833    | 8,25         | 10,10     | 0,04        | 1948,35     |
| <i>acid_animais</i>    | 77896    | 1,66         | 2,71      | 0,00        | 418,00      |
| <i>desmatamento</i>    | 77896    | 11,92        | 91,27     | 0,00        | 5786,57     |
| <i>temperatura</i>     | 77896    | 23,51        | 3,21      | 14,23       | 30,34       |
| <i>precipitação</i>    | 77896    | 1220,05      | 452,54    | 134,14      | 4649,21     |
| <i>agric_diversas</i>  | 77797    | 8,96         | 14,71     | 0,00        | 173,48      |
| <i>café</i>            | 77461    | 0,87         | 3,83      | 0,00        | 59,53       |
| <i>mandioca</i>        | 77895    | 0,48         | 1,39      | 0,00        | 47,70       |
| <i>soja</i>            | 76791    | 5,63         | 13,90     | 0,00        | 164,65      |
| <i>pecuária</i>        | 77424    | 42,42        | 33,93     | 0,00        | 299,13      |
| <i>PIB_pc</i>          | 77896    | 26080,14     | 28882,18  | 483,78      | 1320176,23  |
| <i>agua_encanada</i>   | 77896    | 69,90        | 19,55     | 0,00        | 99,99       |
| <i>esgoto_adequado</i> | 77782    | 47,16        | 30,61     | 0,01        | 99,97       |
| <i>paredes_revest</i>  | 77896    | 75,94        | 20,45     | 0,00        | 99,90       |
| <i>médicos</i>         | 77896    | 2,22         | 7,93      | 0,00        | 2134,26     |
| <i>leitos</i>          | 77896    | 13,77        | 71,63     | 0,00        | 14230,18    |
| <i>educ_alfab</i>      | 77896    | 84,39        | 9,91      | 46,95       | 99,09       |
| <i>pop_rural</i>       | 77770    | 34,20        | 21,19     | 0,00        | 95,82       |
| <i>dens_pop</i>        | 77896    | 115,32       | 613,34    | 0,31        | 28625,00    |

**Fonte:** BRASIL. Ministério da Saúde - DATASUS (2025a-c), IBGE (2003, 2012, 2023, 2024a-d, 2025a-c), MapBiomas (2025a), NASA POWER (2026).

Nota: Diferenças no número de observações de algumas variáveis decorrem da indisponibilidade de informações para determinados municípios-anos nas bases utilizadas.

Entre as doenças, observa-se maior média para as doenças do aparelho respiratório (*respiratórias* = 8,25 por mil habitantes), seguidas pela dengue (2,26), pelos acidentes com animais peçonhentos (*acid\_animais* = 1,66) e pela malária (1,33). A variável *FA\_Leishmaniose*,

que corresponde à soma da febre amarela e das leishmanioses tegumentar e visceral, apresenta média de 0,20. Os desvios-padrão elevados em relação às médias indicam heterogeneidade acentuada entre os municípios, refletida nas amplitudes observadas. Por exemplo, os registros de malária variam de 0,00 a 1.101 casos por mil habitantes. No caso das doenças respiratórias, ressalta-se que a medida utilizada, número de internações por município de residência, considera apenas os quadros mais graves.

O desmatamento, assim como as variáveis de controle precipitação acumulada (*precipitacao*), densidade populacional (*dens\_pop*), PIB per capita (*PIB\_pc*) e leitos por mil habitantes (*leitos*), apresenta elevada variação entre os municípios. Por outro lado, as variáveis originalmente mensuradas como proporções e obtidas dos Censos Demográficos do IBGE (2003, 2012, 2025a), como o abastecimento de água encanada, o esgotamento sanitário adequado e alfabetização, apresentam dispersão mais contida. Isso ocorre em razão do domínio restrito dessas variáveis (0 - 100) e de sua maior estabilidade temporal, considerando o uso de procedimentos de interpolação para os anos intercensitários.

As variáveis de infraestrutura de saúde, médicos e leitos por mil habitantes, evidenciam elevada heterogeneidade entre os municípios. Observam-se valores zero em alguns municípios, enquanto em outros registram-se valores superiores a dois mil médicos por mil habitantes. A densidade populacional também apresenta ampla dispersão, refletindo desde municípios pouco povoados até grandes concentrações urbanas. Quanto às variáveis climáticas, observa-se igualmente grande variação entre os municípios. A temperatura média anual, por exemplo, oscila de 14,23 °C a 30,34 °C, enquanto a precipitação total anual varia de 134,14 mm a 4.649,21 mm no período analisado.

Por fim, a diferença no número de observações entre as variáveis decorre da indisponibilidade de informações para determinados municípios em algumas bases secundárias utilizadas, caracterizando valores ausentes. Nesse contexto, destacam-se duas situações principais: (i) nas variáveis derivadas dos censos demográficos, há municípios sem informação em algum dos anos censitários, o que tornou temerária a interpolação dos dados para os anos intercensitários, considerando-se o elevado risco de viés no tratamento dessas informações; e (ii) nas variáveis relacionadas ao uso do solo, há municípios sem registro de determinadas atividades, como ocorre com a atividade cafeeira em municípios localizados nos biomas Pampa e Pantanal, situação em que se considerou inadequada a imputação artificial de valores.

De forma geral, os dados evidenciam a heterogeneidade temporal e espacial entre os municípios brasileiros nas variáveis analisadas, aspecto fundamental para a estratégia empírica

adotada neste estudo. As estatísticas descritivas desagregadas por bioma encontram-se nos Apêndices A a F.

### 3.3 Estratégia empírica

A literatura revisada demonstra que os efeitos do desmatamento sobre a saúde humana têm sido analisados, em geral, com foco em uma ou poucas doenças específicas, variando quanto às escalas temporais e espaciais adotadas.

No caso da malária, doença mais estudada entre as selecionadas para análise, embora a maioria dos resultados convirja para um efeito positivo e significativo, observa-se heterogeneidade entre os estudos. Essa variação estaria associada ao estágio de abertura da floresta, à escala temporal e espacial utilizada e às variáveis de controle adotadas. Os trabalhos sobre a relação entre desmatamento e malária concentram-se majoritariamente na Amazônia, com alguns poucos estudos em estados isolados em outras regiões, o que revela uma lacuna de investigação nos demais biomas brasileiros. Assim, propõe-se a expansão da análise para todo o território nacional, adotando um método uniforme de estimação, de modo a permitir comparações consistentes.

A relação entre o desmatamento e a doença ainda não é uniforme. O vetor *Aedes aegypti* adapta-se com facilidade aos ambientes urbanos, o que torna as condições socioeconômicas determinantes relevantes na transmissão. Entre os estudos revisados, predominam análises sobre a Amazônia, seguidas do Cerrado e alguns estados isoladamente, reforçando a necessidade de uma abordagem nacional comparativa.

Quanto à febre amarela, os estudos revisados não encontraram associação estatisticamente significativa com o desmatamento, atribuindo os baixos registros às campanhas de prevenção e à ampla cobertura vacinal. Para a doença de Chagas, as evidências permanecem inconclusivas, demandando novas análises causais. Já no caso da leishmaniose, verificou-se uma associação positiva, com os estudos disponíveis se concentrando na região amazônica ou em poucos estados. Assim, para essas duas doenças, propõe-se uma análise conjunta e ampliação do escopo para os demais biomas.

Os acidentes com animais peçonhentos foram os únicos analisados em escala nacional. De Moraes *et al.* (2021) testaram a correlação de Pearson entre estados agrupados por bioma e não encontraram correlação positiva. Por outro lado, Almeida-Gomes e Guariento (2025) realizaram análise por estado, com escopo nacional, utilizando modelos mistos lineares (LMM) aplicados a séries temporais para investigar a influência das mudanças no uso e cobertura da terra, incluindo a supressão da vegetação, sobre as taxas de acidentes com animais peçonhentos

no Brasil, encontrando resultados distintos conforme o tipo de animal. Para a Amazônia, análises com o conjunto de acidentes agrupados indicaram relação positiva entre acidentes e desmatamento. Dessa forma, uma análise municipal com escopo nacional e por bioma, aplicando um método econométrico uniforme, tende a gerar resultados comparáveis aos das doenças analisadas.

No caso das doenças respiratórias, os estudos revisados concentram-se na causalidade via poluição atmosférica decorrente das queimadas florestais e convergem quanto à existência de associação positiva. No presente trabalho, propõe-se avaliar exclusivamente o efeito do desmatamento sobre os desfechos respiratórios, tratando-o como variável explicativa principal.

Diante das lacunas identificadas para cada grupo de doenças, este estudo propõe uma análise nacional e por bioma, utilizando o mesmo método econométrico, a fim de estimar o efeito do desmatamento sobre os desfechos de saúde investigados.

Hipótese 1: O aumento do desmatamento, ao alterar habitats naturais e influenciar a mobilidade populacional, eleva a incidência de doenças transmitidas por vetores. Entretanto, esse efeito não é uniforme entre os biomas, dadas suas especificidades ambientais e socioeconômicas.

Hipótese 2: Elevações no desmatamento aumentam a ocorrência de acidentes com animais peçonhentos, ao influenciar o contato entre humanos e espécies deslocadas de seus habitats naturais.

Hipótese 3: O aumento do desmatamento municipal eleva a incidência de doenças respiratórias, em razão da redução da cobertura vegetal e da perda de serviços ecossistêmicos.

### 3.3.1 Modelo geral de dados em painel

A análise de dados em painel permite avaliar as relações entre variáveis levando em conta tanto a heterogeneidade entre as unidades quanto os efeitos dinâmicos que não são visíveis em dados puramente de corte transversal (Greene, 2012). De modo geral, a estrutura do modelo em painel pode ser expressa como:

$$y_{it} = x'_{it}\beta + z'_i\alpha + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

em que o subscrito  $i$  representa a unidade de observação e o subscrito  $t$  indica o período temporal;  $y_{it}$  é a variável dependente;  $x_{it}$  é um vetor de variáveis explicativas que variam ao longo do tempo;  $z'_i$  é o vetor de características da unidade invariantes no tempo (observáveis ou não) e  $\varepsilon_{it}$  é o termo de erro idiossincrático.

Quando essas características invariantes da unidade não são observáveis, seus efeitos podem ser incorporados em termo específico da unidade, definido como  $c_i = z'_i \alpha$ . Nesse caso, o modelo pode ser reescrito em sua forma reduzida como:

$$y_{it} = x'_{it} \beta + c_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Então, o termo  $c_i$  capta a heterogeneidade invariante no tempo de cada unidade, fornecendo a base para modelos de efeitos não observados. A depender da relação de  $c_i$  com as variáveis explicativas, distinguem-se duas especificações principais:

- (i) Modelo de efeitos aleatórios (EA), em que se assume independência média entre os efeitos individuais não observados e regressores,  $Cov(\alpha_i, x_{it}) = 0$ . Essa é uma hipótese forte.
- (ii) Modelo de efeitos fixos (EF), no qual se admite que  $c_i$  possa estar correlacionado com as variáveis explicativas, e a estimação se baseia na variação intra-unidade ao longo do tempo, utilizando o estimador *within*.

A definição do modelo a ser utilizado é realizada com base nas características das variáveis, mas a literatura reporta a realização de testes de correlação entre as variáveis explicativas e os efeitos não observados, tal como Hausman (1978), cujas hipóteses são:  $H_0$ , se  $Cov(\alpha_i, x_{it}) = 0$ , então os efeitos aleatórios são consistentes e eficientes e deve-se optar pelo modelo de efeitos aleatórios; mas se  $Cov(\alpha_i, x_{it}) \neq 0$ , então os efeitos aleatórios são inconsistentes e deve preferir os efeitos fixos, rejeitando-se a hipótese nula.

### 3.3.2 Especificação do modelo

Considerando a estratégia empírica delineada, estima-se um modelo de dados em painel com efeitos fixos para identificar o efeito do desmatamento sobre indicadores de saúde. A especificação base explora a variação intramunicipal no período 2008-2021, controlando simultaneamente por características não observadas invariantes no tempo e por choques comuns a todos os municípios em cada ano. O modelo especificado é:

$$\begin{aligned} \text{doencas}_{it} = & \beta_1 \text{desmatamento}_{it} + \beta_2 \text{temperatura}_{it} + \beta_3 \text{precipitacao}_{it} + \beta_4 \text{agric\_diversas}_{it} \\ & + \beta_5 \text{cafe}_{it} + \beta_6 \text{mandioca}_{it} + \beta_7 \text{soja}_{it} + \beta_8 \text{pecuaria}_{it} + \beta_9 \text{PIB\_pc}_{it} \\ & + \beta_{10} \text{agua\_encanada}_{it} + \beta_{11} \text{esgoto\_adequado}_{it} + \beta_{12} \text{paredes\_revest}_{it} \\ & + \beta_{13} \text{medicos}_{it} + \beta_{14} \text{leitros}_{it} + \beta_{15} \text{educ\_alfab}_{it} + \beta_{16} \text{pop\_rural}_{it} \\ & + \beta_{17} \text{dens\_pop}_{it} + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

em que  $doen\c{c}as_{it}$  representa a taxa de incidência da doença analisada no município  $i$  no ano  $t$ , podendo corresponder à malária, dengue, doença de Chagas, febre amarela e leishmaniose agregadas, doenças respiratórias ou acidentes com animais peçonhentos. A variável  $desmatamento_{it}$  corresponde à área desmatada e que se acumula ao longo do período. O termo  $\alpha_i$  representa os efeitos fixos do município, controlando características invariantes no tempo, como fatores geográficos e ambientais estruturais (por exemplo, altitude e presença de grandes corpos d'água). O termo  $\lambda_t$  representa os efeitos fixos de tempo, que captam choques comuns a todos os municípios em cada ano, como surtos epidêmicos e políticas nacionais de saúde. O termo  $\varepsilon_{it}$  é o termo de erro idiossincrático. Os subscritos  $i$  e  $t$  denotam, respectivamente, município e ano. As demais variáveis estão definidas na subseção Base de dados e Variáveis.

O uso de modelos de efeitos fixos é apropriado neste contexto, pois permite controlar a heterogeneidade não observada e fixa entre municípios que pode estar correlacionada com o desmatamento e com os desfechos de saúde, reduzindo o viés por variável omitida. Além disso, a inclusão de efeitos fixos de tempo possibilita controlar choques macroestruturais que afetam simultaneamente todos os municípios ao longo do período analisado.

As estimativas são realizadas para o conjunto nacional e separadamente por bioma, permitindo explorar a heterogeneidade dos efeitos do desmatamento sobre a saúde em diferentes contextos ecológicos e socioeconômicos.

Para atender ao objetivo de descrever o perfil epidemiológico dos desfechos estudados, foram analisadas estatísticas descritivas (média, mínimo, máximo e desvio padrão) e séries temporais das taxas de incidência anual para o período de 2008 a 2021.

Um aspecto relevante a ser considerado é a possibilidade de ocorrência de endogeneidade na relação analisada, de modo que não se pode descartar completamente a hipótese de causalidade reversa, na qual a incidência de doenças afete o desmatamento. Por exemplo, surtos podem impactar a atividade econômica local, a disponibilidade de mão de obra e decisões relacionadas ao uso da terra. No entanto, esse canal não parece ser o mecanismo predominante. A literatura revisada sugere que o desmatamento é fortemente influenciado por fatores como grau de rigidez das leis ambientais (Luiz; Steinke, 2022; Reydon *et al.*, 2023), fiscalização governamental (Arraes; Mariano; Simonassi, 2012; Assunção; Gandour; Rocha, 2013; Reydon *et al.*, 2023) e incentivos econômicos associados ao uso da terra para a agricultura e a pecuária (Fearnside, 2005; Dupin *et al.*, 2018; Alencar; Escada; Camargo, 2025). Portanto, é mais plausível que o desmatamento afete os desfechos de saúde do que o inverso. Ainda assim, para minimizar potenciais vieses, foram incorporados um amplo conjunto de controles, bem como o PIB per capita defasado, como proxy para condições econômicas prévias.

Com base na literatura revisada e na definição das variáveis apresentada na subseção 3.1, estabelecem-se os sinais previamente esperados para os coeficientes estimados, conforme indicados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Sinais esperados das variáveis explicativas

|                        | Malária | Dengue | Chagas | FA_Leish | Respiratória | Animais | Mecanismo teórico esperado  |
|------------------------|---------|--------|--------|----------|--------------|---------|---|
| <i>desmatamento</i>    | +/-     | +/-    | +/-    | +/-      | +            | +/-     | Fragmentação florestal, maior contato humano-vetor / Respiratório: emissão de poluentes pelas queimadas                         |
| <i>temperatura</i>     | +       | +      | +      | +        | -            | +/-     | Aumento da atividade metabólica dos vetores e animais ectotérmicos / Respiratório: internações aumentam no frio                 |
| <i>precipitação</i>    | +/-     | +/-    | +      | +        | +            | +/-     | Chuvas moderadas favorecem os animais e vetores / chuvas intensas podem destruir habitats                                       |
| <i>agric_diversas</i>  | +       | +      | +      | +        | +            | +       | Expansão agrícola aumentam interface humano-ambiente  |
| <i>café</i>            | +       | +      | +      | +        | +            | +       | Expansão agrícola aumentam interface humano-ambiente  |
| <i>mandioca</i>        | +       | +      | +      | +        | +            | +       | Agricultura familiar intensiva em trabalho e maior exposição ocupacional  |
| <i>pecuária</i>        | +/-     | +/-    | +/-    | +/-      | +            | +       | Simplificação ambiental e possível efeito de hospedeiro de desvio / Aumento da detecção e notificação por melhor infraestrutura |
| <i>PIB_pc</i>          | -       | +/-    | -      | -        | -            | -       | Melhores condições de saúde / maior capacidade da detecção e notificação  |
| <i>agua_encanada</i>   | -       | -      | -      | -        | -            | -       | Melhores condições sanitárias e menor vulnerabilidade   |
| <i>esgoto_adequado</i> | -       | -      | -      | -        | -            | -       | Melhores condições sanitárias e menor vulnerabilidade   |
| <i>paredes_revest</i>  | -       | -      | -      | -        | -            | -       | Barreira física contra vetores e animais e melhores condições habitacionais   |
| <i>médicos</i>         | +/-     | +/-    | +/-    | +/-      | +/-          | +/-     | Maior capacidade de prevenção, mas também de diagnóstico e notificação  |
| <i>leitos</i>          | +/-     | +/-    | +/-    | +/-      | +            | +/-     | Maior capacidade hospitalar e registro de casos, mas melhor estrutura pode influenciar maior capacidade de prevenção            |
| <i>educ_alfab</i>      | -       | -      | -      | -        | -            | -       | Educação melhora prevenção  |
| <i>pop_rural</i>       | +       | -      | +      | -        |              | +       | Maior exposição ocupacional e proximidade com ambientes naturais / processo de urbanização de vetores                           |
| <i>dens_pop</i>        | +       | +      | +      | +        | +            | +       | Urbanização, infraestrutura e dinâmica de transmissão   |

**Fonte:** Elaboração própria.

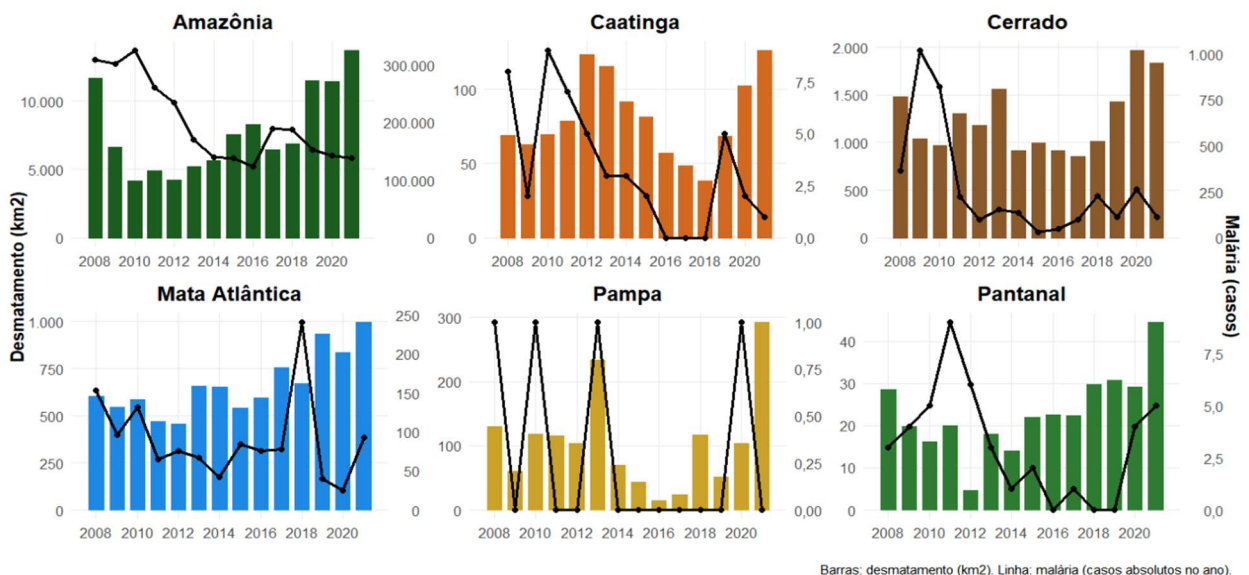
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da estimação dos modelos de painel com efeitos fixos de município e ano para a incidência de malária, dengue, doença de Chagas, leishmaniose e febre amarela (analisadas de forma agregada), acidentes com animais peçonhentos e doenças respiratórias. As estimações foram realizadas tanto para o Brasil agregado quanto desagregado por bioma, com o objetivo de identificar a influência do desmatamento e de outros fatores explicativos sobre a ocorrência desses agravos, considerando-se também a possibilidade de efeitos heterogêneos entre os diferentes biomas brasileiros. Para fins de inferência estatística, foram reportados erros-padrão robustos de Driscoll-Kraay (Driscoll; Kraay,1998), que são robustos à heterocedasticidade, à autocorrelação serial e à dependência transversal entre as unidades observacionais do painel.

### 4.1 Malária

A malária é historicamente endêmica na região da Amazônia, de modo que os registros de casos nos demais biomas são bastante reduzidos, como ilustrado na Figura 3.

**Figura 3** - Desmatamento (km<sup>2</sup>) e casos de malária por bioma, 2008-2021



**Fonte:** Elaboração própria a partir de BRASIL. Ministério da Saúde (2025a; 2025d; 2025e).

Assim, na análise por bioma, não foram incluídas as estimações para Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. No bioma Mata Atlântica, onde ocorre a chamada malária de bromélia, observou-se um pico isolado de 250 casos em 2018; nos demais anos, contudo, os

registros permaneceram em níveis baixos e voláteis, o que torna a estimação econométrica pouco robusta e sujeita a resultados estatisticamente espúrios.

Dessa forma, optou-se por realizar estimações apenas para os biomas Amazônia, Cerrado e o agregado nacional, cujos resultados são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Resultados das estimações para malária

|                       | Brasil                        | Amazônia                      | Cerrado                       |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <i>desmatamento</i>   | <b>-0,0141**</b><br>(0,0055)  | <b>-0,0120**</b><br>(0,0041)  | 0,0002<br>(0,0004)            |
| <i>temperatura</i>    | 0,3136<br>(0,3044)            | 1,2984<br>(2,3494)            | 0,0203<br>(0,0116)            |
| <i>precipitação</i>   | <b>0,0008*</b><br>(0,0004)    | 0,0003<br>(0,0019)            | 0,00004<br>(0,00003)          |
| <i>agric_diversas</i> | <b>-0,0126***</b><br>(0,0039) | <b>-0,5931***</b><br>(0,1288) | -0,0006<br>(0,0005)           |
| <i>café</i>           | 0,0152<br>(0,0128)            | <b>3,1155**</b><br>(1,0413)   | 0,0002<br>(0,0002)            |
| <i>mandioca</i>       | <b>-0,0818**</b><br>(0,0288)  | -0,6924<br>(0,5867)           | <b>0,0120*</b><br>(0,0067)    |
| <i>soja</i>           | 0,0037<br>(0,0058)            | 0,1617<br>(0,2790)            | -0,0002<br>(0,0002)           |
| <i>pecuária</i>       | <b>-0,0045***</b><br>(0,0015) | 0,0225<br>(0,0199)            | -0,0001<br>(0,0001)           |
| <i>PIB_pc</i>         | 0,00001<br>(0,00001)          | <b>0,0001**</b><br>(0,00004)  | 0,00000<br>(0,0000)           |
| <i>agua_encanada</i>  | 0,0149<br>(0,0114)            | 0,1349<br>(0,1559)            | <b>-0,0011*</b><br>(0,0006)   |
| <i>esgoto_adequa</i>  | <b>0,0306***</b><br>(0,0056)  | <b>0,1616***</b><br>(0,0196)  | 0,000005<br>(0,0001)          |
| <i>paredes_revest</i> | <b>-0,0528**</b><br>(0,0189)  | <b>0,2308**</b><br>(0,0775)   | <b>-0,0013*</b><br>(0,0006)   |
| <i>médicos</i>        | 0,0718<br>(0,0951)            | 5,5935<br>(3,4282)            | -0,0029<br>(0,0023)           |
| <i>leitos</i>         | -0,0034<br>(0,0028)           | -0,2089<br>(0,1711)           | -0,00004<br>(0,00003)         |
| <i>educ_alfab</i>     | <b>-0,2727*</b><br>(0,1288)   | -0,8187<br>(0,7876)           | <b>-0,0049***</b><br>(0,0016) |
| <i>pop_rural</i>      | 0,0179<br>(0,0216)            | <b>0,3464***</b><br>(0,1122)  | -0,0007<br>(0,0005)           |
| <i>dens_pop</i>       | 0,0003<br>(0,0004)            | <b>0,0279**</b><br>(0,0095)   | <b>0,00003*</b><br>(0,00002)  |
| Num.Obs.              | 77189                         | 7010                          | 14764                         |
| R <sup>2</sup>        | 0,0092                        | 0,0502                        | 0,0119                        |

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

#### 4.1.1 Brasil

Os resultados da Tabela 4 indicam que a incidência de malária no Brasil estaria associada a fatores ambientais, produtivos e socioeconômicos, o que refletiria a natureza multifatorial da dinâmica de transmissão da doença. Em termos ambientais, observou-se associação negativa entre o desmatamento acumulado e a incidência de malária, enquanto a precipitação exerceria efeito positivo. No âmbito das atividades produtivas, as áreas cultivadas com mandioca e culturas diversas, bem como a atividade pecuária, apresentaram associações negativas. Entre as variáveis socioeconômicas e domiciliares, destaca-se associação positiva do esgotamento sanitário adequado, ao passo que a proporção de domicílios com paredes revestidas e a taxa de educação exibiram associações negativas.

No período de 2008 a 2021, observa-se que o aumento do desmatamento acumulado estaria associado à redução da taxa de malária por mil habitantes. O resultado indica que um acréscimo de 100 km<sup>2</sup> na área desmatada estaria associado, em média, à redução de aproximadamente 1,4 casos por mil habitantes. Embora esse resultado contraste com grande parte das evidências empíricas, que identificaram efeito positivo do desmatamento sobre a incidência de malária, especialmente em regiões de fronteira florestal (Barros e Honório, 2015; MacDonald e Mordecai, 2019; Arisco *et al.*, 2024), ele pode ser compatível com estudos que destacam a existência de relações não lineares (Santos e Almeida, 2018; Laporta *et al.*, 2021) e efeitos dependentes do estágio de transformação da paisagem (Rerolle *et al.*, 2021).

Rerolle *et al.* (2021), por exemplo, encontraram associação positiva entre desmatamento e aumento de casos no curto prazo (1 a 2 anos) no Laos, mas reduções no longo prazo (3 a 5 anos), à medida que a paisagem se estabilizava. De modo semelhante, análises estratificadas por estado, como as de Padilha *et al.* (2019) e Arisco *et al.* (2024), indicaram que a direção do efeito do desmatamento dependia do nível de cobertura florestal: positiva em regiões ainda amplamente florestadas e negativa em áreas já intensamente antropizadas.

Barros e Honório (2015) contribuíram para essa discussão ao demonstrar que o maior risco de transmissão ocorria em paisagens parcialmente desmatadas, nas quais a fragmentação florestal criava ecótonos altamente favoráveis à reprodução do *Anopheles darlingi*. À medida que o desmatamento progredia e a paisagem se tornava amplamente aberta, ocorria a perda dos micro-habitats sombreados necessários à oviposição e à sobrevivência larval, além do aumento da distância entre as residências humanas e os focos vetoriais, resultando na redução da incidência de malária no médio e longo prazo.

Assim, no contexto brasileiro agregado, o comportamento crescente e acumulado do desmatamento ao longo do período analisado pode sugerir que o país se encontre, em média,

em um estágio no qual a contínua perda de cobertura florestal contribui para a redução dos habitats do vetor, o que se reflete em associação negativa com a incidência da malária.

Além do volume acumulado de área desmatada, a intensidade e o método de supressão vegetal podem desempenhar papel relevante na dinâmica da transmissão. Santos e Almeida (2018) identificaram um ponto de inflexão, estimado em 363 km<sup>2</sup>, a partir do qual o avanço do desmatamento passaria a reduzir a incidência de malária, em decorrência da degradação extrema dos habitats vetoriais. Esse achado é compatível com a hipótese de que o uso de técnicas de desmatamento em larga escala, como a mecanização pesada, historicamente associada ao método de correntões, promoveria a remoção quase completa da cobertura vegetal, causando destruição abrupta de micro-habitats utilizados por vetores e hospedeiros.

Inicialmente, empregado no Cerrado por razões de custo e eficiência em ambientes de vegetação mais rala (Testa, 1972), esse tipo de técnica passou a ser utilizado também em áreas da Amazônia a partir da expansão agropecuária em larga escala, sobretudo a partir da década de 1970. Embora Fearnside (2005) não tenha utilizado explicitamente o termo “correntões”, a descrição do uso intensivo de tratores e mecanização pesada sugeriu a adoção de práticas com efeitos ambientais semelhantes.

Sob essa perspectiva, é plausível supor que, em contextos de desmatamento mais intensivo e mecanizado, a remoção quase total da vegetação impactaria negativamente a incidência da malária ao eliminar microambientes favoráveis à reprodução do vetor. No entanto, cabe ressaltar que as evidências epidemiológicas raramente distinguem os tipos ou métodos de desmatamento, tratando a perda de cobertura florestal de forma agregada. Assim, a hipótese de que técnicas mais agressivas de supressão vegetal modulam diferentemente o risco de doenças vetoriais permanece pouco explorada.

Ainda assim, a associação negativa observada não deve ser interpretada exclusivamente como um efeito ambiental direto do desmatamento contínuo ou resultado da forma intensa de desmate. Ela pode refletir também o fortalecimento das ações de controle da doença ao longo do período analisado, com destaque para a ampliação do diagnóstico oportuno e a introdução de terapias mais eficazes, em cenário em que o desmatamento continuava em crescimento.

A partir de 2006, passaram a ser adotados no Brasil os derivados da artemisinina para o tratamento da malária por *Plasmodium falciparum*, os quais promovem cura mais rápida, reduzem a gravidade clínica e contribuem para a interrupção da transmissão ao eliminar os gametócitos antes que o mosquito seja infectado (Ministério da Saúde, 2022). Esses avanços ajudariam a explicar a redução mais acentuada do *P. falciparum* em comparação ao *P. vivax* e a mudança no perfil epidemiológico da doença. Enquanto anteriormente predominavam

infecções por *P. falciparum*, associadas a formas mais graves da doença, observa-se atualmente o predomínio do *P. vivax*, que tende a causar quadros clínicos menos graves e a manter níveis mais baixos de transmissão quando há diagnóstico e tratamento contínuos (Ministério da Saúde, 2022).

A precipitação apresentou coeficiente positivo. O resultado indica que o aumento de 100 mm estaria associado ao acréscimo médio de aproximadamente 0,08 casos por mil habitantes. Esse resultado é coerente com a hipótese de que a precipitação influenciaria a disponibilidade de criadouros ao formar poças e corpos d'água (Barros *et al.*, 2011).

No que se refere às atividades produtivas, o cultivo da mandioca apresentou associação negativa. O resultado indica que um aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associado à redução de aproximadamente 0,8 casos de malária por mil habitantes, o que seria coerente com o caráter predominantemente não irrigado dessa atividade, que tenderia a não favorecer a formação de criadouros do mosquito vetor. Para o conjunto de outras lavouras, excetuando-se café e soja, os resultados indicam redução de cerca de 0,1 casos de malária por mil habitantes, possivelmente associados a efeitos de renda.

A atividade pecuária apresentou associação negativa: a adição de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup> estaria associada à redução média de aproximadamente 0,04 casos por mil habitantes. Esse resultado é compatível com a interpretação proposta por Santos e Almeida (2018), de um possível efeito de zoonose, associado à preferência do vetor pelo sangue bovino, e do efeito renda, em linha com o chamado “paradoxo dos arrozais”, no qual o avanço agrícola, extensivo à pecuária, poderia elevar a renda da comunidade e, simultaneamente, reforçar as defesas contra o vetor.

No âmbito da infraestrutura domiciliar, a proporção de domicílios com esgotamento sanitário adequado apresentou coeficiente positivo. O resultado indica que um aumento de 10 pontos percentuais estaria associado a um acréscimo de cerca de 0,3 casos por mil habitantes. Esse resultado não deve ser interpretado como efeito causal da infraestrutura sobre a doença, pois pode sugerir maior capacidade de detecção e notificação em municípios com melhores condições domiciliares, ao passo que localidades mais precárias tendem à subnotificação. Em contraste, a proporção de domicílios com paredes revestidas apresentou associação negativa, indicando que ambientes domiciliares mais protegidos estariam associados à menor exposição ao vetor.

Por fim, a variável educação apresentou associação negativa, em que um aumento de 10 pontos percentuais na proporção de pessoas alfabetizadas estaria associado à redução de aproximadamente 2,7 casos da doença por mil habitantes, no mesmo sentido dos achados

observados por Saccaro, Mation e Sakowski (2015) e Santos e Almeida (2018) para variável relacionada à educação. Esse resultado reforça o papel da educação na prevenção da doença, ao ampliar o acesso à informação e favorecer a adoção de práticas preventivas.

#### 4.1.2 Amazônia

A Amazônia é a região com maior incidência histórica de malária no Brasil, em razão de suas características climáticas, ambientais e socioeconômicas, bem como da proximidade entre ocupação humana e ambientes florestais. Os resultados das estimativas realizadas neste trabalho indicam que a dinâmica recente da doença reflete a interação entre fatores ambientais, produtivos e maior capacidade institucional de vigilância, diagnóstico e resposta em saúde.

No que se refere ao desmatamento, o coeficiente estimado é negativo. O resultado encontrado indica que um acréscimo de 100 km<sup>2</sup> na área desmatada estaria associado à redução média de aproximadamente 1,2 casos por mil habitantes, magnitude próxima à encontrada para o Brasil agregado. Esse resultado contrastou com achados de autores como Saccaro, Mation e Sakowski (2015), Santos (2017) e Santos e Almeida (2018), MacDonald e Mordecai (2019) e Arisco (2024), que identificaram associação positiva entre desmatamento e incidência da doença, frequentemente relacionada à aproximação da população às áreas de fronteira florestal e à intensificação das interações entre ocupação humana e ambientes propícios ao vetor. Ainda assim, Santos (2017) e Santos e Almeida (2018) também apontaram evidências de não linearidade nessa relação. Dessa forma, a associação negativa observada neste trabalho deve ser interpretada à luz das transformações ocorridas no padrão espacial e temporal do desmatamento na Amazônia ao longo do período analisado.

Entre 2008 e 2012, houve redução expressiva do desmatamento, conforme pode ser observado na Figura 3. Essa redução foi impulsionada por políticas de controle como o PPCDAm, aliadas ao fortalecimento do monitoramento via Sistema DETER. Nesse intervalo, o desmatamento passou a ocorrer de forma mais fragmentada, com polígonos frequentemente inferiores a 6,25 ha, estratégia associada à tentativa de evasão dos sistemas de monitoramento. A partir de 2013, o desmatamento voltou a crescer de forma gradual e, após 2019, passou a se caracterizar por polígonos de grande extensão, frequentemente superiores a 100 ha (Montibeller *et al.*, 2020; Trancoso, 2021; Alencar; Escada; Camargo, 2025).

Essas mudanças no padrão do desmatamento poderiam ter contribuído para a modificação ou destruição de habitats vetoriais, alterando a relação entre ambiente e transmissão da malária em uma região historicamente endêmica. Em consonância com as

evidências discutidas para o Brasil agregado, esse resultado sugere que, em estágios mais avançados de transformação da paisagem, a perda progressiva de ambientes florestais sombreados e a maior distância entre áreas habitadas e focos potenciais de reprodução do vetor tenderiam a reduzir a incidência da doença no médio e longo prazo.

Paralelamente às transformações ambientais ocorridas no bioma, também deve ser considerado o fortalecimento contínuo das políticas públicas de controle da doença. Desde meados dos anos 2000, a região tem sido alvo prioritário de estratégias de vigilância epidemiológica, diagnóstico precoce e tratamento oportuno, com destaque para a ampliação do acesso aos testes rápidos e a adoção de esquemas terapêuticos mais eficazes, especialmente após a introdução dos derivados da artemisinina para o tratamento da malária por *Plasmodium falciparum*. Essas medidas teriam contribuído para a redução da gravidade clínica, a diminuição da duração da infecção e a interrupção mais eficiente da cadeia de transmissão, conforme o Ministério da Saúde (2022), particularmente nos municípios amazônicos com maior capacidade institucional dos sistemas de saúde, especialmente em termos de vigilância epidemiológica, diagnóstico e tratamento.

Nesse contexto, parte da associação negativa entre o desmatamento acumulado e a incidência da malária (Tabela 4), também evidenciada na Figura 3, na qual se observa declínio da incidência da doença concomitante ao aumento do desmatamento ao longo da série, pode refletir não apenas alterações nos habitats vetoriais, mas também efeitos combinados e cumulativos das políticas de controle intensificadas na Amazônia ao longo do período analisado.

A agricultura de culturas diversas apresentou associação negativa, indicando que um aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associado à redução média de quase 6 casos por mil habitantes. Esse resultado pode refletir efeitos indiretos associados à geração de renda agrícola e à consolidação do uso produtivo do solo, reduzindo a exposição da população a ambientes florestais primários, onde a presença de vetores tende a ser maior.

Em contraste, o cultivo do café apresentou coeficiente positivo, indicando que uma ampliação de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associada a um incremento estimado de aproximadamente 31 casos de malária por mil habitantes. Embora elevado, esse resultado é compatível com características específicas da cafeicultura amazônica, que demanda trabalho frequente no campo (Marcolan; Espindola, 2015), aumentando a exposição ocupacional aos vetores em áreas endêmicas; no entanto, também pode refletir a concentração espacial da cafeicultura em municípios amazônicos historicamente associados à transmissão da doença. Ademais, nesse bioma, a produção de café é predominantemente realizada por

agricultores familiares, em pequenas lavouras, com expansão gradual do uso de irrigação no período seco para aumento da produtividade (Solimões, 2022), o que pode favorecer a formação de criadouros em determinados contextos.

No âmbito socioeconômico, o PIB per capita apresentou coeficiente positivo, em linha com o resultado observado para o Brasil agregado. Um aumento de R\$ 1.000,00 no PIB per capita estaria associado ao acréscimo aproximado de 0,1 casos de malária por mil habitantes. Esse efeito pode refletir maior exposição ocupacional associada a atividades como garimpo e exploração florestal, bem como a atração de migrantes não imunes. Simultaneamente, não se pode descartar que municípios com melhores condições econômicas apresentem maior capacidade de diagnóstico e notificação da doença.

No que se refere à infraestrutura domiciliar, o esgotamento sanitário adequado e a proporção de domicílios com paredes revestidas apresentaram sinal positivo. Esses resultados sugerem que, nesse contexto, condições domiciliares mais estruturadas podem refletir maior acesso aos serviços de saúde e maior probabilidade de diagnóstico, e não necessariamente maior risco intrínseco de transmissão.

A proporção da população rural da Amazônia apresentou coeficiente positivo, indicando que um aumento de 10 pontos percentuais estaria associado ao acréscimo de quase 3,5 casos de malária por mil habitantes. Esse resultado é consistente com a literatura que caracteriza a malária como uma doença predominantemente rural e periurbana (Singer; Castro, 2001; Arisco *et al.*, 2024; Jesus; Neto; Assis, 2024).

Por fim, a densidade populacional apresentou coeficiente positivo. O resultado encontrado indica que um aumento de 10 habitantes por km<sup>2</sup> estaria associado a um incremento médio de aproximadamente 0,3 caso de malária por mil habitantes. Esse resultado contrastou com os achados de Bauch *et al.* (2015) e Santos e Almeida (2018), que encontraram associação negativa entre densidade populacional e incidência de malária. Por outro lado, Achcar *et al.* (2011) também encontraram associação positiva, relacionando esse padrão a fatores como fluxos migratórios para assentamentos agrícolas e áreas de mineração informal próximas às fronteiras florestais, além da maior vulnerabilidade imunológica de populações migrantes. De modo semelhante, Jesus, Neto e Assis (2024) apontaram que o crescimento populacional desordenado, associado ao avanço sobre áreas florestais e à ausência de infraestrutura sanitária adequada, também poderia contribuir para essa associação positiva. Dessa forma, a densidade populacional poderia estar captando processos de crescimento populacional urbano desordenado em cidades da Amazônia durante o período analisado.

De modo geral, os resultados sugerem que a dinâmica recente da malária na Amazônia não pode ser explicada apenas por fatores ambientais isolados, mas deve ser compreendida à luz da interação entre transformações no uso da terra, atividades econômicas e o fortalecimento das políticas públicas de saúde. Nesse sentido, os achados reforçam a importância de considerar fatores institucionais na interpretação dos efeitos ambientais sobre a transmissão da malária.

#### 4.1.2 Cerrado

No bioma Cerrado, foram registrados 3.722 casos de malária ao longo do período analisado (2008–2021), com pico de 1.020 casos no ano de 2009, seguido de 822 casos em 2010 e queda acentuada para 225 casos em 2011 (BRASIL, 2025a), mantendo-se, a partir de então, em patamares próximos a esse nível até o final do período observado.

As variáveis que apresentaram associação positiva com a incidência de malária no Cerrado foram o cultivo de mandioca e a densidade populacional, enquanto variáveis de infraestrutura domiciliar e educação exibiram associações negativas com a doença.

O cultivo da mandioca apresentou coeficiente positivo no Cerrado. O resultado encontrado indica que um aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associado a um acréscimo médio de aproximadamente 0,1 caso da doença por mil habitantes. Esse resultado pode refletir características específicas do sistema produtivo nesse bioma, uma vez que, em geral, os solos são pobres em nutrientes e exigem preparo mais intensivo, com revolvimento frequente. Esse processo gera sulcos, depressões e áreas compactadas, conforme Fialho e Vieira (2013), que favorecem a formação de pequenos acúmulos de água no solo e modificam microambientes locais, o que poderia contribuir para a presença de criadouros potenciais de vetores. Além disso, essa atividade geralmente é realizada por agricultores familiares, o que demanda trabalho intensivo no campo (Abrell *et al.*, 2022; Coelho *et al.*, 2021), aumentando a permanência dos trabalhadores em ambientes rurais e, conseqüentemente, a exposição ocupacional ao vetor, especialmente quando o cultivo ocorre próximo a áreas de vegetação natural.

No que se refere às variáveis socioeconômicas, a educação apresentou coeficiente negativo, em consonância com o resultado obtido para o Brasil agregado. Um aumento de 10 pontos percentuais na proporção de pessoas alfabetizadas estaria associado à redução de aproximadamente 0,05 caso de malária por mil habitantes. Esse resultado reforça o papel da educação na prevenção da doença, ao ampliar o acesso à informação e favorecer a adoção de práticas preventivas (Santos; Almeida, 2018).

A cobertura de abastecimento com água encanada e a proporção de domicílios com paredes revestidas apresentaram associação negativa com a incidência da doença. O resultado indica que um aumento de 10 pontos percentuais nessas variáveis estaria associado à redução média de 0,01 caso de malária por mil habitantes. Esses resultados estão de acordo com Bauhoff e Busch (2020), que demonstraram que a infraestrutura urbana consolidada (água encanada) e a habitação de qualidade atuam como barreiras físicas e socioeconômicas, reduzindo o risco ambiental ao eliminar criadouros próximos e diminuir a taxa de picadas infectantes dentro do domicílio.

Por fim, a densidade populacional apresentou associação positiva com os casos de malária no Cerrado. Esse resultado é compatível com os achados de Adorno *et al.* (2022), que, ao analisarem a ocorrência de doenças vetoriais no Cerrado, observaram maior concentração de casos de malária em municípios mais populosos e urbanizados, associando esse padrão ao crescimento territorial e populacional das áreas urbanas. Segundo os autores, as atividades antrópicas que degradam o Cerrado intensificariam a interação entre ambientes antrópicos e habitats vetoriais.

De modo geral, embora os coeficientes estimados apresentem significância estatística, as magnitudes associadas sugerem efeitos marginais limitados, possivelmente associados à menor relevância epidemiológica da malária nesse bioma em comparação à Amazônia.

## 4.2 Dengue

A dengue é uma doença cuja dinâmica resulta da interação entre fatores de natureza ambiental, climática e socioeconômica, amplamente discutidos em evidências empíricas e estimados nesta análise. Os resultados são apresentados na Tabela 5 para o agregado nacional e, quando a variabilidade dos dados permitiu estimação robusta, também de forma desagregada por bioma. Para o bioma Pampa, em razão da baixa incidência e da forte concentração temporal dos casos, optou-se por análise descritiva.

**Tabela 5** - Resultados das estimações para dengue

|                     | Brasil                        | Amazônia             | Caatinga            | Cerrado                    | M. Atlântica                | Pantanal            |
|---------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| <i>desmatamento</i> | <b>-0,0020***</b><br>(0,0006) | -0,0003<br>(0,0003)  | 0,0154<br>(0,0149)  | -0,0006<br>(0,0036)        | <b>-0,1052*</b><br>(0,0545) | -0,1073<br>(0,1544) |
| <i>temperatura</i>  | 1,1058<br>(0,7833)            | -0,5395<br>(0,6229)  | 0,1608<br>(0,3693)  | 0,6830<br>(0,9594)         | 2,4120<br>(1,3676)          | -0,5165<br>(1,4716) |
| <i>precipitação</i> | 0,0008<br>(0,0010)            | -0,00004<br>(0,0006) | -0,0010<br>(0,0008) | <b>0,0040*</b><br>(0,0019) | 0,0007<br>(0,0011)          | -0,0048<br>(0,0051) |

|                        | Brasil                        | Amazônia                      | Caatinga                      | Cerrado                       | M. Atlântica                  | Pantanal             |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| <i>agric_diversas</i>  | 0,0464<br>(0,0306)            | -0,0229<br>(0,1010)           | <b>0,0462*</b><br>(0,0260)    | -0,0231<br>(0,0246)           | 0,0651<br>(0,0389)            | 0,7679<br>(8,1909)   |
| <i>café</i>            | <b>-0,0859**</b><br>(0,0390)  | 0,7089<br>(0,4556)            | <b>-0,2478***</b><br>(0,0780) | 0,0986<br>(0,0834)            | <b>-0,0914***</b><br>(0,0294) |                      |
| <i>mandioca</i>        | 0,0135<br>(0,0453)            | <b>-0,1880**</b><br>(0,0695)  | -0,0199<br>(0,0192)           | 0,0427<br>(0,1167)            | 0,0275<br>(0,0677)            | 35,1780<br>(31,4500) |
| <i>soja</i>            | 0,0361<br>(0,0365)            | 0,0500<br>(0,0538)            | 0,1940<br>(0,3947)            | -0,0122<br>(0,0362)           | 0,0436<br>(0,0435)            | 2,2887<br>(1,9381)   |
| <i>pecuária</i>        | <b>-0,0331***</b><br>(0,0098) | <b>-0,0286*</b><br>(0,0141)   | <b>-0,0142*</b><br>(0,0070)   | -0,0050<br>(0,0092)           | <b>-0,0339**</b><br>(0,0113)  | -0,0891<br>(0,1677)  |
| <i>PIB_pc</i>          | 0,000001<br>(0,000003)        | 0,000003<br>(0,00001)         | 0,00002<br>(0,00002)          | 0,000003<br>(0,00001)         | -0,000001<br>(0,000002)       | 0,0003<br>(0,0004)   |
| <i>água_encanada</i>   | <b>-0,0341**</b><br>(0,0144)  | <b>-0,0302**</b><br>(0,0115)  | -0,0057<br>(0,0126)           | <b>-0,0665**</b><br>(0,0252)  | <b>-0,0473*</b><br>(0,0246)   | 0,6660<br>(1,6635)   |
| <i>esgoto_adequado</i> | 0,0018<br>(0,0062)            | -0,0036<br>(0,0057)           | -0,0053<br>(0,0042)           | 0,0097<br>(0,0095)            | 0,0202<br>(0,0180)            | -0,1642<br>(0,1286)  |
| <i>paredes_revest</i>  | 0,0162<br>(0,0307)            | <b>-0,0427**</b><br>(0,0176)  | 0,0087<br>(0,0071)            | <b>-0,0632***</b><br>(0,0198) | 0,0845<br>(0,0509)            | -0,2526<br>(0,6742)  |
| <i>médicos</i>         | 0,0468<br>(0,0704)            | 0,1844<br>(0,2841)            | <b>-0,1118*</b><br>(0,0539)   | 0,0557<br>(0,1516)            | 0,0273<br>(0,0534)            | 1,6796<br>(1,9766)   |
| <i>leitos</i>          | -0,0038<br>(0,0029)           | -0,0079<br>(0,0241)           | 0,0045<br>(0,0050)            | -0,0110<br>(0,0078)           | -0,0054<br>(0,0035)           | 1,7771<br>(1,1593)   |
| <i>educ_alfab</i>      | <b>-0,2113**</b><br>(0,0972)  | <b>0,3934***</b><br>(0,0892)  | <b>0,1712***</b><br>(0,0451)  | 0,0299<br>(0,1289)            | -0,1199<br>(0,1096)           | -0,2537<br>(1,4063)  |
| <i>pop_rural</i>       | <b>-0,0299***</b><br>(0,0061) | <b>-0,0755***</b><br>(0,0157) | -0,0043<br>(0,0089)           | <b>-0,0566***</b><br>(0,0175) | 0,0056<br>(0,0121)            | -0,0287<br>(0,3139)  |
| <i>dens_pop</i>        | -0,0017<br>(0,0017)           | <b>0,0107***</b><br>(0,0034)  | <b>-0,0052**</b><br>(0,0022)  | 0,0113<br>(0,0088)            | <b>-0,0040*</b><br>(0,0018)   | 0,7292<br>(0,5789)   |
| Num.Obs.               | 77189                         | 7010                          | 15296                         | 14764                         | 37794                         | 126                  |
| R <sup>2</sup>         | 0,0508                        | 0,015                         | 0,0327                        | 0,0892                        | 0,0835                        | 0,4251               |

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

#### 4.2.1 Brasil

No agregado nacional, não se observaram associações positivas estatisticamente significativas entre as variáveis analisadas e a incidência de dengue. Em contrapartida, desmatamento, cultivo de café, atividade pecuária, abastecimento domiciliar de água, educação e proporção de população rural apresentaram associações negativas com os casos da doença, conforme Tabela 5.

Observa-se uma associação negativa entre o desmatamento e a incidência de dengue. O resultado indica que a expansão de 100 km<sup>2</sup> na área desmatada estaria associada a uma redução aproximada de 0,2 caso por mil habitantes. Esse resultado contrastou com parte das evidências empíricas, que identificaram efeito positivo do desmatamento sobre os casos da doença e o

relacionaram à redução de predadores naturais do *Aedes aegypti*, como outros mosquitos, libélulas e peixes; em função da perda de habitat, bem como a alterações microclimáticas decorrentes da remoção da cobertura vegetal, que elevam a temperatura do ar e aceleram o ciclo de vida do vetor (Silva *et al.*, 2022; Galeana-Pizaña *et al.*, 2024). Contudo, a associação negativa encontrada é coerente com evidências que caracterizaram o *Aedes aegypti* como um vetor altamente adaptado a ambientes urbanos, sobretudo em contextos de urbanização rápida e não planejada, frequentemente associados ao adensamento populacional e a condições socioeconômicas mais vulneráveis (Saccaro; Mation; Sakowski, 2015; Kalbus *et al.*, 2021; Da Silva *et al.*, 2022; Khan *et al.*, 2023). Nesse contexto, a intensificação do desmatamento, geralmente concentrada em áreas de baixa densidade populacional, aliada ao alcance de voo limitado do mosquito (aproximadamente 500 metros) e à sua curta expectativa de vida, de duas a quatro semanas (Garg, 2015), tenderia a reduzir a probabilidade de contato entre o vetor e a população humana. Assim, a remoção do habitat florestal poderia resultar, paradoxalmente, em menor incidência da doença, principalmente em áreas rurais e periurbanas menos povoadas.

No caso da cafeicultura, observou-se associação negativa com a incidência de dengue. O resultado indica que uma ampliação de 10 pontos percentuais em sua participação estaria associada à redução de 0,8 casos de dengue por mil habitantes. Esse resultado pode estar associado a características territoriais das áreas produtoras de café ou, subsidiariamente, a mecanismos sugeridos pela literatura experimental sobre compostos do café com potencial efeito larvicida, embora essa extrapolação deva ser feita com cautela.

Nesse contexto, Castro (2023) demonstrou que extratos de café verde e de café torrado, especialmente este último por conter catequina, além do ácido cafeico e do ácido clorogênico; causaram altas taxas de mortalidade larval, indicando que compostos presentes no café poderiam atuar como fatores ambientais de controle vetorial. De forma complementar, estudos conduzidos pela Universidade do Estado de São Paulo (UNESP) já haviam identificado que a borra de café poderia impedir o desenvolvimento larval do mosquito, alcançando mortalidade total das larvas (Encarnação; Lima, 2003). Dessa forma, a presença de cafeicultura poderia estar associada, direta ou indiretamente, a condições menos favoráveis à proliferação do vetor, podendo contribuir para a redução da transmissão da dengue.

A atividade pecuária também apresentou associação negativa com a incidência da doença. O resultado indica que a adição aproximada de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup> estaria associada a uma redução média de 0,3 caso de dengue por mil habitantes. Esse resultado divergiu de Silva *et al.* (2023), que identificaram efeito positivo da expansão pecuária via aumento do crédito rural, o qual impulsionou a expansão de áreas desmatadas para a criação de

pastagem, o que tenderia a eliminar habitats naturais de predadores e promover a inserção humana em regiões antes florestais, favorecendo a disseminação da doença. Resultados semelhantes foram reportados por Marinho *et al.* (2022) e Meza-Ballesta e Gónima (2014). Contudo, o sinal negativo encontrado neste trabalho, em consonância com o resultado observado para o desmatamento, reforça a interpretação de que a dengue, por apresentar caráter predominantemente urbano, tende a responder pouco às transformações ocorridas nas fronteiras rurais, conforme também sugerido por Saccaro, Mation e Sakowski (2015).

De forma consistente, as variáveis relacionadas ao abastecimento de água, à educação, medida pela taxa de alfabetização, e à população rural exibem coeficientes negativos. No caso do abastecimento domiciliar de água, um incremento de 10 pontos percentuais na proporção de domicílios abastecidos adequadamente estaria associado à redução média de 0,34 caso de dengue por mil habitantes. Esse resultado indica que a melhoria no acesso à água tende a reduzir a necessidade de armazenamento domiciliar inadequado, colaborando para a menor formação de criadouros do *Aedes aegypti*. Tal interpretação é coerente com Kalbus *et al.* (2021), que destacaram maior transmissão da dengue em contextos de vulnerabilidade socioeconômica, nos quais a insuficiência no abastecimento de água favoreceria o armazenamento doméstico.

No que se refere à educação, o resultado indica que o acréscimo de 10 pontos percentuais na proporção de habitantes alfabetizados a partir dos 15 anos estaria associado à redução média de 2 casos de dengue por mil habitantes. Esse resultado converge com Galeana-Pizaña *et al.* (2024). Além disso, Silva *et al.* (2025) argumentaram que o analfabetismo refletiria um cenário de maior vulnerabilidade social e limitaria a adoção de medidas preventivas individuais, aumentando o risco de transmissão.

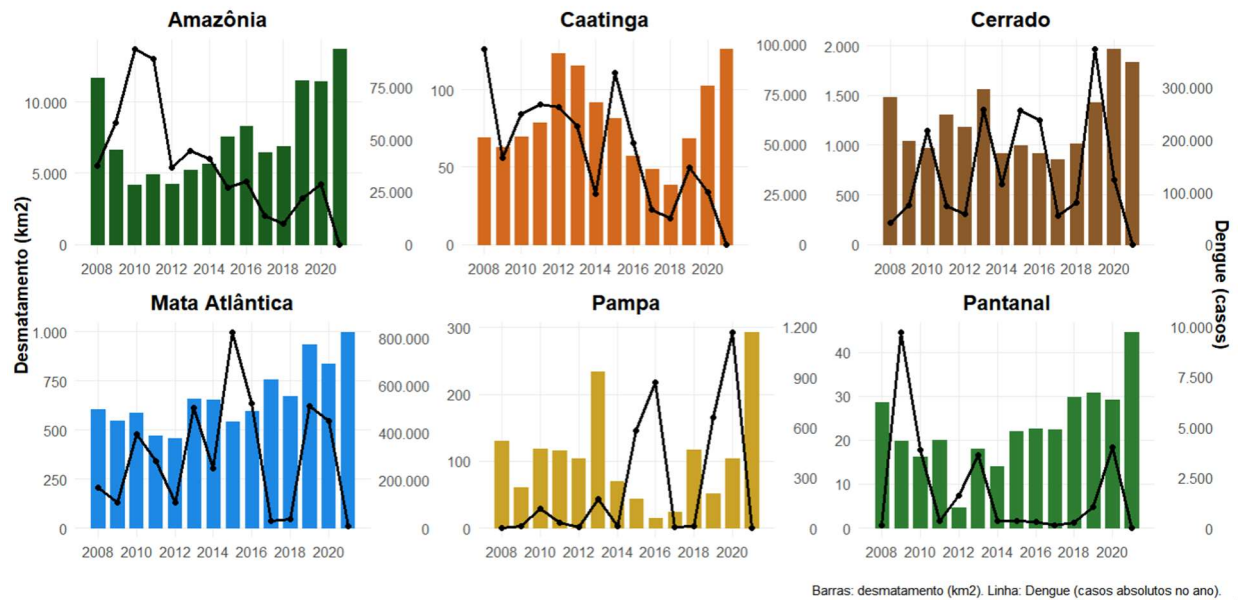
Por fim, maior participação da população rural na composição demográfica municipal estaria associada à menor incidência da doença. O resultado indica que um aumento de 10 pontos percentuais na população rural corresponderia à redução média de 0,3 caso de dengue por mil habitantes, sugerindo o caráter eminentemente urbano da doença.

Os gráficos do comportamento temporal da dengue, apresentados nas Figuras 2 (agregado Brasil) e 4 (por bioma), revelam forte oscilação ao longo do período analisado.

A ausência de linearidade observada na maioria dos contextos geográficos refletiria a interação entre fatores climáticos, dinâmica vetorial, imunidade populacional, condições socioeconômicas e intervenções de controle, que operariam em diferentes escalas temporais. McGough *et al.* (2021) afirmaram que, embora as condições climáticas forneçam a base dos padrões sazonais da transmissão, permitindo que modelos baseados exclusivamente em variáveis meteorológicas alcancem níveis moderados a elevados de precisão preditiva no curto

prazo, esses fatores seriam insuficientes para explicar a variabilidade observada em escalas interanuais.

**Figura 4 - Desmatamento (km<sup>2</sup>) e casos de dengue por bioma, 2008-2021**



**Fonte:** Elaboração própria a partir de BRASIL. Ministério da Saúde (2025a; 2025d; 2025e).

Evidências recentes indicaram que a dinâmica da imunidade desempenharia papel central na geração dessas oscilações de longo prazo. Análises espectrais aplicadas a séries temporais extensas mostraram que a dengue apresenta periodicidades interanuais variáveis, cuja frequência e intensidade se alterariam ao longo do tempo e do espaço, sem a existência de um ciclo fixo. García-Carreras *et al.* (2022) demonstraram que essas oscilações emergiriam da interação entre imunidade cruzada temporária entre sorotipos e a temperatura, podendo ocorrer mesmo na ausência de variações climáticas multianuais pronunciadas. O estudo mostrou ainda que a temperatura atuaria como um fator modulador, capaz de sincronizar temporariamente epidemias em diferentes localidades, enquanto a imunidade populacional funcionaria como um mecanismo interno dominante, que determinaria quando condições climáticas semelhantes resultariam em surtos epidêmicos. Como consequência, a relação entre temperatura e incidência de dengue seria contingente ao estado imunológico da população, o que poderia explicar a alternância irregular entre anos epidêmicos e não epidêmicos e reforçaria o caráter intrinsecamente não linear da dinâmica da dengue.

#### 4.2.2 Amazônia

O comportamento temporal da dengue no bioma Amazônia apresentou oscilações ao longo do período analisado, com picos mais pronunciados nos anos de 2010 e 2011, distinguindo-se dos demais biomas, cuja evolução se mostrou ainda mais irregular (Figura 4). Em contraste, o desmatamento no mesmo bioma, após um período inicial de queda e variação, passou a apresentar comportamento predominantemente ascendente a partir de 2010, evidenciando padrões divergentes entre a dinâmica da doença e a expansão do desmatamento ao longo do período analisado.

Apesar desse contraste visual, a análise econométrica não indicou relação estatisticamente significativa entre desmatamento e incidência de dengue na Amazônia (Tabela 5). Esse resultado é consistente com os achados de Saccaro, Mation e Sakowski (2015), que discutiram a dissociação entre a dinâmica da dengue, de caráter predominantemente urbano, e processos de desmatamento, concentrados em áreas rurais e de fronteira.

No caso da Amazônia, as variáveis que apresentaram associação positiva com a incidência da doença foram a taxa de alfabetização e a densidade populacional, enquanto a proporção da população rural apresentou associação negativa. O resultado da estimação indica que um aumento de 10 pontos percentuais na taxa de alfabetização estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 4 casos de dengue por mil habitantes, ao passo que um incremento de 10 habitantes por km<sup>2</sup> estaria associado a um aumento médio de 0,1 caso por mil habitantes. Em sentido oposto, um aumento de 10 pontos percentuais na população rural estaria associado à redução aproximada de 0,8 caso por mil habitantes.

Esses resultados sugerem que a incidência de dengue na Amazônia estaria associada principalmente a fatores relacionados ao grau de urbanização dos municípios. Na região, níveis mais elevados de alfabetização concentram-se predominantemente nas áreas urbanas, enquanto áreas rurais apresentam indicadores educacionais mais baixos. Pereira e Castro (2019) demonstraram que os estados da região Norte apresentaram uma das maiores diferenças entre taxas de alfabetização urbana e rural do país. Assim, a associação positiva entre alfabetização e dengue não deve ser interpretada como um efeito direto da educação, mas como um indicador indireto do maior grau de urbanização municipal, o que é consistente com a natureza predominantemente urbana da dengue.

No contexto das condições domiciliares, as proporções de domicílios com abastecimento de água encanada e com paredes revestidas apresentaram associações negativas com a incidência de dengue. O resultado indica que melhores condições estruturais das moradias poderiam estar associadas à maior proteção dos habitantes. No caso do abastecimento

de água encanada, o resultado da estimação indica que um incremento de 10 pontos percentuais na proporção de domicílios atendidos adequadamente estaria associado à redução de aproximadamente 0,3 caso de dengue por mil habitantes. Esse resultado sugere que a ampliação do acesso à água reduz a necessidade de armazenamento domiciliar inadequado, o que, por sua vez, diminui a formação de criadouros de larvas do *Aedes aegypti*. Essa interpretação é coerente com Kalbus *et al.* (2021), que argumentaram que a transmissão da dengue tenderia a ser mais elevada em contextos de maior vulnerabilidade socioeconômica, nos quais a insuficiência no abastecimento de água favoreceria o armazenamento doméstico e a proliferação do vetor.

De forma complementar, os resultados para a variável relativa à proporção de domicílios com paredes revestidas indicam que um aumento de 10 pontos percentuais estaria associado à redução de aproximadamente 0,4 caso de dengue por mil habitantes, sugerindo que melhores condições construtivas das residências reduzem a exposição ao mosquito, ao dificultar o acesso ao ambiente domiciliar, bem como a melhor qualidade habitacional também reflete menor vulnerabilidade socioambiental. Assim, o resultado reforça o papel das condições estruturais das moradias como fator protetivo na dinâmica da transmissão da dengue.

No que se refere às atividades produtivas, tanto o cultivo de mandioca quanto a pecuária apresentaram associações negativas com a incidência da dengue. O coeficiente do cultivo de mandioca indica que uma ampliação de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associada à redução de quase 2 casos por mil habitantes. De forma semelhante, a pecuária apresentou coeficiente negativo, embora com menor magnitude, indicando que um aumento de 10 pontos percentuais nessa atividade estaria associado à redução de cerca de 0,3 casos por mil habitantes. Esses resultados sugerem o caráter predominantemente urbano da dengue, uma vez que tanto a pecuária quanto o cultivo da mandioca predominam em áreas rurais. Assim, a associação negativa observada reflete menos um efeito direto das práticas produtivas e mais as características territoriais e demográficas dos espaços onde essas atividades se concentram, como menor densidade populacional e menor grau de urbanização, conforme interpretação semelhante proposta por Saccaro, Mation e Sakowski (2015) para a atividade pecuária.

### **4.2.3 Caatinga**

No bioma Caatinga, as associações estatisticamente significativas observadas para a incidência de dengue concentraram-se em variáveis relacionadas ao uso do solo produtivo, às características demográficas e institucionais dos municípios.

A agricultura de culturas diversas exibiu coeficiente positivo: uma elevação de 10 pontos percentuais na área de cultivo estaria associada a um acréscimo de aproximadamente 0,5 caso de dengue por mil habitantes. Em contraste, o cultivo de café apresentou associação negativa, indicando que uma ampliação de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associada à redução média de cerca de 2,5 casos por mil habitantes. A pecuária, por sua vez, também apresentou associação negativa, indicando que a adição de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup> estaria associada à redução de aproximadamente 0,14 caso por mil habitantes.

A associação positiva observada para a agricultura pode ser interpretada à luz das características socioambientais da Caatinga, marcada por clima semiárido, baixa precipitação e recorrentes períodos de escassez hídrica. Nesse contexto, processos de degradação ambiental, aliados à salinização de solos e corpos d'água decorrente de práticas de irrigação, poderiam comprometer a provisão de serviços ecossistêmicos e, como consequência, observar-se-ia maior dependência de estruturas artificiais de armazenamento de água, que favoreceriam a formação de criadouros do *Aedes aegypti*, sugerindo o papel das mudanças socioambientais na mediação do risco de transmissão da dengue (Meira, 2022).

No caso da cafeicultura, a associação negativa observada pode estar relacionada ao perfil territorial das áreas produtoras. De forma complementar, evidências experimentais apontaram que compostos presentes no café poderiam apresentar efeito larvicida sobre o *Aedes aegypti* (Castro, 2023), embora essa evidência deva ser interpretada com cautela quando extrapolada para contextos territoriais mais amplos, como já discutido na subseção 4.2.1.

Quanto à pecuária, o sinal negativo sugere que a dengue responderia predominantemente a contextos urbanos e periurbanos. Como essa atividade na Caatinga ocorre majoritariamente em áreas afastadas dos núcleos urbanos e caracterizadas por menor densidade populacional, sua expansão tenderia a se associar a condições menos favoráveis à transmissão da doença, em consonância com o caráter urbano do vetor discutido por Silva *et al.* (2022).

A variável educação apresentou coeficiente positivo. O resultado indica que uma elevação de 10 pontos percentuais na taxa de alfabetização estaria associada a um acréscimo de aproximadamente 1,7 casos de dengue por mil habitantes. Esse resultado sugere que o ganho em educação pode refletir melhor organização e infraestrutura urbana, o que tende a impactar na maior capacidade de diagnóstico e notificação dos casos, o que se reflete em maiores registros da doença, mais do que necessariamente em maior risco intrínseco de transmissão.

No que se refere ao número de médicos por mil habitantes, a associação negativa indica que o aumento de um médico por mil habitantes estaria associado a redução de aproximadamente 0,1 caso por mil habitantes. Saccaro, Mation e Sakowski (2015) utilizaram

essa mesma variável em estudo para a Amazônia e não encontraram relação significativa. Já Kalbus *et al.* (2021) encontraram associação positiva entre a doença e o Índice de Desempenho do Sistema Único de Saúde no estado do Amazonas, e argumentaram sobre a capacidade de vigilância e detecção do sistema de saúde, o que é corroborado por Silva *et al.* (2020), que explicaram que localidades com maior nível de desenvolvimento e maior acesso aos serviços de saúde, contribuiriam diretamente para maior notificação dos casos, enquanto áreas com serviços precários poderiam gerar subnotificação. Dessa forma, o resultado desta análise sugere que, no âmbito da Caatinga e para o período avaliado, o efeito de detecção teria sido superado pelos ganhos em prevenção e controle da dengue, gerando associação líquida negativa.

Por fim, a densidade populacional apresentou coeficiente negativo, indicando que a adição de 10 habitantes por km<sup>2</sup> estaria associada à redução de aproximadamente 0,05 caso de dengue por mil habitantes. Esse resultado contrastou com parte das evidências empíricas, que identificaram associação positiva entre densidade populacional e incidência de dengue (Huang *et al.*, 2018; Kalbus *et al.*, 2021; Da Silva *et al.*, 2025). Contudo, Silva *et al.* (2020) ao analisarem municípios do estado da Paraíba, majoritariamente inseridos no bioma Caatinga, também identificaram associação negativa, sugerindo que a densidade populacional não atuaria de forma isolada. Os autores destacaram que a dinâmica da dengue resultaria da interação entre o padrão de urbanização, a infraestrutura de saneamento e, especialmente em regiões semiáridas, a irregularidade do abastecimento de água e o consequente armazenamento domiciliar, fatores que poderiam intensificar a formação de criadouros em municípios menos densos, frequentemente caracterizados por infraestrutura hídrica mais precária.

#### 4.2.4 Cerrado

No bioma Cerrado, a incidência de dengue mostrou-se associada à precipitação, à proporção da população rural e a indicadores de infraestrutura domiciliar, sugerindo papel relevante de fatores climáticos e estruturais na dinâmica da doença nesse bioma.

A precipitação apresentou coeficiente positivo. O resultado indica que um incremento de 100 mm no volume de chuvas estaria associado a um acréscimo de aproximadamente 0,4 casos por mil habitantes. Essa associação foi observada exclusivamente no Cerrado, o que pode estar relacionado às suas características climáticas, marcadas por estações chuvosas bem definidas. Nesse contexto, a precipitação contribuiria para a formação de criadouros em áreas urbanas e periurbanas em expansão, ao aumentar a disponibilidade de água parada em recipientes artificiais, elevando a densidade larvária do *Aedes aegypti* e os valores do Índice de

Infestação Predial (IIP)<sup>6</sup> (Souza; Silva; Silva, 2010). Como consequência, a transmissão tenderia a apresentar forte sazonalidade, com picos coincidentes com os períodos de maior precipitação, sobretudo nos quatro primeiros meses do ano, conforme evidenciado por análises realizadas nos estados de Tocantins e Goiás (Souza; Silva; Silva, 2010; Marinho *et al.*, 2021).

De forma complementar, a variável população rural apresentou coeficiente negativo. O resultado indica que um aumento de 10 pontos percentuais na proporção de residentes em áreas rurais estaria associado à redução média de 0,6 caso de dengue por mil habitantes. Esse resultado sugere que a dinâmica da dengue no Cerrado estaria condicionada ao espaço urbano, uma vez que municípios com maior peso relativo da população rural tenderiam a apresentar menor exposição ao ciclo urbano do *Aedes aegypti*. Além disso, a associação negativa com a população rural pode refletir tanto a menor densidade humana quanto diferenças na organização do espaço e na interação vetor-hospedeiro, sugerindo a centralidade dos processos urbanos na transmissão da doença nesse bioma.

Em contrapartida, as variáveis de infraestrutura domiciliar, como abastecimento de água encanada e paredes revestidas, apresentaram associações negativas com a incidência. O resultado indica que elevações de 10 pontos percentuais nessas variáveis estariam associadas a reduções aproximadas de 0,66 e 0,63 casos de dengue por mil habitantes, respectivamente. Esses resultados apontam para o papel protetivo de melhores condições socioeconômicas e de infraestrutura urbana, indicando que populações com maior acesso a serviços básicos e melhores condições habitacionais tenderiam a reduzir a necessidade de armazenamento domiciliar de água e a limitar a formação de criadouros do *Aedes aegypti*, contribuindo para menor risco de transmissão da doença. Resultados semelhantes foram reportados por Silva *et al.* (2020) e Kalbus *et al.* (2021), que destacaram que a insuficiência no abastecimento de água favoreceria o armazenamento doméstico e a proliferação do vetor.

#### 4.2.4. Mata Atlântica

A análise para o bioma Mata Atlântica indica associação estatisticamente significativa entre a incidência de dengue e as variáveis desmatamento, uso do solo, infraestrutura urbana e densidade populacional, evidenciando que a dinâmica da doença nesse bioma é influenciada

---

<sup>6</sup> O Índice de Infestação Predial (IIP) é um indicador entomológico utilizado para medir a presença e a dispersão do mosquito *Aedes aegypti* em ambientes urbanos. O IIP é obtido por meio da divisão do número de imóveis onde foram encontradas larvas do *Aedes aegypti* pelo número total de imóveis efetivamente inspecionados e quando maior que 5%, a localidade é considerada de alto risco de propagação da doença (Kadjo, 2025; Souza, Silva, Silva, 2010).

pela interação entre transformações ambientais, processos de ocupação e organização do espaço urbano.

Observou-se uma associação negativa entre o desmatamento e a incidência de dengue. O resultado indica que a expansão de 100 km<sup>2</sup> na área desmatada estaria associada a uma redução aproximada de 10 casos por mil habitantes, resultado também verificado para o Brasil agregado. Embora parte das evidências empíricas tenham identificado efeito positivo do desmatamento sobre a doença, esse resultado é consistente com evidências que destacaram o caráter predominantemente urbano da dengue. Nesse sentido, como o desmatamento ocorre majoritariamente em áreas de menor densidade populacional e afastadas dos centros urbanos, a interação entre o vetor e a população tenderia a ser reduzida, contribuindo para a associação negativa observada.

No que se refere ao uso do solo, o cultivo de café apresentou associação negativa com a incidência de dengue. O resultado indica que uma ampliação de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associada à redução de aproximadamente 0,9 casos de dengue por mil habitantes. Esse resultado poderia estar relacionado ao perfil territorial das áreas cafeicultoras ou às propriedades larvicidas identificadas em extratos dos grãos de café contra o *Aedes aegypti*, conforme discutido nas subseções 4.2.1 e 4.2.3.

A atividade pecuária também apresentou associação negativa, indicando que o aumento de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup> estaria associado à redução de aproximadamente 0,3 casos de dengue por mil habitantes. Esse resultado reforça o caráter predominantemente urbano da transmissão da dengue, uma vez que a expansão da pecuária tende a ocorrer em áreas menos densas e mais afastadas dos centros urbanos, reduzindo a exposição ao ciclo urbano do vetor, interpretação também observada nos contextos do Brasil agregado, Amazônia e Caatinga.

A cobertura de abastecimento de água encanada apresentou associação negativa com os casos de dengue, em linha com os resultados observados nos demais contextos geográficos, com exceção da Caatinga. Essa convergência de resultados aponta para o efeito protetor do abastecimento regular de água, que, quando eficiente, diminuiria a necessidade de armazenamento domiciliar inadequado, reduzindo a formação de criadouros.

Por fim, a variável densidade populacional apresentou associação negativa, indicando que o aumento de 10 habitantes por km<sup>2</sup> estaria associado à redução de aproximadamente 0,04 caso de dengue por mil habitantes. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2020) e Cunha *et al.* (2021), que argumentaram que, embora a alta densidade populacional teoricamente eleve a probabilidade de transmissão, áreas mais densas tenderiam a apresentar infraestrutura urbana mais consolidada, o que poderia atenuar o risco. Em contrapartida, a

precariedade de serviços básicos pode intensificar a ocorrência da doença em municípios menos povoados e com maior vulnerabilidade socioambiental.

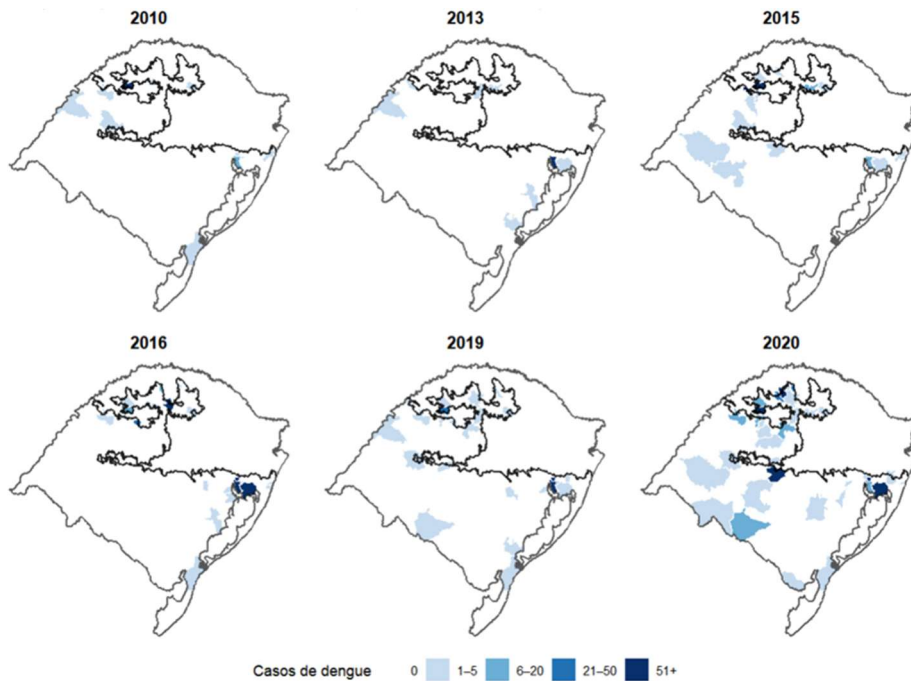
#### 4.2.5 Pampa

No bioma Pampa, a incidência de dengue ao longo do período analisado caracterizou-se por valores nulos ou muito próximos de zero na maior parte dos anos (2008, 2009, 2011, 2012, 2014, 2017, 2018 e 2021), conforme ilustrado na Figura 4. As principais exceções concentram-se em anos específicos, notadamente 2015, 2016, 2019 e 2020, nos quais se observam surtos pontuais, com registros substancialmente mais elevados, atingindo valores da ordem de centenas a 1.465 casos no ano de maior pico (2020).

Esse comportamento é compatível com evidências recentes da literatura que apontaram para a expansão progressiva da dengue em direção a regiões historicamente menos favoráveis à transmissão. Barcellos *et al.* (2024) demonstraram que o aquecimento associado às mudanças climáticas tem ampliado tanto a área geográfica quanto a intensidade da transmissão de arboviroses no Brasil, favorecendo, em particular, a ocorrência da dengue em regiões de clima subtropical, como o bioma Pampa. Esses autores destacaram que esse processo não ocorre de forma linear, mas por meio de avanços intermitentes, o que seria compatível com a trajetória observada entre os primeiros picos em 2010 e 2013 e o pico de 2020.

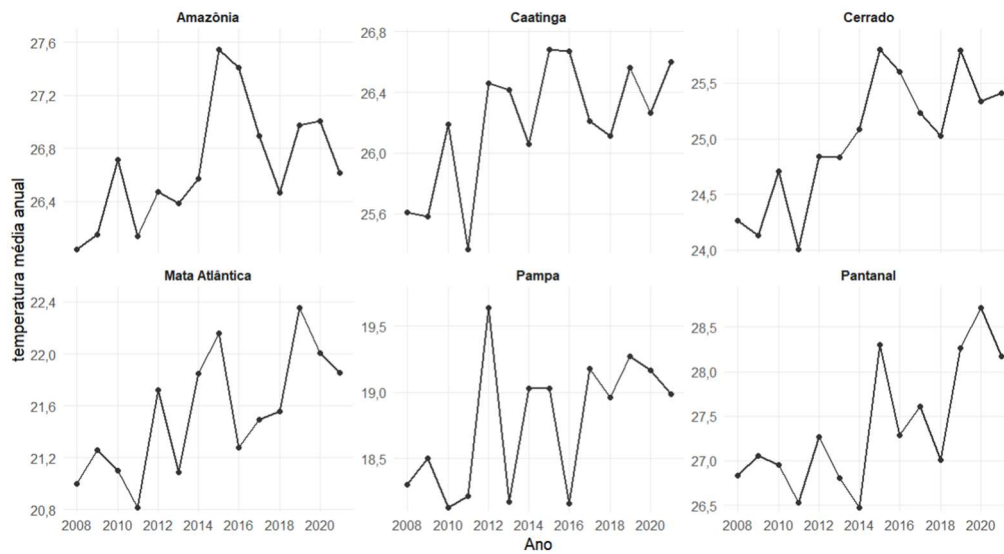
De forma complementar, o mesmo estudo apontou que a expansão da dengue no território brasileiro apresenta caráter cumulativo e dificilmente reversível, com intensificação expressiva a partir do período mais recente, especialmente entre 2014 e 2020. Esse padrão também se manifestaria nos dados analisados, conforme ilustrado na Figura 5, em que se visualiza a progressão da doença no bioma ao longo dos anos selecionados, sugerindo que os episódios observados no bioma Pampa se inseririam em um contexto mais amplo de reconfiguração espacial do risco da doença.

**Figura 5** - Casos de dengue no bioma Pampa em anos selecionados (2010, 2013, 2015, 2016, 2019 e 2020)



**Fonte:** Elaboração própria a partir do Ministério da Saúde (2025a; 2025d; 2025e).

Ao comparar a trajetória da temperatura (Figura 6) e a ocorrência da doença no bioma, observa-se que os primeiros anos em que a dengue se torna perceptível no período analisado coincidem com valores médios de temperatura ainda relativamente baixos, em torno de 18 °C. Contudo, esses anos foram precedidos por períodos com médias térmicas mais elevadas, sugerindo a possível presença de efeitos defasados da temperatura sobre a dinâmica da transmissão. Essa interpretação é consistente com McGough *et al.* (2021), que demonstraram, por meio de modelos baseados em aprendizado de máquina, que a incorporação de defasagens de temperatura e precipitação melhoraria substancialmente a capacidade preditiva de surtos epidêmicos, indicando que assinaturas climáticas anteriores aos surtos são determinantes relevantes.

**Figura 6** - Temperatura média anual por bioma, 2008-2021

**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados NASA POWER (2026)

Adicionalmente, chama atenção o fato de que, a partir do ano de 2017, a temperatura média no bioma Pampa não tenha registrado valores inferiores a aproximadamente 18,8 °C, o que pode indicar a consolidação de condições climáticas progressivamente mais favoráveis à circulação do vetor.

Diante da combinação entre baixa variabilidade temporal e número de casos mais concentrado em um pequeno número de municípios, optou-se por não realizar estimações econométricas para o bioma Pampa. A aplicação das estimações nesse contexto implicaria elevado risco de resultados espúrios, decorrentes da predominância de valores nulos, da escassez de variação intraanual e da ocorrência de surtos episódicos que não refletem um processo estrutural de transmissão. Assim, a análise do bioma Pampa foi conduzida de forma descritiva, de modo a evitar inferências estatísticas potencialmente enganosas.

#### 4.2.6 Pantanal

O bioma Pantanal é composto por apenas nove municípios e apresentou, ao longo da maior parte do período analisado, registros muito baixos ou nulos da doença, especialmente nos anos de 2008, 2011, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2021, conforme se pode observar na Figura 4. Em contraste, observou-se um pico acentuado em 2009, quando os casos atingiram valores da ordem de milhares, concentrando grande parte da variação observada na série.

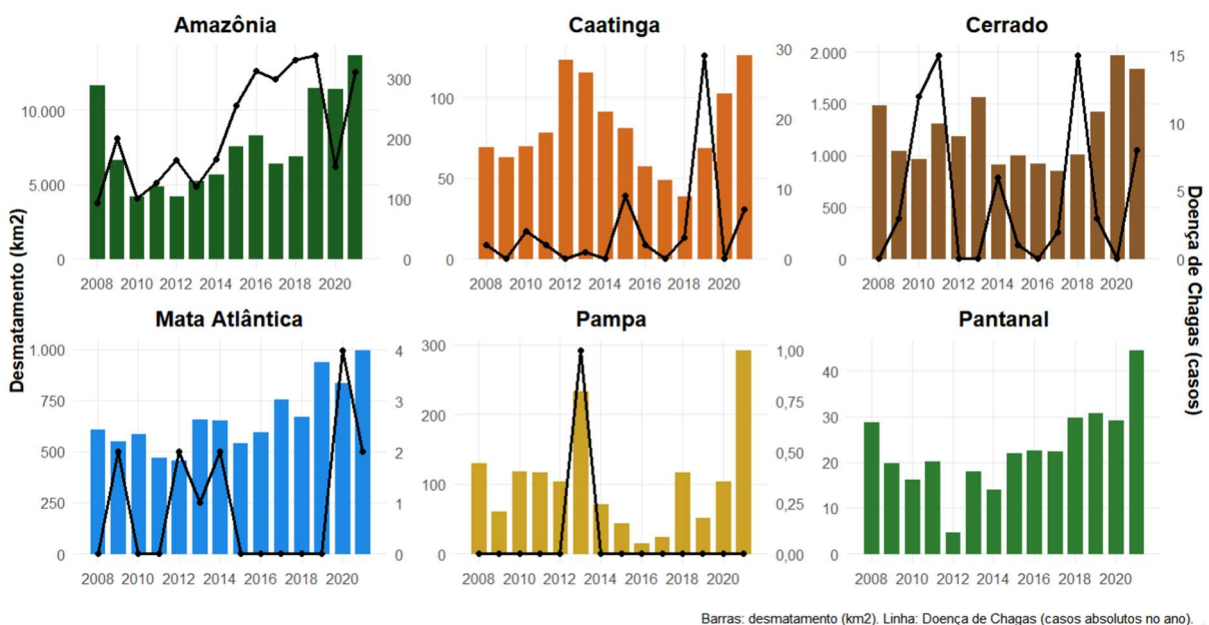
A estimativa realizada não indicou associações estatisticamente significativas entre a incidência de dengue e as variáveis explicativas consideradas. Dadas a reduzida quantidade de

municípios, a predominância de valores nulos e a elevada concentração temporal dos casos, os resultados não ofereceriam base suficiente para uma interpretação substantiva robusta.

### 4.3 Doença de Chagas

No Brasil, a ocorrência registrada da doença de Chagas ao longo do período analisado (2008-2021) é marcadamente desigual entre os biomas. De acordo com dados do Ministério da Saúde, disponibilizados pelo sistema DATASUS, não houve registro de casos no bioma Pantanal, enquanto Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa apresentaram incidência extremamente reduzida, restrita a episódios isolados. No Pampa, por exemplo, foi registrado apenas um caso em todo o período (2013); na Mata Atlântica, o maior registro anual não ultrapassou quatro casos (2020); no Cerrado, os picos foram de 15 casos em 2011 e 2018; e na Caatinga, foram registrados aproximadamente 30 casos em 2018 (Figura 7). Em contraste, o bioma Amazônia concentrou a quase totalidade dos casos registrados no país, totalizando cerca de 2.975 ocorrências ao longo do período analisado, com pico em 2019 (aproximadamente 339 casos).

**Figura 7** - Desmatamento (km<sup>2</sup>) e casos de doença de Chagas por bioma, 2008-2021



**Fonte:** Elaboração própria a partir de BRASIL. Ministério da Saúde (2025a; 2025d; 2025e).

Diante da baixa frequência absoluta e da limitada variação temporal nos demais biomas, a análise econométrica foi conduzida exclusivamente para a Amazônia, cujos dados

apresentaram volume e variabilidade suficientes para avaliação estatística, ainda que com a devida cautela.

#### 4.3.1 Amazônia

No bioma Amazônia, as estimações indicam que a incidência da doença de Chagas apresenta associação estatisticamente significativa com um conjunto de variáveis ambientais, climáticas, produtivas e socioeconômicas (Tabela 6). Em termos climáticos, o resultado indica que a precipitação estaria associada positivamente, enquanto a temperatura estaria associada negativamente. No âmbito das atividades produtivas, o resultado indica que o cultivo de culturas diversas e de mandioca estaria associado positivamente à incidência da doença, ao passo que o cultivo de soja e a atividade pecuária estariam associados negativamente.

Entre as variáveis socioeconômicas e de infraestrutura domiciliar, a taxa de alfabetização mostrou associação positiva, enquanto o acesso à água encanada e a proporção de domicílios com paredes revestidas apresentaram associações negativas.

**Tabela 6** - Resultados das estimações para doença de Chagas

|                        | Amazônia                          |
|------------------------|-----------------------------------|
| <i>desmatamento</i>    | <b>-0,000004***</b><br>(0,000007) |
| <i>temperatura</i>     | <b>-0,0037**</b><br>(0,0013)      |
| <i>precipitação</i>    | <b>0,000003**</b><br>(0,000001)   |
| <i>agric_diversas</i>  | <b>0,0006***</b><br>(0,0001)      |
| <i>café</i>            | 0,0006<br>(0,0006)                |
| <i>mandioca</i>        | <b>0,0015*</b><br>(0,0008)        |
| <i>soja</i>            | <b>-0,0005***</b><br>(0,0002)     |
| <i>pecuária</i>        | <b>-0,0001***</b><br>(0,00003)    |
| <i>PIB_pc</i>          | 0,00000002<br>(0,00000002)        |
| <i>água_encanada</i>   | <b>-0,0002**</b><br>(0,0001)      |
| <i>esgoto_adequado</i> | -0,00001<br>(0,00005)             |
| <i>paredes_revest</i>  | <b>-0,0005***</b><br>(0,0002)     |

|                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| <i>médicos</i>    | 0,0005<br>(0,0018)           |
| <i>leitos</i>     | -0,0000<br>(0,0001)          |
| <i>educ_alfab</i> | <b>0,0010***</b><br>(0,0003) |
| <i>pop_rural</i>  | 0,000004<br>(0,0001)         |
| <i>dens_pop</i>   | -0,00003<br>(0,00002)        |
| Num.Obs.          | 7010                         |
| R <sup>2</sup>    | 0,0157                       |

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses.

\*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

Cabe ressaltar que a maior parte desses efeitos apresentou magnitude reduzida, o que poderia ser explicado pela baixa incidência absoluta da doença de Chagas, mesmo na Amazônia, bem como pelo caráter esporádico e concentrado dos casos. Ademais, a elevada frequência de valores nulos poderia reduzir o poder estatístico das estimações, conforme destacado por Saccaro, Mation e Sakowski (2015). Assim, os resultados devem ser interpretados com cautela, podendo refletir variações na capacidade de detecção e notificação, choques institucionais locais ou padrões episódicos de exposição, mais do que relações causais diretas.

A variável desmatamento apresentou associação negativa com a incidência de doença de Chagas, resultado que contrastou com evidências como Gottdenker *et al.* (2011), que identificaram aumento da abundância de *Rhodnius pallescens* em áreas desmatadas no Panamá, e Souza Junior *et al.* (2017), que encontraram dependência espacial direta entre áreas desmatadas e casos de doença de Chagas aguda em Barcarena (PA). Nesse último caso, os autores atribuíram os resultados à dinâmica histórica de ocupação do território, marcada por projetos desenvolvimentistas, intensos fluxos migratórios e formação de núcleos urbanos e periurbanos em áreas ambientalmente frágeis.

Por outro lado, Sandon *et al.* (2025), em análise realizada na região do Gran Chaco argentino, observaram redução dos casos de doença de Chagas em locais onde o desmatamento foi mais severo. Segundo os autores, o desmatamento intenso reduziria a disponibilidade de reservatórios silvestres do parasita *Trypanosoma cruzi*, limitando a sobrevivência das populações de vetores nessas áreas específicas e restringindo o transbordamento para o ambiente doméstico. Esse efeito, contudo, dependeria da configuração das habitações, da densidade de domicílios e da eficácia dos programas de vigilância e controle, que

determinariam a capacidade de manutenção e reinfestação do vetor *Triatoma infestans* no ambiente doméstico. Esses achados reforçam a interpretação de que o desmatamento, isoladamente, não é suficiente para explicar a dinâmica da doença, sendo fatores socioeconômicos e comportamentais mais determinantes para o risco de infecção (Saccaro; Mation; Sakowski, 2015; Assis; Lima; Campos, 2022).

A temperatura apresentou associação negativa. O resultado indica que aumentos térmicos no bioma Amazônia estariam associados à redução da incidência da doença de Chagas. Esse resultado divergiu das projeções de Brasil *et al.* (2025), que indicaram aumento da adequação climática para vetores da doença até 2080, especialmente na região do arco do desmatamento. No entanto, associação negativa semelhante foi encontrada por Brito *et al.* (2017) para o estado do Tocantins, em região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado. Segundo os autores, municípios com dias mais quentes apresentariam menor invasão domiciliar por triatomíneos silvestres, uma vez que temperaturas elevadas reduziriam a sobrevivência, o crescimento populacional e o voo dispersivo desses insetos.

Assim, embora o aumento da temperatura pudesse acelerar o ciclo biológico dos vetores, ele também elevaria a mortalidade e o estresse fisiológico, encurtando o tempo de vida e reduzindo a probabilidade de contato vetor-humano (Brito *et al.*, 2017; Loshouarn; Guaneri, 2024). Evidências experimentais indicam que a eficiência da transmissão apresenta comportamento não linear, com faixas ótimas de temperatura. Fiatsonu *et al.* (2025), por exemplo, identificaram temperatura ótima de aproximadamente 21,8 °C para a transmissão da doença de Chagas canina no sul dos Estados Unidos, com declínio acentuado abaixo de 16,9 °C e acima de 37,7 °C. De forma complementar, Gonzáles-Rete *et al.* (2021) demonstraram que temperaturas elevadas, especialmente próximas a 34 °C, reduzem a carga parasitária de *T. cruzi* em *Triatoma pallidipennis*, possivelmente em razão de comprometimento fisiológico do vetor e do parasita. Nesse sentido, em regiões já caracterizadas por temperaturas elevadas, como a Amazônia, o aumento térmico adicional tende a atuar como fator limitante, diferentemente do que pode ocorrer em regiões de clima mais ameno.

A precipitação apresentou associação positiva com a incidência da doença de Chagas. O resultado indica que a precipitação estaria associada positivamente à incidência da doença. Brito *et al.* (2017) mostraram que a invasão domiciliar por triatomíneos diminuiu em municípios mais quentes e com maior precipitação, em razão da dificuldade de voo dispersivo sob chuvas intensas. De modo semelhante, Souza Junior *et al.* (2017) observaram que os picos de casos em Barcarena (PA) ocorreram em períodos de baixa precipitação, coincidindo com a

estação seca e com a safra do açaí, quando a dispersão vetorial e a transmissão oral seriam favorecidas.

Entretanto, esta análise avaliou a precipitação em escala mais ampla (precipitação anual acumulada) e utilizou como desfecho a incidência populacional da doença. Nessa escala, maiores volumes de chuva poderiam favorecer a manutenção de micro-habitats úmidos e a estabilidade populacional de hospedeiros reservatórios silvestres, assegurando a disponibilidade contínua de fontes de sangue para os vetores e contribuindo, assim, para o aumento da abundância vetorial em médio prazo. Esse resultado está em consonância com Rincón-Acevedo *et al.* (2021), que observaram aumento de casos de doença de Chagas aguda no início da estação chuvosa (março) em Casanare, Colômbia, bem como maior infestação domiciliar nos meses de maior precipitação (abril e maio). De forma semelhante, Fimbres-Macia *et al.* (2023) identificaram associação positiva entre eventos de chuva e dispersão de vetores no Texas (EUA), possivelmente como estratégia para reduzir o risco de dessecação ou aproveitar a maior atividade dos hospedeiros vertebrados após eventos pluviais. Assim, a precipitação pode exercer efeito distinto conforme a escala temporal e o processo ecológico considerado, isto é, dispersão imediata de adultos versus abundância populacional e transmissão em médio prazo.

As atividades de cultivo de soja e pecuária apresentaram associações negativas com a incidência da doença de Chagas. Sandon *et al.* (2025), em estudo realizado para a região do Gran Chaco argentino, encontraram associação semelhante com a dinâmica de infestação por triatomíneos. Os autores atribuíram esse resultado ao fato de que a expansão dessas atividades geralmente ocorre após desmatamento extensivo, o que leva à destruição de ecótopos naturais dos triatomíneos e à redução de hospedeiros silvestres, como os roedores (reservatórios naturais do *T. cruzi*). Esse processo poderia contribuir para a desorganização do ciclo enzoótico em ambientes transformados. Dessa forma, mecanismo semelhante pode ajudar a explicar o resultado encontrado neste estudo.

Em contraste, o cultivo de culturas diversas e de mandioca apresentaram associações positivas com a incidência da doença. Diferentemente da soja, essas atividades são predominantemente desenvolvidas por agricultores familiares e comunidades rurais na Amazônia, frequentemente em áreas próximas às habitações humanas. Esse padrão produtivo tende a manter ambientes parcialmente alterados, com mosaicos de vegetação e maior proximidade entre áreas produtivas e domicílios, o que poderia favorecer a preservação de micro-habitats e aumentar o contato humano com vetores.

No que se refere às condições socioeconômicas, o acesso à água encanada e a presença de paredes revestidas apresentaram associações negativas com a incidência da doença, indicando que melhorias na infraestrutura urbana e habitacional funcionam como barreiras físicas e higiênicas à transmissão do *T. cruzi* (Brasil *et al.*, 2025; Sandon *et al.*, 2025). O revestimento das paredes reduz a disponibilidade de frestas e abrigos utilizados pelos triatomíneos, enquanto o acesso à água encanada favorece práticas adequadas de higiene e manipulação de alimentos, reduzindo especialmente o risco de transmissão oral, responsável por aproximadamente 70% dos casos na Amazônia entre 2000 e 2010 (Shikanai-Yasuda; Carvalho, 2012; Souza *et al.*, 2022).

Por outro lado, a taxa de alfabetização apresentou associação positiva, divergindo de Sousa Júnior *et al.* (2017). Esse resultado pode refletir maior capacidade de reconhecimento dos sintomas, busca por atendimento e notificação dos casos, sobretudo em um contexto marcado por elevada subnotificação da doença de Chagas. Segundo estimativas apresentadas por Cousin *et al.* (2025), menos de 10% dos casos incidentes são efetivamente diagnosticados.

Esses resultados sugerem que a dinâmica contemporânea da doença de Chagas na Amazônia resulta de interação entre fatores ecológicos, climáticos e socioeconômicos, não sendo explicada por determinantes isolados.

#### **4.4 Outros agravos sensíveis a fatores socioambientais no Brasil**

Nesta subseção são apresentados e discutidos, de forma conjunta, os resultados das estimativas referentes a três grupos de agravos à saúde: febre amarela e leishmaniose, doenças respiratórias e acidentes com animais peçonhentos, que, embora possuam características epidemiológicas distintas, são influenciados por fatores ambientais, climáticos e socioeconômicos. Os resultados são apresentados por recorte geográfico.

##### **4.4.1 Brasil**

Os resultados indicam que, embora cada grupo de agravo apresente dinâmica própria, em nível nacional, considerando toda a heterogeneidade presente nesse recorte, todos seriam influenciados por fatores climáticos, atividades econômicas relacionadas ao uso do solo e indicadores de infraestrutura domiciliar e de acesso a serviços de saúde, conforme a Tabela 7. De modo geral, os coeficientes estimados sugerem efeitos de diferentes intensidades e nem sempre na mesma direção entre os grupos de agravos.

**Tabela 7** - Resultados das estimações para agravos à saúde - Brasil

|                        | FA_Leish                       | respiratórias                     | animais                          |
|------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| <i>desmatamento</i>    | <b>-0,0005***</b><br>(0,0001)  | -0,0001<br>(0,0001)               | <b>-0,0005***</b><br>(0,0001)    |
| <i>temperatura</i>     | <b>-0,0334**</b><br>(0,0119)   | <b>-0,3341**</b><br>(0,1148)      | 0,1371<br>(0,1156)               |
| <i>precipitação</i>    | <b>-0,00005**</b><br>(0,00002) | 0,0002<br>(0,0004)                | <b>0,0004**</b><br>(0,0001)      |
| <i>agric_diversas</i>  | <b>-0,0022***</b><br>(0,0006)  | -0,0091<br>(0,0057)               | <b>0,0120***</b><br>(0,0040)     |
| <i>café</i>            | 0,00003<br>(0,0019)            | 0,0375<br>(0,0298)                | <b>-0,0209**</b><br>(0,0076)     |
| <i>mandioca</i>        | <b>0,0094***</b><br>(0,0028)   | <b>0,0610*</b><br>(0,0290)        | <b>0,0273**</b><br>(0,0092)      |
| <i>soja</i>            | <b>-0,0030***</b><br>(0,0012)  | -0,0042<br>(0,0144)               | <b>-0,0100*</b><br>(0,0053)      |
| <i>pecuária</i>        | <b>-0,0005***</b><br>(0,0001)  | <b>0,0089*</b><br>(0,0043)        | <b>-0,0033*</b><br>(0,0018)      |
| <i>PIB_pc</i>          | -0,0000<br>(0,0000)            | <b>-0,000004***</b><br>(0,000001) | <b>0,000001**</b><br>(0,0000003) |
| <i>água_encanada</i>   | 0,0005<br>(0,0003)             | <b>0,0152***</b><br>(0,0032)      | -0,0013<br>(0,0015)              |
| <i>esgoto_adequado</i> | -0,000008<br>(0,0003)          | -0,0063<br>(0,0047)               | <b>-0,0059***</b><br>(0,0007)    |
| <i>paredes_revest</i>  | <b>-0,0062***</b><br>(0,0009)  | <b>-0,0589***</b><br>(0,0151)     | <b>-0,0361***</b><br>(0,0055)    |
| <i>médicos</i>         | <b>0,0038*</b><br>(0,0019)     | <b>0,2451***</b><br>(0,0803)      | <b>-0,0130**</b><br>(0,0060)     |
| <i>leitões</i>         | <b>0,0001*</b><br>(0,0001)     | 0,0016<br>(0,0044)                | 0,0004<br>(0,0008)               |
| <i>educ_alfab</i>      | <b>-0,0185***</b><br>(0,0034)  | 0,1190<br>(0,0765)                | <b>-0,0271*</b><br>(0,0141)      |
| <i>pop_rural</i>       | <b>-0,0027***</b><br>(0,0003)  | <b>-0,0195*</b><br>(0,0103)       | 0,0035<br>(0,0045)               |
| <i>dens_pop</i>        | -0,00003<br>(0,00002)          | <b>0,0048*</b><br>(0,0026)        | <b>-0,0034**</b><br>(0,0006)     |
| Num.Obs.               | 77189<br>0,0173                | 77189<br>0,1952                   | 77189<br>0,1580                  |

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses. \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*  $p < 0,10$ .

No caso da febre amarela e da leishmaniose, as variáveis relacionadas a fatores ambientais e climáticos apresentaram associação negativa com os casos dessas doenças, assim como as variáveis relacionadas ao uso do solo, com exceção do cultivo de mandioca. O resultado indica que o aumento de 100 km<sup>2</sup> na área desmatada estaria associado à redução de 0,05 caso do somatório dessas doenças por mil habitantes. Já o aumento de 1 °C na temperatura

estaria associado à redução de 0,033 caso, enquanto o acréscimo de 100 mm de precipitação estaria associado à redução de 0,005 caso por mil habitantes.

No âmbito do uso do solo, o cultivo de culturas diversas e soja indica que o aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associado à redução de aproximadamente 0,02 e 0,03 caso das doenças por mil habitantes, respectivamente. Para a pecuária, o aumento de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup> estaria associado à redução de 0,005 caso das doenças por mil habitantes. Como, no Brasil, o desmatamento está fortemente ligado à expansão de atividades produtivas relacionadas ao uso do solo, os resultados dessas variáveis foram vistos em conjunto.

Esse resultado divergiu dos achados de Saccaro, Mation e Sakowski (2015), para a Amazônia; Santos *et al.* (2021), para o estado de São Paulo; e Adorno *et al.* (2022), para o Cerrado, os quais identificaram associações positivas entre desmatamento e casos de leishmaniose. Adorno *et al.* (2022) atribuíram essa relação à destruição de habitats naturais, que forçaria os flebotomíneos a migrarem para áreas urbanas e periurbanas em busca de hospedeiros humanos e animais, bem como de condições ambientais favoráveis, como umidade e sombra. De forma complementar, Santos *et al.* (2021) ressaltaram que o desmatamento alteraria o equilíbrio ecológico ao reduzir predadores e competidores naturais dos vetores, favorecendo sua expansão e dispersão. Além disso, a fragmentação ambiental e a formação de bordas florestais aproximariam vetores, reservatórios e humanos, elevando a taxa de contato entre eles (Santos *et al.*, 2021).

Massey *et al.* (2025), em estudo realizado na Amazônia, especificamente na região do arco do desmatamento, encontraram uma relação quadrática, segundo a qual níveis intermediários de desmatamento, em florestas fragmentadas, tenderiam a reduzir predadores de maior porte e a ampliar a liberdade ecológica de vertebrados de níveis inferiores, como roedores, gambás e tatus, reservatórios comuns dos patógenos. Esse processo promoveria maior aproximação entre vetores, hospedeiros humanos e animais domesticados. Contudo, à medida que o desmatamento avançaria, haveria comprometimento da integridade do habitat dos hospedeiros vertebrados silvestres, dos reservatórios e dos próprios vetores.

A substituição de floresta contínua por lavouras abertas e pastagens também foi apontada como fator redutor da abundância vetorial, em razão da dessecação do habitat e da formação de um microclima mais quente, seco e com maior incidência de ventos (Adorno *et al.*, 2022; Massey *et al.*, 2025). Além disso, a presença de grandes rebanhos poderia atuar como mecanismo de desvio, direcionando picadas ao gado em vez de aos humanos (Martín-Sánchez *et al.*, 2019; Massey *et al.*, 2025).

Quanto ao fato de o cultivo de mandioca ter sido a única atividade associada positivamente ao uso do solo, isso poderia ser explicado pelas características dessa prática agrícola. Diferentemente de monoculturas intensivas, como a soja, o cultivo de mandioca é predominantemente realizado por agricultores familiares e comunidades rurais, geralmente em áreas próximas às residências. Esse padrão produtivo contribuiria para a manutenção de ambientes parcialmente modificados, com maior exposição ocupacional, conservação de microhabitats e intensificação do contato entre vetores, reservatórios e humanos.

O aumento da temperatura e da precipitação poderia, inicialmente, elevar o número de casos, uma vez que temperaturas mais altas tenderiam a acelerar o desenvolvimento do vetor e do parasita, enquanto as chuvas favoreceriam a formação de criadouros e de microambientes úmidos ricos em matéria orgânica (Adams *et al.*, 2025). No entanto, os autores também destacaram que temperaturas muito elevadas, especialmente quando associadas a condições quentes e secas, poderiam ser prejudiciais ao desenvolvimento dos insetos, reduzindo sua sobrevivência e atenuando a capacidade de transmissão. Da mesma forma, embora a precipitação moderada fosse favorável, chuvas muito intensas poderiam eliminar criadouros ao provocar alagamentos e destruição física de habitats larvais, reduzindo a intensidade das populações vetoriais (Adams *et al.*, 2025). Esse comportamento, marcado por temperaturas acima da média e eventos extremos de precipitação, incluindo alagamentos, tem se tornado mais comum no Brasil e pode contribuir para explicar os coeficientes negativos encontrados.

Quanto às variáveis socioeconômicas, a maior prevalência de domicílios com paredes revestidas estaria associada à redução de 0,06 caso por mil habitantes a cada aumento de 10 pontos percentuais. O número de médicos e de leitos por mil habitantes indica que o aumento de 1 unidade nessas variáveis estaria associado a acréscimos de 0,004 e 0,0001 caso por mil habitantes, respectivamente, enquanto o aumento de 10 pontos percentuais na taxa de alfabetização estaria associado à redução de aproximadamente 0,2 caso da doença por mil habitantes.

Esses resultados sugerem que residências mais bem estruturadas atuariam como barreiras físicas contra vetores da febre amarela e da leishmaniose, refletindo também melhores condições socioeconômicas. Esse resultado seria consistente com Rodrigues *et al.* (2019), que destacaram a associação entre alta incidência de leishmaniose tegumentar e más condições de moradia, como ausência de portas, janelas e paredes incompletas, que facilitariam a entrada dos vetores nos domicílios. A associação negativa com a alfabetização sugeriria o papel protetivo da educação, uma vez que maiores níveis de escolaridade tenderiam a refletir maior conhecimento sobre os riscos e as formas de prevenção das doenças (Saccaro; Mation;

Sakowski, 2015). Viana, Freitas e Giatti (2016) corroboraram essa interpretação ao destacarem a baixa escolaridade como marcador de exclusão e vulnerabilidade social.

Quanto às variáveis relacionadas à saúde, a associação positiva poderia refletir maior capacidade de diagnóstico e de notificação dos casos, resultado também reportado por Saccaro, Mation e Sakowski (2015) e Rodrigues *et al.* (2019).

Já a associação negativa com a população rural poderia refletir o processo de urbanização da leishmaniose, caracterizado pela adaptação dos vetores a ambientes urbanos e periurbanos após a modificação de seus habitats naturais, onde encontrariam novos criadouros, umidade, sombra e maior oferta de hospedeiros (Adorno *et al.*, 2022; Ghatee *et al.*, 2023).

Para as internações por doenças respiratórias, os resultados apresentados na Tabela 7 indicam associação negativa entre temperatura e internações, e associação positiva do cultivo de mandioca e da pecuária. Entre os fatores socioeconômicos, o PIB per capita e a proporção de domicílios com paredes revestidas apresentaram associação negativa, enquanto o abastecimento de água encanada e o número de médicos por mil habitantes mostraram associação positiva. A densidade populacional relacionou-se positivamente com as internações, ao passo que a população rural apresentou associação negativa.

O resultado para temperatura indica que o aumento de 1 °C estaria associado à redução de aproximadamente 0,33 internação por mil habitantes. Em análises realizados nos Estados Unidos, Anderson *et al.* (2013) e Olenick *et al.* (2025) encontraram associações positivas entre temperatura e desfechos respiratórios, atribuindo esse resultado à sobrecarga de pulmões já fragilizados para manter a termorregulação em condições de calor intenso, especialmente quando a umidade é elevada; à inflamação sistêmica e ao agravamento de infecções e doenças respiratórias crônicas pelo estresse térmico; e a mecanismos como reflexos nervosos, broncoconstrição e inflamação provocados pela exposição das vias aéreas ao ar aquecido. Por outro lado, Jia *et al.* (2022) e Achebak *et al.* (2024) indicaram uma relação não linear, descrita em forma de curva em U ou V, na qual tanto o frio quanto o calor extremos elevariam o risco de desfechos respiratórios, sendo o menor risco observado em faixas intermediárias de temperatura.

Como esta análise utiliza a temperatura média anual como indicador climático agregado, estimado em um modelo de efeitos fixos, não são capturados efeitos episódicos extremos nem variações sazonais de curto prazo. Nesse sentido, a associação negativa encontrada sugeriria que aumentos na temperatura média anual ao longo do tempo estariam associados à redução das internações por doenças respiratórias, de modo que anos relativamente mais quentes tenderiam a apresentar menor ocorrência de hospitalizações. Esse padrão seria compatível com

a hipótese de maior impacto das condições frias sobre esse grupo de doenças, embora isso não se aplique de forma homogênea a todo o território brasileiro.

De acordo com Jia *et al.* (2022) e Zhang *et al.* (2024), tanto o calor quanto o frio poderiam afetar o sistema respiratório por mecanismos distintos. Em temperaturas elevadas, observam-se inflamação das vias aéreas, estresse oxidativo, interação com a poluição do ar e maior presença de alérgenos e patógenos em determinados ambientes. Já em condições frias, haveria disfunção mucociliar, redução da defesa imunológica, maior sobrevivência e transmissão de vírus respiratórios, além de aumento da inflamação e do broncoespasmo. Assim, a relação negativa estimada sugeriria maior ocorrência de internações em períodos mais frios, quando as condições climáticas favoreceriam a permanência em ambientes fechados e a circulação de agentes respiratórios.

Quanto às variáveis relacionadas às atividades produtivas, o cultivo de mandioca e a pecuária apresentaram associação positiva com as internações por doenças respiratórias, indicando aumentos de aproximadamente 0,6 e 0,1 internação por mil habitantes para o acréscimo de 10 pontos percentuais de área cultivada com mandioca e de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup>, respectivamente. Esses resultados poderiam estar relacionados à maior exposição ambiental à poeira, à queima de biomassa e ao material particulado em suspensão, fatores comuns em áreas de produção agrícola e pecuária (Bento *et al.*, 2024; Souza; Silva; Costa, 2024).

No caso do cultivo de mandioca, tanto o trabalho no campo quanto as etapas de processamento, como raspagem, trituração e torrefação, envolvem exposição significativa à poeira orgânica (Ngombe *et al.*, 2024), à fumaça de biomassa e ao material particulado em suspensão (Okwor *et al.*, 2017). Estudos realizados na África indicaram que trabalhadores envolvidos no processamento de mandioca, expostos a níveis elevados de PM<sub>2.5</sub>, apresentaram maior prevalência de sintomas respiratórios e pior função pulmonar em comparação àqueles não expostos ocupacionalmente à biomassa (Okwor *et al.*, 2017; Ngombe *et al.*, 2024). Nesse sentido, os resultados poderiam refletir tanto exposições ocupacionais diretas quanto condições ambientais típicas de sistemas produtivos menos tecnificados.

No que se refere à pecuária, destacaram-se exposições ocupacionais e ambientais a altas concentrações de poeira orgânica contendo alérgenos e material microbiano, incluindo bactérias, fungos e vírus, além de endotoxinas e outros gases irritantes, como a amônia (Sigsgaard *et al.*, 2020). Esses agentes foram identificados como fatores de risco para o desenvolvimento e agravamento de doenças respiratórias, como asma, rinite, bronquite e doença pulmonar obstrutiva crônica, por desencadarem processos inflamatórios nas vias

aéreas e redução da função pulmonar ao longo do tempo (Sigsgaard *et al.*, 2020). Assim, a associação positiva observada poderia refletir não apenas exposições ocupacionais diretas, mas também efeitos ambientais mais amplos, decorrentes da intensificação das atividades agropecuárias e da maior circulação de partículas e microrganismos no ambiente.

As variáveis socioeconômicas indicam associações negativas com as internações: um aumento de 10 pontos percentuais na proporção de domicílios com paredes revestidas estaria associado à redução média de 0,6 internação por mil habitantes, e cada acréscimo de R\$ 1.000,00 no PIB per capita estaria associado à redução de 0,004 internação por mil habitantes. Esses resultados sugerem que melhores condições habitacionais e maior nível de desenvolvimento econômico poderiam atuar como fatores atenuantes da progressão para quadros mais graves, seja por meio de melhores condições ambientais intradomiciliares, seja pelo maior acesso a diagnóstico e tratamento oportunos, reduzindo a necessidade de hospitalização.

A proporção de domicílios abastecidos com água encanada apresentou associação positiva, indicando que um aumento de 10 pontos percentuais nessa variável estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 0,15 internação por mil habitantes. Esse resultado não deveria ser interpretado como relação causal direta entre o acesso à água encanada e o aumento das internações. Em vez disso, essa variável poderia funcionar como indicador da presença do Estado e da oferta de serviços públicos, captando indiretamente níveis mais elevados de urbanização e melhores condições estruturais dos municípios, inclusive no que se refere à disponibilidade de serviços de saúde e à capacidade de diagnóstico e encaminhamento para internação.

De forma semelhante, a variável médicos por mil habitantes apresentou associação positiva, indicando que o aumento de um médico por mil habitantes estaria associado ao acréscimo de 0,2 internação por mil habitantes. Esse resultado poderia refletir maior oferta de serviços médicos e ampliação do acesso ao sistema de saúde, na medida em que uma maior disponibilidade de profissionais tenderia a favorecer o diagnóstico e a indicação de internações (Smith *et al.*, 2014). Assim, o efeito observado poderia estar relacionado menos à maior incidência de doenças e mais à capacidade assistencial e ao registro de casos que, em contextos de menor oferta de serviços, poderiam permanecer subdiagnosticados ou não hospitalizados.

Consideradas em conjunto, as variáveis número de médicos por mil habitantes e proporção de domicílios com água encanada poderiam estar captando diferenças na oferta e no acesso aos serviços de saúde. Municípios com melhor infraestrutura urbana e maior disponibilidade de profissionais tenderiam a apresentar maior capacidade de diagnóstico,

encaminhamento e realização de internações quando necessárias, o que poderia se refletir em taxas observadas mais elevadas, sem que isso significasse necessariamente maior incidência real de doenças.

A variável população rural apresentou associação negativa. O resultado indica que um aumento de 10 pontos percentuais nessa proporção estaria associado à redução média de 0,2 internação por mil habitantes. Esse resultado sugere maior número de internações entre a população residente em áreas urbanas. Tal evidência poderia ser interpretada em conjunto com a densidade populacional, que apresentou associação positiva com as internações. Municípios mais densamente povoados tenderiam a apresentar maior proximidade entre indivíduos, o que poderia favorecer a transmissão de vírus respiratórios e ampliar o número potencial de pessoas expostas. Por outro lado, esse resultado também poderia refletir diferenças no acesso aos serviços de saúde, uma vez que áreas urbanas concentram maior oferta de estabelecimentos e profissionais, o que poderia resultar em maior registro e realização de internações (Smith *et al.*, 2014; Bento *et al.*, 2024).

No caso dos agravos decorrentes de acidentes com animais peçonhentos, os resultados apresentados na Tabela 7 indicam associações estatisticamente significativas com diferentes fatores ambientais, produtivos e socioeconômicos. Observaram-se associações positivas com a precipitação, a presença de atividades agrícolas, especialmente o cultivo de culturas diversas e de mandioca, e o PIB per capita. Em contraste, verificaram-se associações negativas com o desmatamento, o cultivo de soja e de café, a atividade pecuária, a taxa de alfabetização, a disponibilidade de médicos, melhores condições domiciliares e a densidade populacional.

Entre os fatores ambientais, o desmatamento apresentou associação negativa com os agravos. O resultado indica que um incremento de 100 km<sup>2</sup> desmatados estaria associado à redução de 0,05 caso notificado por mil habitantes. Evidências empíricas apontaram, contudo, que a relação entre mudanças ambientais e acidentes com animais peçonhentos é complexa e dependente do contexto ecológico e das espécies envolvidas. Esse resultado divergiu de evidências internacionais, como Lee *et al.* (2025), que encontraram associação positiva entre desmatamento e acidentes ofídicos, interpretando que a degradação ambiental favoreceria a migração desses animais para áreas habitadas em busca de alimento e abrigo. Resultados semelhantes também foram reportados em estudos nacionais. Cozzer *et al.* (2019), ao analisarem o estado de Santa Catarina, atribuíram o aumento de notificações de acidentes com escorpiões e lagartas em áreas rurais às modificações ambientais que gerariam desequilíbrios ecológicos e levariam esses animais a buscar recursos em ambientes ocupados pelo homem. De modo semelhante, Santos Capim *et al.* (2024), ao analisarem o Pará, argumentaram que a

interferência humana associada ao desmatamento e à expansão agrícola tenderia a destruir habitats naturais e ampliar a interação entre humanos e animais peçonhentos.

Por outro lado, há evidências que corroboraram a associação negativa encontrada. Alcântara *et al.* (2018) identificaram associação negativa entre desmatamento e ocorrência de acidentes, sugerindo que espécies como a jararaca-da-amazônia apresentariam maior abundância em áreas de floresta preservada, onde haveria maior disponibilidade de presas e condições ecológicas mais favoráveis. De forma complementar, Moraes *et al.* (2021) observaram que, nos diferentes biomas brasileiros, o desmatamento se mostrou inversamente proporcional ao número de casos notificados, especialmente nos estados com maior volume de notificações, destacando ainda que alguns grupos, como escorpiões, apresentam elevada capacidade de adaptação ao ambiente urbano, independentemente da cobertura arbórea. Em conjunto, esses resultados sugeririam que a relação entre desmatamento e ocorrência de acidentes não seria linear e poderia refletir múltiplos mecanismos ecológicos simultâneos, incluindo alterações na abundância de espécies, na disponibilidade de presas e na capacidade de adaptação de determinados animais a ambientes modificados. Assim, a associação negativa encontrada poderia indicar que, no conjunto, predominaria o efeito de redução das populações de determinadas espécies em decorrência da destruição de seus habitats pelo desmatamento.

A precipitação apresentou associação positiva com as notificações, indicando que o aumento de 100 mm no volume de chuva estaria associado a um acréscimo médio de 0,04 caso registrado por mil habitantes. Esse resultado seria sustentado por evidências empíricas, que apontaram a chuva como fator de desalojamento físico, especialmente em situações de alagamento, forçando os animais a migrarem para áreas mais secas e elevadas, frequentemente coincidentes com assentamentos humanos (Alcântara *et al.*, 2018; Mól, 2018; Rezer; Bento; Faustino, 2022). Paralelamente, o período chuvoso favoreceria a proliferação de presas, como anuros e roedores, intensificando a atividade biológica e a mobilidade de predadores peçonhentos (Alcântara *et al.*, 2018; Bravo-Vega; Santos-Vega; Córdovez, 2022). Adicionalmente, conforme proposto por Bravo-Vega, Santos-Vega e Córdovez (2022), a sazonalidade das chuvas coincidiria com o incremento das atividades agrícolas, elevando a presença de trabalhadores no campo e a probabilidade de encontros acidentais.

No âmbito do uso produtivo do solo, a agricultura de culturas diversas e de mandioca associou-se positivamente aos agravos. O resultado indica aumento de 0,12 e 0,27 casos por mil habitantes, respectivamente, para cada incremento de 10 pontos percentuais de área cultivada. Embora Bochner e Struchiner (2004) tenham identificado a mandioca e outros produtos como fator protetor em períodos anteriores na Mata Atlântica, o resultado deste

trabalho sugeriria que a intensa exposição ocupacional de trabalhadores rurais elevaria a vulnerabilidade a esse agravo (Alcântara *et al.*, 2018; Santos Capim *et al.*, 2024). Por outro lado, Cozzer *et al.* (2019) argumentaram que o manejo agrícola baseado em defensivos químicos poderia desencadear desequilíbrios ecológicos, como a supressão de predadores naturais, o que facilitaria a proliferação e a adaptação de espécies oportunistas, como as lagartas urticantes.

Em contraste, o cultivo de soja, o cultivo de café e a atividade pecuária apresentaram associação negativa, indicando redução de aproximadamente 0,1 e 0,2 casos por mil habitantes para soja e café, respectivamente, a cada aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada, e redução de 0,03 caso para cada incremento de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup>. No caso da soja, esse resultado poderia estar relacionado ao elevado grau de mecanização da atividade, que reduziria o contato direto entre trabalhadores e o ambiente natural. A mecanização atuaria como uma barreira física entre humanos e animais, diminuindo o risco de acidentes, como observado em estudos que relataram redução de envenenamentos acidentais em contextos agrícolas altamente mecanizados (Chippaux; Goyffon, 1989; Martín *et al.*, 2021).

Quanto ao cultivo de café, a associação poderia estar relacionada ao uso intensivo de insumos químicos e ao manejo agrícola mais tecnificado em determinadas regiões, fatores que reduziriam a presença ou a permanência de animais peçonhentos nas áreas cultivadas. Mól (2018), ao discutir a relação entre lavouras permanentes, incluindo café, e acidentes ofídicos, sugeriu que a alteração do habitat e o uso de maquinário e defensivos agrícolas poderiam dificultar a adaptação e a sobrevivência desses animais em ambientes produtivos, reduzindo a probabilidade de encontros com trabalhadores.

No que diz respeito à atividade pecuária, a associação negativa entre densidade de gado e taxa de acidentes poderia refletir mudanças ecológicas na paisagem, em consonância com o resultado observado para o desmatamento. Áreas com maior concentração de rebanho tenderiam a apresentar paisagens mais abertas e com menor complexidade estrutural, o que poderia reduzir a disponibilidade de abrigo e de presas para determinadas espécies. Além disso, sistemas pecuários mais tecnificados, com manejo intensivo, cercamento e maior controle sanitário, promoveriam maior modificação do ambiente e poderiam contribuir para a redução da densidade de espécies silvestres.

Entre os determinantes socioeconômicos, o PIB per capita apresentou associação positiva com os agravos, indicando que o aumento de R\$ 1.000,00 nessa variável estaria associado ao incremento de 0,001 notificação por mil habitantes. Esse resultado poderia estar relacionado a um efeito de detecção, uma vez que níveis mais elevados de PIB per capita

poderiam refletir melhor infraestrutura urbana e de saúde, ampliando a capacidade do sistema de vigilância para identificar e registrar casos, sem necessariamente indicar maior risco real.

Dentre as variáveis de infraestrutura domiciliar, a presença de paredes revestidas e o esgotamento sanitário adequado apresentaram associação negativa e estariam associados à redução de 0,4 e 0,06 casos por mil habitantes, respectivamente, para o incremento de 10 pontos percentuais nessas características. Da mesma forma, maiores taxas de alfabetização e maior disponibilidade de médicos por mil habitantes também se associaram à diminuição dos agravos, indicando redução média de 0,3 caso para o acréscimo de 10 pontos percentuais na taxa de alfabetização e de 0,01 caso para cada incremento de um médico por mil habitantes. Esses achados sugeririam que melhores condições de moradia, saneamento e acesso à informação atuariam como barreiras estruturais e comportamentais, reduzindo a presença de abrigos e fontes de alimento para animais peçonhentos e favorecendo práticas preventivas. Estudos indicaram que habitações com melhores condições construtivas e saneamento adequado reduziriam a disponibilidade de recursos para escorpiões, aranhas e roedores, contribuindo para menor risco de acidentes (Almeida *et al.*, 2021; Isaacson *et al.*, 2023; Freitas *et al.*, 2024).

A associação negativa da variável médicos por mil habitantes poderia refletir variações intramunicipais ao longo do tempo. Nesse contexto, o aumento da densidade médica poderia acompanhar melhorias na infraestrutura e nos serviços locais, bem como mudanças no padrão de exposição ambiental, reduzindo o risco de acidentes.

Cabe destacar que o desfecho analisado compreende diferentes tipos de acidentes por animais peçonhentos, que apresentam ecologias distintas. Dessa forma, variáveis associadas a ambientes rurais poderiam refletir principalmente o risco de acidentes ofídicos, enquanto indicadores relacionados à expansão do ambiente urbano poderiam estar mais ligados à ocorrência de acidentes com espécies sinantrópicas, como escorpiões e algumas aranhas.

Por fim, a densidade populacional apresentou associação negativa, sugerindo que o aumento de 10 habitantes por km<sup>2</sup> estaria associado à redução de 0,03 casos por mil habitantes. Esse resultado poderia refletir processos de adensamento urbano e mudanças no perfil ocupacional que reduziriam a exposição a ambientes rurais, onde acidentes, especialmente ofídicos, são mais frequentes.

#### **4.4.2 Amazônia**

A Amazônia caracteriza-se por extensas áreas florestais, coexistindo com regiões de desmatamento associado à expansão econômica. O bioma apresenta clima equatorial quente e

úmido, com elevada precipitação. Apesar dessas condições favoráveis, apenas as doenças respiratórias se mostraram influenciadas por variáveis climáticas. De modo geral, os resultados indicam maior influência do uso econômico da terra e de fatores socioeconômicos sobre os agravos relacionados à febre amarela e leishmaniose, às internações por doenças respiratórias e aos acidentes com animais peçonhentos, conforme a Tabela 8.

**Tabela 8** - Resultados das estimações para agravos à saúde - Amazônia

|                        | FA_Leish                        | respiratórias                 | animais                          |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| <i>desmatamento</i>    | <b>-0,0003***</b><br>(0,0001)   | <b>-0,0004***</b><br>(0,0001) | -0,00002<br>(0,00004)            |
| <i>temperatura</i>     | -0,0170<br>(0,0548)             | <b>-0,7291***</b><br>(0,1882) | 0,0160<br>(0,0456)               |
| <i>precipitação</i>    | -0,0001<br>(0,0001)             | <b>-0,0007***</b><br>(0,0001) | -0,000003<br>(0,00005)           |
| <i>agric_diversas</i>  | -0,0210<br>(0,0139)             | 0,0851<br>(0,0616)            | -0,0081<br>(0,0050)              |
| <i>café</i>            | -0,0288<br>(0,0255)             | -0,3352<br>(0,2270)           | -0,0931<br>(0,0583)              |
| <i>mandioca</i>        | 0,0122<br>(0,0069)              | <b>0,3191**</b><br>(0,0979)   | <b>0,0438**</b><br>(0,0151)      |
| <i>soja</i>            | <b>-0,0765***</b><br>(0,0234)   | <b>-0,1302**</b><br>(0,0495)  | <b>-0,0232**</b><br>(0,0091)     |
| <i>pecuária</i>        | 0,0007<br>(0,0011)              | <b>-0,0361**</b><br>(0,0134)  | -0,0020<br>(0,0016)              |
| <i>PIB_pc</i>          | <b>0,000001*</b><br>(0,0000008) | -0,000001<br>(0,000001)       | <b>0,000005***</b><br>(0,000002) |
| <i>água_encanada</i>   | -0,0016<br>(0,0033)             | <b>-0,0494**</b><br>(0,0165)  | <b>0,0077***</b><br>(0,0017)     |
| <i>esgoto_adequado</i> | -0,0012<br>(0,0009)             | <b>0,0195***</b><br>(0,0049)  | -0,0009<br>(0,0009)              |
| <i>paredes_revest</i>  | -0,0052<br>(0,0052)             | <b>-0,1045***</b><br>(0,0250) | <b>-0,0113***</b><br>(0,0037)    |
| <i>médicos</i>         | 0,0592<br>(0,0339)              | <b>0,5407*</b><br>(0,2580)    | <b>0,1270***</b><br>(0,0219)     |
| <i>leitões</i>         | 0,0026<br>(0,0028)              | <b>0,0588***</b><br>(0,193)   | 0,0054<br>(0,0049)               |
| <i>educ_alfab</i>      | 0,0114<br>(0,0081)              | 0,0845<br>(0,0516)            | 0,0099<br>(0,0107)               |
| <i>pop_rural</i>       | <b>-0,0092**</b><br>(0,0031)    | <b>-0,0516***</b><br>(0,0065) | <b>0,0132***</b><br>(0,0032)     |
| <i>dens_pop</i>        | <b>0,0012**</b><br>(0,0003)     | <b>-0,0182***</b><br>(0,0037) | <b>-0,0013***</b><br>(0,0003)    |
| Num.Obs.               | 7010                            | 7010                          | 7010                             |
| R <sup>2</sup>         | 0,0759                          | 0,1725                        | 0,0641                           |

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay (HC1) entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

Para o grupo de doenças vetoriais, composto por febre amarela e leishmaniose, a variável relacionada à questão ambiental, o desmatamento, apresentou associação negativa com os casos por mil habitantes, assim como o cultivo de soja e a proporção da população rural. Em contrapartida, o PIB per capita e a densidade populacional apresentaram associação positiva.

O resultado para a variável desmatamento indica que o aumento de 100 km<sup>2</sup> na área desmatada estaria associado à redução de quase 0,03 caso dessas doenças por mil habitantes. O cultivo de soja, por sua vez, sugere que o aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associado à redução de quase 0,8 caso por mil habitantes. Considerando as interdependências entre desmatamento e expansão agrícola, a interpretação conjunta pode ser feita de forma conjunta.

A associação negativa com o desmatamento diferiu dos resultados de Saccaro, Mation e Sakowski (2015) para a Amazônia, que identificaram que o incremento de 1% no desmatamento estaria associado ao aumento de 8% a 9% nos casos de leishmaniose. Como os autores não estimaram febre amarela em razão da insuficiência de dados, a comparação diz respeito sobretudo à leishmaniose. Segundo esses autores, o desmatamento provocaria desequilíbrio ambiental e, em conjunto com a presença de novos moradores humanos e animais, alteraria o comportamento dos vetores, favorecendo a transição de um padrão predominantemente zoofilico para antropofilico. Além disso, a baixa imunidade de migrantes e determinados hábitos, como o uso de cães para pastoreio, contribuiriam para a maior transmissão.

Por outro lado, o desmatamento também poderia estar associado à menor incidência de leishmaniose tegumentar no estado do Amazonas, sob a hipótese de que o avanço contínuo da supressão florestal afastaria as habitações humanas das bordas da floresta, reduzindo o contato entre vetores, hospedeiros e populações humanas (Rodrigues *et al.*, 2019). Ainda assim, desmatamentos recentes poderiam produzir efeito oposto, já que processos iniciais de abertura de áreas para estradas, ocupação desordenada ou atividades agropecuárias tenderiam a elevar a exposição humana aos vetores. Nessa linha, Massey *et al.* (2025) identificaram relação quadrática entre desmatamento e presença de hospedeiros, indicando que áreas com níveis intermediários de desmatamento apresentariam maior probabilidade de detecção de reservatórios, como roedores, gambás, tatus e inclusive cães, em comparação com florestas mais intactas ou áreas quase totalmente desmatadas. Esses ambientes intermediários favoreceriam a aproximação entre vetores, hospedeiros silvestres e populações humanas, ao passo que estágios mais avançados de transformação da paisagem tenderiam a reduzir a disponibilidade de habitats adequados.

Os resultados também indicam que o cultivo de soja estaria associado negativamente às doenças analisadas. Essa atividade caracteriza-se por elevada mecanização e uso intensivo de tecnologia, com baixa demanda por trabalho manual no campo, o que reduziria a exposição ocupacional aos vetores. Além disso, a expansão da soja geralmente ocorre em paisagens ecologicamente simplificadas, o que tenderia a reduzir habitats adequados para vetores e reservatórios silvestres.

O PIB per capita apresentou associação positiva. O resultado indica que o aumento de R\$ 1.000,00 estaria associado ao incremento de aproximadamente 0,001 notificação das doenças por mil habitantes. Esse resultado poderia refletir maior capacidade institucional de diagnóstico e notificação em municípios economicamente mais estruturados (Rodrigues *et al.*, 2019), além de processos de urbanização e expansão periurbana que favoreceriam a adaptação de vetores a ambientes antrópicos. Dessa forma, a associação observada poderia expressar tanto alterações efetivas na dinâmica epidemiológica quanto diferenças na capacidade de vigilância e registro dos casos.

As variáveis relacionadas à distribuição espacial da população indicaram associação positiva da densidade populacional, de modo que o aumento de 10 habitantes por km<sup>2</sup> estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 0,01 notificação por mil habitantes. Em sentido oposto, o aumento de 10 pontos percentuais na população rural estaria associado à redução média de cerca de 0,1 caso por mil habitantes. Esses resultados sugeririam a hipótese de um processo de urbanização dessas doenças, com a adaptação de vetores a ambientes urbanos e periurbanos, onde encontrariam condições favoráveis, como novos criadouros, umidade, sombra e oferta de hospedeiros, após a modificação de seus habitats naturais. Interpretação semelhante foi apresentada por Adorno *et al.* (2022) para o bioma Cerrado e por Ghatee *et al.* (2023) para a região sudeste do Irã. Ainda assim, não se poderia descartar a hipótese de que parte desse resultado estaria associada à maior capacidade de diagnóstico em áreas mais densamente povoadas, que geralmente apresentam maior urbanização e melhor infraestrutura.

Em relação às internações por doenças respiratórias, verificou-se associação positiva com o cultivo de mandioca, o número de médicos e de leitos por mil habitantes e o esgotamento sanitário adequado. Esse conjunto de variáveis poderia refletir, simultaneamente, condições de exposição e maior capacidade de oferta e acesso aos serviços de saúde, inclusive à internação. Em contextos com melhor estrutura assistencial, seria plausível que houvesse maior detecção e registro de casos, o que poderia se traduzir em maiores taxas de hospitalização, sem necessariamente indicar maior ocorrência da doença.

Por outro lado, variáveis ambientais e climáticas, como desmatamento, temperatura e precipitação, além do cultivo de soja, da atividade pecuária, do abastecimento de água encanada, da proporção de domicílios com paredes revestidas, da população rural e da densidade populacional, associaram-se negativamente às internações. Esse padrão poderia refletir a natureza multifatorial das doenças respiratórias, nas quais fatores estruturais, socioeconômicos e de acesso aos serviços de saúde exerceriam papel relevante na determinação do número de internações, para além da própria exposição ambiental.

O desmatamento apresentou associação negativa e estatisticamente significativa, indicando que o aumento de 100 km<sup>2</sup> de áreas desmatadas estaria associado à redução de aproximadamente 0,04 internação por mil habitantes. Esse resultado diferiu do encontrado por Bento *et al.* (2024), que identificaram relação positiva e significativa entre essas variáveis. Nessa análise, o desmatamento foi tratado como um importante indicador do avanço das atividades agrossilvipastoris, da ocupação humana e da artificialização do meio ambiente. Entretanto, o principal mecanismo que ligaria o desmatamento aos agravos respiratórios seria o uso do fogo para limpeza de áreas recém-desmatadas ou para o manejo de pastagens. Essas queimadas liberariam grandes quantidades de material particulado fino e gases tóxicos na atmosfera, capazes de provocar inflamações e agravos sistêmicos, elevando as internações e a mortalidade prematura (Bento *et al.*, 2024).

Assim, o desmatamento poderia ser compreendido como um determinante distal, enquanto a carga de poluentes atmosféricos constituiria o determinante proximal dos agravos respiratórios. Quando o desmatamento não fosse imediatamente seguido pela queima da biomassa, por exemplo, em situações em que a retirada da madeira ocorre por meios mecânicos, o elo causal entre desmatamento e poluição atmosférica se tornaria menos direto, enfraquecendo sua associação empírica com os desfechos de saúde (Oliveira *et al.*, 2020).

Bento *et al.* (2024) também incorporaram gases de efeito estufa como variável de controle e demonstraram que a poluição atmosférica associada ao desmatamento elevaria diretamente o número de casos respiratórios, além de produzir efeitos indiretos em municípios vizinhos, por meio do transporte de poluentes. Nesse sentido, diversos estudos na Amazônia têm utilizado indicadores ambientais diretamente relacionados à poluição atmosférica, como focos de calor, áreas queimadas, material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) e profundidade óptica de aerossóis (AOD), para investigar seus efeitos sobre a saúde respiratória (Carmo *et al.*, 2010; Smith *et al.*, 2014; Moura *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2024).

A partir da análise de Smith *et al.* (2014), observou-se que os aerossóis foram o principal fator associado ao aumento das hospitalizações nos municípios mais fortemente expostos à seca

de 2005. Já na seca de 2010, que atingiu uma área geograficamente mais extensa, as condições socioeconômicas, representadas pelo nível de desenvolvimento humano, tiveram maior peso explicativo e atuaram na mitigação dos impactos ambientais. Além disso, os autores demonstraram que, em anos sem eventos extremos, a associação entre aerossóis e doenças respiratórias poderia se tornar fraca ou espacialmente heterogênea, refletindo a maior importância relativa de fatores estruturais e sociais na determinação das internações.

Outro aspecto relevante destacado por Smith *et al.* (2014) é que os locais onde ocorreram os incêndios não eram necessariamente os mesmos onde se observaram os maiores impactos sobre as internações. A associação mais consistente foi identificada nas áreas com maior concentração de aerossóis, e não necessariamente nos locais com maior ocorrência de fogo. Isso ocorre porque o material particulado oriundo das queimadas não permaneceria restrito ao município de origem, podendo ser transportado pelos ventos para outras localidades, ampliando a área de exposição populacional.

Nesse contexto, a associação negativa encontrada nas estimativas deste trabalho poderia refletir diferentes mecanismos. Em primeiro lugar, o desmatamento representa uma variável estrutural de longo prazo, mensurada anualmente, enquanto os agravos respiratórios tenderiam a responder a exposições ambientais agudas, especialmente à poluição gerada por queimadas. Como o modelo utiliza dados anuais e não incorpora medidas diretas de poluição atmosférica nem internações sazonais, o coeficiente estimado para desmatamento poderia capturar predominantemente dinâmicas estruturais, e não episódios críticos de exposição à fumaça. Em segundo lugar, o transporte atmosférico da fumaça poderia gerar efeitos espaciais indiretos, pelos quais municípios com menor desmatamento sofreriam impactos decorrentes da poluição gerada em municípios vizinhos mais intensamente desmatados e queimados (Bento *et al.*, 2024). Por fim, mesmo em locais onde ocorreram desmatamento e incêndios, a ausência de altas concentrações locais de material particulado fino e de outros poluentes poderia reduzir a associação direta com internações, sugerindo que o principal fator de risco ambiental seria a carga de poluentes atmosféricos, e não o desmatamento isoladamente (Smith *et al.*, 2014).

As variáveis climáticas apresentaram associação negativa com as internações por doenças respiratórias. Observou-se que o aumento de 1 °C na temperatura média estaria associado à redução de aproximadamente 0,7 internação por mil habitantes, enquanto o aumento de 100 mm na precipitação estaria associado à redução de 0,07 internação por mil habitantes.

A associação negativa com a temperatura sugere que períodos relativamente mais frios estariam relacionados ao aumento das internações por doenças respiratórias. Nesse contexto, a

temperatura média atuaria como marcador de sazonalidade epidemiológica, influenciando a circulação viral e o comportamento populacional. Temperaturas mais baixas estariam associadas à maior permanência em ambientes fechados e menos ventilados, favorecendo a transmissão de infecções (Smith *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2024). Contudo, é importante observar que esse achado não contradiz evidências de que o calor extremo também representaria risco à saúde respiratória. Eventos de temperaturas muito elevadas, capturados pela temperatura máxima, estariam associados ao estresse térmico agudo e ao agravamento de problemas respiratórios (Requia *et al.*, 2023). Assim, enquanto a temperatura média captaria predominantemente padrões sazonais ligados à circulação viral, à suscetibilidade fisiológica e a mudanças comportamentais, a temperatura máxima refletiria riscos agudos de estresse térmico.

Na Amazônia, essa dinâmica acompanharia a sazonalidade climática. Em anos sem seca, o maior número de internações tenderia a ocorrer no final da estação chuvosa, período de elevada umidade que favoreceria a proliferação de fungos e ácaros. Já em anos de seca anômala, as internações poderiam se concentrar no período seco, entre julho e setembro, quando se intensificam as queimadas e a poluição atmosférica (Smith *et al.*, 2014).

Em relação à precipitação, a associação negativa poderia ser interpretada a partir de mecanismos ambientais bem estabelecidos. Um dos principais seria o efeito de limpeza atmosférica, no qual a chuva promoveria a deposição úmida de poluentes, reduzindo a concentração de material particulado fino (PM<sub>2,5</sub>) e de outros poluentes em suspensão. Dessa forma, períodos com maior volume de chuva tenderiam a apresentar melhor qualidade do ar (Moura *et al.*, 2023). Além disso, a precipitação contribuiria para interromper o ciclo do fogo, reduzindo a inflamabilidade da vegetação e limitando a ocorrência de queimadas (Bento *et al.*, 2024). Evidências indicariam que anos de seca anômala, caracterizados por baixos níveis de precipitação, estariam associados ao aumento das internações, em razão da intensificação das queimadas e da maior concentração de poluentes atmosféricos (Machado-Silva *et al.*, 2020).

As atividades relacionadas ao uso da terra apresentaram padrão semelhante ao observado para outros agravos na Amazônia, no qual atividades mais tecnificadas e intensivas em capital tenderiam a associar-se negativamente aos desfechos adversos. O cultivo de soja e a pecuária associaram-se à redução das internações: um aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada com soja estaria associado à diminuição de 1,3 internação por mil habitantes, enquanto o aumento de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup> estaria associado à redução de 0,36 internação por mil habitantes.

Em contraste, o cultivo de mandioca, característico da agricultura familiar, apresentou associação positiva: um aumento de 10 pontos percentuais nessa atividade estaria associado ao acréscimo médio de 3 internações por mil habitantes. Esse resultado poderia estar relacionado ao uso do sistema de corte e queima para preparo do terreno, prática comum nesse tipo de cultivo. Como os trabalhadores e suas famílias frequentemente residem próximos às áreas de produção, a exposição à fumaça e ao material particulado tenderia a ser mais direta e contínua. Esse achado seria consistente com evidências internacionais, especialmente de estudos conduzidos na África, que apontaram maior prevalência de sintomas respiratórios e comprometimento da função pulmonar em populações expostas à queima de biomassa e ao material particulado associado ao processamento da mandioca (Okwor *et al.*, 2017; Ngombe *et al.*, 2024).

Os indicadores de infraestrutura domiciliar, como abastecimento de água encanada e domicílios com paredes revestidas, associaram-se negativamente às internações, indicando que um aumento de 10 pontos percentuais nessas características estaria associado à redução de 0,5 e 1 internação por mil habitantes, respectivamente. Esses resultados seriam consistentes com a literatura, uma vez que melhores condições habitacionais funcionariam como fatores protetores, reduzindo a exposição à poeira, à fumaça, a alérgenos e a agentes infecciosos, além de favorecer práticas de higiene que contribuiriam para prevenir infecções respiratórias e seu agravamento (Smith *et al.*, 2014; Bauch *et al.*, 2015).

A variável de esgotamento sanitário adequado apresentou associação positiva com as internações. O resultado indica que o aumento de 10 pontos percentuais nessa cobertura estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 0,2 internação por mil habitantes. Esse resultado, à primeira vista contraintuitivo, poderia refletir características estruturais do município e seu grau de urbanização. Municípios com maior cobertura de esgotamento tenderiam a concentrar melhor infraestrutura urbana e maior capacidade instalada de serviços de saúde, o que aumentaria a probabilidade de hospitalizações e registro dos casos mais graves, podendo indicar mais a maior oferta e o acesso aos serviços hospitalares e menos o risco de adoecimento. (Carmo *et al.*, 2010).

Essa interpretação seria reforçada pelos resultados observados para o número de médicos e de leitos por mil habitantes. O aumento de 1 médico e de 1 leito por mil habitantes estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 0,5 e 0,06 internações por mil habitantes, respectivamente, sugerindo um efeito relacionado à oferta de serviços e à centralização da rede assistencial. No contexto amazônico, onde muitos municípios apresentam baixa estrutura hospitalar, centros urbanos e capitais frequentemente funcionariam como polos regionais de

atendimento, recebendo pacientes de localidades vizinhas com menor capacidade assistencial (Salino; Ribeiro, 2023).

Em relação à distribuição espacial da população, a maior proporção de população rural apresentou associação negativa com as internações, indicando que o aumento de 10 pontos percentuais nessa variável estaria associado à redução de 0,5 internação por mil habitantes, possivelmente refletindo dificuldades de acesso aos serviços hospitalares e, conseqüentemente, menor registro de casos, mais do que menor ocorrência dos agravos (Carmo *et al.*, 2010).

Por sua vez, a densidade populacional também apresentou associação negativa, sugerindo que municípios mais densos tenderiam a registrar menos hospitalizações, divergindo dos resultados encontrados por Bento *et al.* (2024), mas em linha com Bauch *et al.* (2015). Esse resultado poderia estar relacionado ao fato de que o desfecho analisado corresponde aos casos que evoluem para internação, e não à ocorrência de adoecimento em si. Áreas mais densas e urbanizadas, em geral, contam com maior cobertura de atenção primária e melhor infraestrutura sanitária, o que poderia contribuir para o manejo precoce dos quadros respiratórios e evitar sua progressão para formas graves. Além disso, essas áreas costumam concentrar maiores níveis de renda e escolaridade, o que também poderia reduzir a incidência de doenças respiratórias (Bauch *et al.*, 2015).

No que se refere aos agravos por acidentes com animais peçonhentos, observaram-se associações positivas com o cultivo de mandioca, o abastecimento de água encanada, o número de médicos por mil habitantes, o PIB per capita e a população rural. Em sentido oposto, o cultivo de soja, a proporção de domicílios com paredes revestidas e a densidade populacional apresentaram associação negativa.

As variáveis ambientais e climáticas, desmatamento, temperatura média e precipitação total anual não apresentaram relação significativa com os acidentes por animais peçonhentos. O resultado para o desmatamento divergiu do encontrado por Saccaro, Mation e Sakowski (2015), que encontraram associação positiva com acidentes de forma ampla, abrangendo diversos tipos de animais, bem como por Alcântara *et al.* (2018) e Moraes *et al.* (2021), que identificaram associação negativa, embora esses estudos tenham considerado especificamente acidentes ofídicos. Para Saccaro, Mation e Sakowski (2015), a relação positiva decorreria do deslocamento das espécies devido à perda de seu habitat, além da maior proximidade física entre humanos e fauna silvestre provocada pelas atividades de desmatamento. Por outro lado, a associação negativa entre desmatamento e acidentes exclusivamente com serpentes poderia ocorrer porque a supressão da floresta amazônica eliminaria as condições microclimáticas

ideais e reduziria a disponibilidade de presas, resultando em menor abundância dessas espécies (Alcântara *et al.*, 2018).

Nesse contexto, a ausência de associação observada neste estudo poderia estar relacionada ao agrupamento de diferentes tipos de animais peçonhentos em uma única categoria analítica. Como esses grupos apresentam ecologias e padrões de atividade distintos, os efeitos ambientais poderiam ter sido atenuados na análise agregada, ainda que os acidentes ofídicos predominem na Amazônia.

Relativamente à temperatura, embora as serpentes sejam animais ectotérmicos e dependam do calor ambiental para sua atividade, em áreas onde a temperatura já é naturalmente elevada aumentos adicionais ou a exposição direta ao sol em áreas desmatadas poderiam tornar-se fatores limitantes para a sobrevivência das espécies florestais (Alcântara *et al.*, 2018). Quanto à precipitação, evidências apontaram relação positiva com acidentes ofídicos na Amazônia, influenciada pela maior atividade das serpentes durante períodos de maior precipitação e pela busca por áreas mais altas durante as cheias, o que aumentaria a probabilidade de aproximação com humanos (Alcântara *et al.*, 2018; Moraes *et al.*, 2021; Santos Capim *et al.*, 2024). Assim como observado para o desmatamento, a ausência de associação significativa com variáveis climáticas neste trabalho poderia estar relacionada à agregação de diferentes grupos de animais na mesma estimação.

Quanto às variáveis relacionadas à atividade agrícola, o resultado indica que o aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada com soja corresponderia à redução média de 0,2 caso por mil habitantes, enquanto o cultivo de mandioca estaria associado ao aumento de 0,4 caso por mil habitantes, resultado semelhante ao observado para o agregado nacional (seção 4.4.1). Desse modo, a explicação para essas relações poderia basear-se no grau de exposição ocupacional envolvido em cada atividade. O cultivo de soja na Amazônia caracteriza-se como uma atividade de larga escala, altamente mecanizada e tecnificada, voltada ao mercado de exportação e com uso relativamente reduzido de mão de obra em razão do elevado nível de mecanização (Coelho *et al.*, 2021). Em contraste, o cultivo de mandioca é característico da agricultura familiar de pequena escala, voltado sobretudo à subsistência e altamente intensivo em trabalho (Coelho *et al.*, 2021; Abrell *et al.*, 2022). Além disso, a mandioca e seus derivados compõem a base alimentar de grande parte da população amazônica, o que contribuiria para sua ampla produção e comercialização na região.

No que se refere às variáveis de infraestrutura domiciliar e de saúde, observou-se que o aumento de 10 pontos percentuais na proporção de domicílios com paredes revestidas estaria associado à redução média de 0,1 caso de acidentes por mil habitantes, enquanto o

abastecimento de água encanada estaria associado ao aumento de 0,08 notificação para cada incremento de 10 pontos percentuais nessa cobertura. A interpretação para o resultado de paredes revestidas é direta, semelhante ao observado para o agregado nacional: melhores condições construtivas, com paredes vedadas, reduziriam a presença de frestas e esconderijos que favoreceriam a presença de animais como escorpiões, aranhas e outros artrópodes (Almeida *et al.*, 2021; Isaacson *et al.*, 2023; Freitas *et al.*, 2024).

Na Amazônia, seria relativamente comum o uso de materiais como madeira e barro (Carvalho; Lobato, 2021), os quais, quando não revestidos ou acabados, facilitariam a formação de frestas, que permitiriam a entrada e o abrigo de animais peçonhentos, favorecendo a ocorrência de acidentes dentro das próprias residências. Assim, a presença de paredes revestidas tenderia a reduzir a ocorrência de acidentes no ambiente domiciliar.

Por outro lado, a associação positiva com o abastecimento de água encanada deveria ser interpretada sob outra perspectiva. Municípios com maior cobertura de abastecimento público de água tenderiam a apresentar melhores condições gerais de infraestrutura urbana. Interpretação semelhante foi proposta por Almeida *et al.* (2021). Nesse sentido, esse resultado poderia ser interpretado em conjunto com o PIB per capita e com o número de médicos por mil habitantes. Esta última variável apresentou associação de maior magnitude, indicando que o aumento de 1 médico por mil habitantes estaria associado ao aumento de aproximadamente 0,13 notificação de agravos por mil habitantes. Assim, municípios com melhor estrutura e melhores condições econômicas tenderiam a apresentar maior acesso à saúde e maior capacidade de notificação dos casos, reduzindo a subnotificação, como também sugeriram Alcântara *et al.* (2018), Almeida *et al.* (2021) e Isaacson *et al.* (2023).

Por fim, a variável população rural indica que o aumento de 10 pontos percentuais estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 0,1 caso por mil habitantes, enquanto a densidade populacional indica que o aumento de 10 habitantes por km<sup>2</sup> estaria associado à redução de 0,01 agravo por mil habitantes. Resultados semelhantes foram encontrados por Alcântara *et al.* (2018) para ambas as variáveis; Chippaux (2015) e Matos e Ignotti (2020) também identificaram associação negativa com a densidade populacional; e Santos Capim *et al.* (2024) observaram maior ocorrência de acidentes em áreas rurais e agrícolas. Em conjunto, essas evidências sugerem que os acidentes na Amazônia apresentariam forte caráter ocupacional e rural. Além disso, áreas de menor densidade populacional tendem a apresentar maior proximidade entre atividades humanas e ambientes naturais, favorecendo o contato entre humanos e animais peçonhentos nos locais de moradia ou trabalho.

### 4.4.3 Caatinga

O bioma Caatinga caracteriza-se por vegetação heterogênea, composta por formações arbustivas e florestas tropicais sazonalmente secas, sob clima tropical semiárido marcado por períodos prolongados de estiagem (Caballero *et al.*, 2023). Para os três grupos de agravos analisados, essas características mostraram efeito mais evidente apenas para os acidentes com animais peçonhentos. De modo geral, as associações identificadas concentraram-se mais em fatores relacionados ao uso do solo e às condições socioeconômicas e de infraestrutura, conforme a Tabela 9.

**Tabela 9** - Resultados das estimações para agravos à saúde - Caatinga

|                        | FA_Leish                     | respiratórias                | animais                         |
|------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| <i>desmatamento</i>    | -0,0017<br>(0,0029)          | 0,0050<br>(0,0247)           | <b>0,0145***</b><br>(0,0040)    |
| <i>temperatura</i>     | -0,0125<br>(0,0116)          | -0,5433<br>(0,4855)          | <b>0,01787*</b><br>(0,0894)     |
| <i>precipitação</i>    | -0,000000<br>(0,00000)       | -0,0016<br>(0,0011)          | 0,0002<br>(0,0002)              |
| <i>agric_diversas</i>  | 0,0002<br>(0,0003)           | 0,0243<br>(0,0149)           | <b>-0,0061**</b><br>(0,0023)    |
| <i>café</i>            | <b>0,0954***</b><br>(0,0191) | 0,0210<br>(0,0659)           | <b>-0,0550***</b><br>(0,0130)   |
| <i>mandioca</i>        | -0,0001<br>(0,0004)          | <b>-0,412***</b><br>(0,0097) | -0,0082<br>(0,0048)             |
| <i>soja</i>            | 0,0206<br>(0,0120)           | -1,3998<br>(0,8775)          | -0,0517<br>(0,1248)             |
| <i>pecuária</i>        | -0,0004<br>(0,0003)          | -0,0019<br>(0,0035)          | <b>-0,0042**</b><br>(0,0016)    |
| <i>PIB_pc</i>          | -0,000000<br>(0,000000)      | 0,00001<br>(0,000007)        | <b>0,000006**</b><br>(0,000002) |
| <i>água_encanada</i>   | 0,0005<br>(0,0006)           | <b>0,0223***</b><br>(0,0040) | <b>-0,0079***</b><br>(0,0008)   |
| <i>esgoto_adequado</i> | <b>-0,0005**</b><br>(0,0002) | -0,0042<br>(0,0075)          | <b>-0,0037*</b><br>(0,0020)     |
| <i>paredes_revest</i>  | <b>0,0008*</b><br>(0,0004)   | <b>0,0398***</b><br>(0,0065) | <b>-0,0107***</b><br>(0,0021)   |
| <i>médicos</i>         | 0,0099<br>(0,0068)           | <b>0,5272**</b><br>(0,1877)  | <b>0,2668***</b><br>(0,0846)    |
| <i>leitões</i>         | <b>0,0006**</b><br>(0,0003)  | 0,0085<br>(0,0074)           | 0,0034<br>(0,0032)              |
| <i>educ_alfab</i>      | -0,0017<br>(0,0016)          | <b>0,3815***</b><br>(0,0316) | -0,0162<br>(0,0129)             |
| <i>pop_rural</i>       | -0,0002<br>(0,0003)          | 0,0117<br>(0,0179)           | <b>-0,0024*</b><br>(0,0033)     |
| <i>dens_pop</i>        | <b>-0,0002***</b>            | <b>0,0085***</b>             | <b>-0,0024***</b>               |

|                | FA_Leish | respiratórias | animais  |
|----------------|----------|---------------|----------|
|                | (0,0001) | (0,0008)      | (0,0008) |
| Num.Obs.       | 15296    | 15296         | 15296    |
| R <sup>2</sup> | 0,0333   | 0,2086        | 0,1754   |

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses. \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*  $p < 0,10$ .

No período analisado, não foram notificados casos de febre amarela nesse bioma, de modo que as estimativas refletem diretamente a associação das variáveis com os casos de leishmaniose. A doença não apresentou associação significativa com variáveis ambientais e climáticas, mas apresentou associação positiva com o cultivo de café, a proporção de domicílios com paredes revestidas e o número de leitos por mil habitantes, e associação negativa com o esgotamento sanitário adequado e a densidade populacional.

O resultado indica que o aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada com café estaria associado ao acréscimo de quase 1 caso da doença por mil habitantes. Plantações de café frequentemente representam habitat favorável para flebotomíneos do gênero *Lutzomyia* em regiões onde a vegetação original foi desmatada, uma vez que o açúcar das folhas do cafeeiro pode servir como alimento ao inseto (Alexander *et al.*, 2002). Nesse ambiente, a transmissão poderia ser intensificada tanto pelo contato direto de trabalhadores com as áreas de plantio quanto pela proximidade entre lavouras e as residências. Esse processo tenderia a ser ampliado pela presença de abrigos de animais, como galinheiros e currais, a menos de 100 metros das moradias em áreas cafeeiras, situação em que os flebotomíneos se alimentariam do sangue de cães, cavalos e bois, que participam da dinâmica de transmissão (Sandoval-Ramírez *et al.*, 2020).

O esgotamento sanitário adequado apresentou associação negativa com a doença. O resultado indica que o aumento dessa variável estaria associado à redução da incidência, o que poderia sugerir efeito protetivo decorrente da melhoria das condições de higiene e, de forma mais ampla, poderia indicar que o saneamento reduziria a probabilidade de formação de microambientes favoráveis à proliferação do vetor (Nina *et al.*, 2023; Adams *et al.*, 2025).

Já a variável domicílios com paredes revestidas associou-se positivamente, o que poderia parecer contraintuitivo diante do papel protetivo normalmente atribuído a essa característica. No entanto, considerando que melhor infraestrutura domiciliar tende a ser mais frequente em municípios mais desenvolvidos e com maior capacidade de diagnóstico e registro, esse resultado poderia refletir maior detecção dos casos.

A hipótese de maior capacidade de detecção seria reforçada pela associação também positiva encontrada para o número de leitos por mil habitantes. Ambos os resultados podem ser

interpretados à luz da ideia de que melhor infraestrutura urbana e de saúde favoreceria o diagnóstico e o registro dos casos, além de sugerir possível subnotificação nos municípios menos estruturados.

Por fim, a densidade populacional indica que o aumento de 10 habitantes por km<sup>2</sup> estaria associado à redução de 0,002 caso da doença por mil habitantes. Esse resultado diferiu do observado por Cavalcante *et al.* (2022) no município de Sobral/CE, onde a leishmaniose, antes predominantemente rural, expandiu-se para áreas urbanas em decorrência do crescimento populacional desordenado e da ocupação irregular do espaço, tornando mais vulneráveis as áreas urbanas mais populosas e com baixa infraestrutura. Por outro lado, Soares *et al.* (2025) destacaram que fatores como moradias inadequadas, ausência de saneamento e manejo precário de resíduos sólidos seriam determinantes centrais para o desenvolvimento e a persistência do vetor da leishmaniose. Nesse sentido, a associação negativa entre densidade populacional e incidência observada neste estudo pode estar relacionada ao fato de que municípios menos densamente povoados frequentemente apresentariam maiores limitações de infraestrutura urbana e serviços básicos, criando condições socioambientais favoráveis à manutenção do ciclo de transmissão da doença.

Para as doenças respiratórias, também não foram observadas associações significativas com o desmatamento ou com as variáveis climáticas, indicando que, nesse bioma, tais agravos pareceriam estar mais relacionados a fatores estruturais do que a mudanças ambientais diretas. No âmbito do uso do solo, apenas o cultivo de mandioca apresentou associação significativa, com sinal negativo, indicando que o aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associado à redução de aproximadamente 4 internações por mil habitantes. Como o cultivo de mandioca na Caatinga, assim como na Amazônia, é predominantemente realizado por pequenos produtores familiares (Oliveira *et al.*, 2019), esse resultado poderia refletir menor volume de internações em municípios menores, em consonância com os resultados das variáveis socioeconômicas e de densidade populacional.

Em relação às condições domiciliares, as variáveis água encanada e domicílios com paredes revestidas apresentaram associação positiva com as internações, indicando que o aumento de 10 pontos percentuais nessas características estaria associado ao acréscimo de 0,2 e 0,4 internações por mil habitantes, respectivamente. Isso não significaria que melhor infraestrutura domiciliar provocaria problemas respiratórios mais graves que resultariam em hospitalização, uma vez que esses fatores funcionariam, em princípio, como elementos de proteção. Assim, esse resultado poderia refletir, em parte, o fato de que municípios com melhores condições de infraestrutura tenderiam a apresentar maior acesso e capacidade de

internação hospitalar. Da mesma forma, a presença de maior número de médicos, melhores indicadores educacionais e maior densidade populacional também se associaram positivamente às internações, sugerindo que o acesso aos serviços de saúde influenciaria diretamente o volume de hospitalizações registradas.

Esse conjunto de resultados sugere que as internações por doenças respiratórias na Caatinga estariam mais associadas à capacidade instalada dos serviços de saúde do que a fatores ambientais diretos.

Por sua vez, os acidentes com animais peçonhentos apresentaram associação estatisticamente significativa e positiva com variáveis ambientais e climáticas, bem como com o PIB per capita e o número de médicos por mil habitantes. Em contrapartida, observaram-se associações negativas com variáveis relacionadas ao uso do solo, à infraestrutura domiciliar e urbana, à população rural e à densidade populacional.

A associação positiva com as variáveis ambientais e climáticas indica que o aumento de 10 km<sup>2</sup> de área desmatada estaria associado ao acréscimo de 0,14 acidente com animais peçonhentos por mil habitantes, enquanto o aumento de 1 °C na temperatura estaria associado ao incremento de 0,018 acidente por mil habitantes, sugerindo maior sensibilidade desse agravo às condições ecológicas no semiárido.

No bioma Caatinga, a maior frequência de ocorrências envolve escorpiões devido a sua elevada adaptação ao meio urbano, seguidos por acidentes com serpentes e, em menor proporção, abelhas e aranhas (Moraes *et al.*, 2021). Embora a associação entre desmatamento e acidentes varie entre estudos, evidências para a Caatinga indicaram que a modificação de habitats naturais por processos de urbanização e expansão agropecuária favoreceria a dispersão de escorpiões, ampliando o risco de encontros com humanos (Amado *et al.*, 2021; Barroso *et al.*, 2025). Fenômeno semelhante foi observado para acidentes ofídicos (Jucá *et al.*, 2021).

Especificamente em relação ao uso do solo, o cultivo de culturas diversas, o cultivo de café e a atividade pecuária estariam associados negativamente aos acidentes, indicando que o aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada corresponderia à redução média de 0,06 e 0,5 acidentes por mil habitantes, respectivamente, ao passo que o aumento de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup> estaria associado à redução de aproximadamente 0,04 acidente por mil habitantes. Embora a literatura aponte o cultivo de café como fator de risco devido à colheita manual (Bochner; Struchiner, 2004; Mise *et al.*, 2016), a relação negativa observada aqui poderia decorrer da descaracterização mais intensa do habitat natural. Segundo Bochner e Struchiner (2004) e Mól (2018), o uso intensivo do solo agrícola, aliado ao emprego de maquinário e

agrotóxicos, poderia reduzir a disponibilidade de abrigo e de alimento, dificultando a permanência de ofídios nessas áreas e reduzindo a probabilidade de encontros com humanos.

A temperatura é fator especialmente relevante para animais peçonhentos ectotérmicos, como serpentes, escorpiões e aranhas, cuja temperatura corporal e metabolismo dependem diretamente do calor ambiental. Assim, o aumento da temperatura média, em um bioma de baixa amplitude térmica e clima quente, poderia favorecer a aceleração do metabolismo desses animais, contribuindo para sua proliferação e expansão (Amado *et al.*, 2021; Barroso *et al.*, 2025).

Os resultados para as três variáveis de infraestrutura domiciliar e urbana, água encanada, esgotamento sanitário e paredes revestidas, indicaram associação negativa, apontando que o aumento de 10 pontos percentuais em cada uma dessas características estaria associado à redução média de 0,08, 0,04 e 0,1 de acidentes por mil habitantes, respectivamente. Esse resultado tem interpretação mais direta e evidencia o efeito protetivo da boa infraestrutura domiciliar, sobretudo das paredes revestidas, que funcionariam como barreira física contra a entrada, o abrigo e a proliferação de animais peçonhentos.

O PIB per capita e o número de médicos por mil habitantes apresentaram associação positiva com as notificações de acidentes com animais peçonhentos, indicando que o aumento de R\$ 1.000,00 no PIB per capita estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 0,006 notificação por mil habitantes, enquanto o aumento de um médico por mil habitantes estaria associado ao incremento médio de 0,3 notificação por mil habitantes. Esse resultado sugere que maior nível de renda e expansão da estrutura assistencial médica seriam acompanhados por maior capacidade de atendimento e de registro dos casos.

Em contrapartida, a maior proporção de população rural e a densidade populacional apresentaram associação negativa com as notificações, o que poderia indicar que os registros se concentrariam em municípios com maior estrutura de saúde. Em áreas mais dispersas e predominantemente rurais, as limitações de acesso aos serviços médicos poderiam resultar em menor detecção e registro dos acidentes, contribuindo para possíveis níveis de subnotificação.

#### **4.4.4 Cerrado**

A vegetação do Cerrado caracteriza-se por savanas abertas com gramíneas, arbustos esparsos e árvores tortuosas de porte médio, além de formações florestais como o cerradão e as matas de galeria, sob clima tropical sazonal, com estações seca e chuvosa bem definidas (Procópio e Barreto, 2021; Abreu *et al.*, 2022). As estimativas indicam que alterações nesse ambiente estariam associadas à ocorrência de leishmaniose, às internações por doenças

respiratórias e aos acidentes com animais peçonhentos. Além desses fatores, atividades relacionadas ao uso do solo e condições socioeconômicas e de infraestrutura também se mostraram significativas, conforme a Tabela 10.

**Tabela 10** - Resultados das estimações para agravos à saúde - Cerrado

|                        | FA_Leish                      | respiratórias                    | animais                       |
|------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| <i>desmatamento</i>    | <b>-0,0025***</b><br>(0,0006) | <b>0,0102**</b><br>(0,0046)      | <b>-0,0050***</b><br>(0,0005) |
| <i>temperatura</i>     | <b>-0,0642**</b><br>(0,0295)  | -0,1142<br>(0,1741)              | 0,0744<br>(0,0829)            |
| <i>precipitação</i>    | <b>-0,0001**</b><br>(0,00005) | 0,0004<br>(0,0003)               | <b>0,0004**</b><br>(0,0002)   |
| <i>agric_diversas</i>  | <b>-0,0027**</b><br>(0,0011)  | -0,0030<br>(0,0131)              | <b>0,0095**</b><br>(0,0043)   |
| <i>café</i>            | <b>-0,0045*</b><br>(0,0024)   | <b>0,2162***</b><br>(0,0465)     | <b>-0,0254***</b><br>(0,0101) |
| <i>mandioca</i>        | -0,0033<br>(0,0086)           | 0,0688<br>(0,0854)               | <b>0,1932***</b><br>(0,0369)  |
| <i>soja</i>            | <b>-0,0039**</b><br>(0,0017)  | 0,0123<br>(0,0093)               | <b>-0,0308***</b><br>(0,0082) |
| <i>pecuária</i>        | <b>-0,0013**</b><br>(0,0004)  | <b>-0,0188**</b><br>(0,0078)     | <b>-0,0136***</b><br>(0,0024) |
| <i>PIB_pc</i>          | -0,0000003<br>(0,0000002)     | <b>-0,00001***</b><br>(0,000004) | -0,00000003<br>(0,000001)     |
| <i>água_encanada</i>   | <b>0,0057***</b><br>(0,0017)  | <b>0,0243***</b><br>(0,0080)     | <b>-0,0291***</b><br>(0,0025) |
| <i>esgoto_adequado</i> | 0,0002<br>(0,0005)            | -0,0073<br>(0,0057)              | <b>-0,0036***</b><br>(0,0003) |
| <i>paredes_revest</i>  | <b>-0,0093***</b><br>(0,0016) | <b>0,0119*</b><br>(0,0063)       | <b>-0,0203***</b><br>(0,002)  |
| <i>médicos</i>         | 0,0033<br>(0,0024)            | <b>0,2970***</b><br>(0,0724)     | <b>-0,0464***</b><br>(0,0155) |
| <i>leitos</i>          | 0,0003<br>(0,0004)            | 0,0001<br>(0,0057)               | <b>-0,0029*</b><br>(0,0016)   |
| <i>educ_alfab</i>      | -0,0083<br>(0,0061)           | 0,0670<br>(0,0704)               | <b>-0,0112*</b><br>(0,0058)   |
| <i>pop_rural</i>       | <b>-0,0064***</b><br>(0,0016) | <b>-0,1087**</b><br>(0,0182)     | <b>-0,0149***</b><br>(0,0037) |
| <i>dens_pop</i>        | -0,00003<br>(0,0001)          | -0,0023<br>(0,0037)              | <b>-0,0079***</b><br>(0,0011) |
| Num.Obs.               | 14764                         | 14764                            | 14764                         |
| R <sup>2</sup>         | 0,0231                        | 0,1569                           | 0,2552                        |

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay (HC1) entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05;

\* p < 0,10.

Para febre amarela e leishmaniose, as variáveis ambientais e climáticas apresentaram associação negativa, indicando que o aumento de 100 km<sup>2</sup> de área desmatada estaria associado à redução aproximada de 2,5 casos por mil habitantes. A direção desse resultado coincide com a observada para o agregado nacional e para a Amazônia, prevalecendo a hipótese de que o desmatamento contínuo e avançado comprometeria a integridade do habitat de hospedeiros vertebrados silvestres, reservatórios e vetores (Massey *et al.*, 2025). Nesse contexto, destaca-se que o Cerrado é o segundo bioma mais desmatado do Brasil, tendo perdido aproximadamente 40,5 milhões de hectares de cobertura nativa entre 1985 e 2024 (MAPBIOMAS, 2025b). O desmatamento nesse bioma é realizado com correntões e lâminas cortadoras de árvores, que teriam elevada capacidade de devastar grandes extensões em pouco tempo (Testa, 1972). Ademais, metade da área do Cerrado foi convertida em pastagens e em atividades de agricultura anual (Abreu *et al.*, 2022), com destaque para a soja que corresponde a 90% das culturas presentes no bioma (Carneiro Filho e Costa, 2016).

As atividades agropecuárias, assim como o desmatamento, também apresentaram coeficientes negativos. Os resultados indicam que a agricultura de culturas diversas, o cultivo de café e o de soja estariam associados à redução média de 0,03, 0,05 e 0,04 casos por mil habitantes, respectivamente, para cada aumento de 10 pontos percentuais nessas áreas. De modo semelhante, o aumento de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup> corresponderia à redução de 0,01 caso por mil habitantes. De forma geral, as atividades agrícolas no Cerrado são realizadas de maneira altamente tecnificada (Sano *et al.*, 2020; Polizel *et al.*, 2021), com elevada capacidade de destruição de tocas e abrigos de reservatórios silvestres, bem como de locais de repouso de flebotomíneos (Ghatee *et al.*, 2023). Além disso, a alteração do microclima, tornando-o mais quente, mais seco e com maior circulação de ventos, poderia criar condições inóspitas aos vetores, somando-se à exposição a inseticidas e defensivos químicos (Massey *et al.*, 2025). No caso específico da pecuária, a presença de grandes rebanhos poderia funcionar como hospedeiro de desvio, com parte das picadas sendo direcionadas ao gado em vez dos humanos (Massey *et al.*, 2025), além do efeito da simplificação ambiental.

A relação entre as doenças e as variáveis climáticas apresentou o mesmo sentido observado no agregado nacional, indicando que o aumento de 1 °C na temperatura média estaria associado à redução média de 0,064 caso por mil habitantes, enquanto o aumento de 100 mm na precipitação total anual estaria associado à redução de 0,01 caso das doenças por mil habitantes. Embora estudos como os de Santos *et al.* (2021), para São Paulo, e Adorno *et al.* (2022), para Goiás, tenham indicado associação positiva dessas variáveis com os casos de leishmaniose, é possível que temperaturas muito elevadas, associadas a condições quentes e

secas, reduzissem a sobrevivência dos vetores e interrompessem o ciclo de transmissão (Ghatee *et al.*, 2023; Adams *et al.*, 2025). Quanto à precipitação, ainda que favorecesse a formação de criadouros e ambientes úmidos, chuvas muito intensas poderiam eliminar esses criadouros ao provocar alagamentos e reduzir populações vetoriais (Ghatee *et al.*, 2023; Adams *et al.*, 2025).

Quanto à infraestrutura domiciliar, a presença de paredes revestidas mostrou associação negativa. O resultado indica que o aumento de 10 pontos percentuais nesse atributo estaria associado à redução de quase 0,1 caso por mil habitantes. Esse resultado seria consistente com Rodrigues *et al.* (2019), Adorno *et al.* (2022) e Wilke *et al.* (2025), que enfatizaram que a precariedade construtiva das moradias se associaria a maior risco de transmissão.

A variável abastecimento de água encanada indicou associação positiva, sugerindo que o aumento de 10 pontos percentuais na cobertura desse serviço estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 0,06 notificação por mil habitantes. A maior cobertura poderia refletir melhor infraestrutura urbana como um todo, sugerindo maior capacidade de notificação, e não necessariamente maior incidência real da doença.

A variável população rural apresentou associação negativa com as notificações, de modo que o aumento de 10 pontos percentuais nessa proporção estaria associado à redução de 0,06 caso por mil habitantes. Adorno *et al.* (2022) e Wilke *et al.* (2025) relataram maior tendência à urbanização da leishmaniose visceral, semelhante ao observado para dengue e outras doenças, impulsionada por migração periurbana e adaptação de vetores a ambientes modificados.

No caso das internações por doenças respiratórias, o Cerrado foi o único bioma a apresentar associação positiva com o desmatamento. Também se observaram associações positivas com o cultivo de café e com variáveis relacionadas à infraestrutura e à oferta de serviços de saúde. Esses resultados poderiam refletir, simultaneamente, maior exposição a poluentes ocupacionais e urbanos e maior capacidade de diagnóstico e hospitalização. Por outro lado, a atividade pecuária, o PIB per capita e a maior proporção de população rural apresentaram associação negativa, sugerindo que municípios menos urbanizados ou com perfil produtivo mais extensivo tenderiam a registrar menores taxas de internação.

O coeficiente estimado para o desmatamento indica que o aumento de 100 km<sup>2</sup> de áreas desmatadas estaria associado a um acréscimo aproximado de 1 internação por mil habitantes no Cerrado. Esse resultado foi consistente com Bento *et al.* (2024), que analisaram a relação entre internações por doenças respiratórias e desmatamento, bem como com as análises de Carmo *et al.* (2010), Smith *et al.* (2014), Moura *et al.* (2021), Ribeiro *et al.* (2024), que identificaram associação positiva entre internações por doenças respiratórias e indicadores ambientais

diretamente relacionados à poluição atmosférica, como focos de calor, áreas queimadas, material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) e profundidade óptica de aerossóis (AOD).

A diferença no sinal do coeficiente estimado para a Amazônia, que apresentou associação negativa, em contraste com a associação positiva observada para o Cerrado, poderia estar relacionada às características ecossistêmicas e ao regime de fogo predominante em cada bioma. No Cerrado, as queimadas ocorrem predominantemente em vegetação savânica, caracterizada por biomassa mais baixa, seca e esparsa. Conforme descrito por Freitas *et al.* (2005), em ecossistemas de cerrado e pastagens, a maior parte da biomassa é consumida durante a fase de chamas da combustão, com elevada liberação instantânea de energia. Ainda segundo os autores, tipicamente os fogos em cerrados e pastagens injetariam os poluentes dentro da própria Camada Limite Planetária (CLP), cuja profundidade diurna é da ordem de 1 a 2 km. Nessa camada, os poluentes seriam intensamente misturados por processos turbulentos e transportados horizontalmente pelos ventos predominantes.

Já em áreas de floresta tropical, devido à densidade de biomassa e às altas taxas de liberação de calor, os incêndios poderiam injetar fumaça diretamente na baixa e média troposfera, atingindo altitudes entre aproximadamente 3 e 10 km, com formação de pirocumulus (Freitas *et al.*, 2005). Uma vez na troposfera livre, os poluentes poderiam ser transportados de forma mais eficiente por fluxos atmosféricos de maior velocidade, ampliando a escala espacial dos impactos. Dessa forma, enquanto no Cerrado os poluentes tenderiam a permanecer predominantemente na CLP, favorecendo maior concentração próxima à superfície e potencialmente maior exposição populacional local, na Amazônia parte das emissões poderia ser transportada para níveis mais elevados da troposfera, contribuindo para dispersão regional e continental. Essa diferença nos mecanismos de injeção e transporte atmosférico poderia ajudar a explicar os distintos sinais encontrados entre os biomas na associação entre desmatamento e internações por doenças respiratórias.

O cultivo de café apresentou associação positiva com internações por doenças respiratórias, indicando que o aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 2 internações por mil habitantes. No Cerrado, predomina o cultivo de café em grandes propriedades mecanizadas, caracterizadas pela monocultura a pleno sol, alta densidade de plantas e uso de irrigação, com produção majoritariamente voltada à exportação (Ortega; Jesus, 2011; Bruno; Pinto; Reichardt, 2020). Evidências internacionais, como as de Harvey *et al.* (2020), para os Estados Unidos; Bråtveit *et al.* (2021), para a Tanzânia e a Etiópia; e Sakwari *et al.* (2021), para a Tanzânia, apontaram que o cultivo e, especialmente, o processamento do café poderia estar relacionados a problemas

respiratórios em razão da exposição à poeira orgânica, sobretudo do café verde, gerada nas etapas de manuseio, transporte e moagem. Nesses contextos, trabalhadores ficariam expostos a poeiras orgânicas capazes de desencadear tosse crônica, bronquite, asma ocupacional e redução da função pulmonar. Ademais, em estudo exploratório realizado no município de Santa Teresa (ES), Marquardt e Pinto (2023) identificaram que 70% dos entrevistados relataram sintomas respiratórios associados à fumaça proveniente de secadores de café, sendo os mais citados tosse seca (63,2%), alergia (47,4%) e falta de ar (33,3%). Embora o estudo tenha se baseado em percepção autorreferida, seus resultados sugeririam desconforto respiratório em comunidades próximas às unidades de beneficiamento. Por fim, o cultivo envolve elevado uso de defensivos agrícolas e adubação nitrogenada; aerossóis de pesticidas e produtos de transformação do nitrogênio, como amônia e nitratos (Bruno; Pinto; Reichardt, 2020), também poderiam agravar sintomas respiratórios (Lima; Corrêa; Gugelmin, 2022).

Ainda no âmbito das atividades ligadas ao uso do solo, a pecuária apresentou associação negativa, indicando que o aumento de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup> estaria associado à redução de quase 0,2 internação por mil habitantes. Diferentemente do cultivo de café, que envolve mecanismos específicos de exposição a agentes inaláveis, o resultado negativo para a pecuária poderia refletir características estruturais dos municípios com maior presença dessa atividade, como menor densidade populacional, perfil produtivo extensivo e menor concentração de atividades potencialmente emissoras de material particulado. Ademais, a associação negativa observada para o PIB per capita reforçaria a hipótese de que contextos socioeconômicos mais favoráveis poderiam contribuir para melhores condições gerais de saúde.

Por outro lado, as variáveis relacionadas à infraestrutura domiciliar e à oferta de serviços de saúde apresentaram associação positiva. O aumento de 10 pontos percentuais na cobertura de abastecimento de água encanada e na proporção de domicílios com paredes revestidas estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 0,1 internação por mil habitantes, e o aumento de um médico por mil habitantes estaria associado ao aumento de aproximadamente 0,3 internação por mil habitantes. Esse resultado poderia estar relacionado ao efeito de acesso e detecção: municípios com melhora na cobertura de água encanada, no padrão construtivo das moradias e maior número de médicos por habitante poderiam apresentar também maior capacidade diagnóstica e de internação, reduzindo subnotificação. Nesse sentido, o aumento das internações poderia refletir maior acesso ao sistema de saúde, e não necessariamente maior ocorrência real da doença.

Por fim, a maior proporção de população rural apresentou associação negativa, indicando que o aumento de 10 pontos percentuais nessa variável estaria associado à redução

média de uma internação por mil habitantes. Esse resultado sugere que municípios mais rurais tenderiam a possuir menor infraestrutura para internação, em comparação com os mais urbanizados.

Os acidentes com animais peçonhentos mostraram-se influenciados por variáveis ambientais e climáticas, como desmatamento e precipitação, bem como por atividades de uso do solo, ainda que não na mesma direção. Todas as variáveis de infraestrutura domiciliar, além do número de médicos, do número de leitos, da taxa de alfabetização, da proporção da população rural e da densidade populacional, associaram-se negativamente aos agravos.

No Cerrado, o desmatamento apresentou associação negativa com os acidentes. O resultado indica que o aumento de 100 km<sup>2</sup> de área desmatada estaria associado à redução de 0,5 acidente notificado por mil habitantes. É importante destacar que o Cerrado é o segundo maior bioma do país e abrange parte dos estados com maior número de notificações de acidentes, como Minas Gerais, São Paulo e Bahia (Moraes *et al.*, 2021). Nesse bioma, predominam os acidentes escorpiônicos, seguidos pelos aracnídeos e ofídicos (Moraes *et al.*, 2021). A associação negativa poderia estar relacionada à perda de nichos ecológicos decorrente da supressão da vegetação, o que reduziria a disponibilidade de presas e a persistência de certas espécies de serpentes (Martin, 2021). No caso dos escorpiões, embora apresentem elevada capacidade de adaptação ao ambiente urbano, estudo de abrangência nacional também indicou relação inversa entre perda de cobertura arbórea e volume de notificações (Moraes *et al.*, 2021).

A precipitação, por sua vez, apresentou associação positiva, indicando que o aumento de 100 mm no volume de chuvas estaria associado ao acréscimo médio de 0,04 acidente notificado por mil habitantes. Resultado semelhante foi observado no agregado nacional, de modo que prevalece a hipótese de desalojamento físico, especialmente em situações de alagamento, forçando os animais a abandonarem seus abrigos naturais em direção a áreas secas e aumentando a probabilidade de aproximação com os assentamentos humanos. Soma-se a isso maior proliferação de presas nesse período, intensificando a atividade biológica, a mobilidade e a taxa de encontro com predadores peçonhentos, além da maior presença de trabalhadores no campo em razão da maior produtividade agrícola no período chuvoso.

As atividades de uso do solo, frequentemente associadas ao desmatamento no Cerrado, também apresentaram efeitos distintos. A expansão de atividades intensivas e mecanizadas, como o cultivo de soja, o cultivo de café e a pecuária, estaria associada negativamente aos acidentes. Conforme a Tabela 10, o resultado indica que o aumento de 10 pontos percentuais na área cultivada com soja e café estaria associado à redução de aproximadamente 0,31 e 0,25 acidentes por mil habitantes, respectivamente, enquanto o aumento de 10 cabeças de gado por

km<sup>2</sup> estaria associado à redução de 0,14 acidente por mil habitantes. A ampliação dessas atividades poderia contribuir para a simplificação do ambiente, a destruição de abrigos naturais e a redução de presas, diminuindo a presença desses animais nas áreas produtivas (Chippaux; Goyffon, 1989; Alcântara *et al.*, 2018; Mól, 2018).

Por outro lado, a agricultura de culturas diversas e o cultivo de mandioca apresentaram associação positiva. O aumento de 10 pontos percentuais nessas áreas estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 0,1 e 2 acidentes por mil habitantes, respectivamente. O cultivo de mandioca está fortemente vinculado à agricultura familiar e a sistemas produtivos de menor escala, nos quais o trabalho é intensivo e manual, ampliando a exposição ocupacional e o contato direto com o ambiente (Alcântara *et al.*, 2018; Mól, 2018; Abrell *et al.*, 2022).

No caso da agricultura de culturas diversas, a associação positiva poderia estar relacionada a mecanismos ecológicos e ocupacionais. A expansão dessas atividades implicaria reorganização do ambiente, o que poderia favorecer a interface entre fauna silvestre e áreas produtivas, já que os animais buscariam alimento e abrigo em ambientes alterados pelo homem (Chippaux; Goyffon, 1989; Cozzer *et al.*, 2019; Martin *et al.*, 2021). Culturas como milho e arroz aumentariam a disponibilidade de grãos e resíduos que atraem roedores, o que, por sua vez, poderia sustentar maior presença de serpentes em áreas produtivas (Chippaux; Goyffon, 1989; Mól, 2018; Martin *et al.*, 2021). Ademais, o desequilíbrio ambiental decorrente da expansão produtiva poderia alterar as cadeias tróficas locais e reduzir predadores naturais de espécies peçonhentas, facilitando sua proliferação (Cozzer *et al.*, 2019). A presença de estruturas como canais de irrigação também favoreceria a permanência desses animais (Chippaux, 2009). Esse conjunto de fatores reforça que não apenas a extensão da área, mas também o padrão produtivo e a intensidade da interação entre homens e ambiente influenciariam a determinação do risco de acidentes.

As variáveis de infraestrutura domiciliar apresentaram associação negativa. O resultado indica que o aumento de 10 pontos percentuais na cobertura de água encanada, esgotamento sanitário adequado e domicílios com paredes revestidas estaria associado à redução aproximada de 0,3, 0,04 e 0,2 acidentes por mil habitantes, respectivamente. Esses resultados sugerem efeito protetivo derivado de melhores condições habitacionais, que reduziriam a vulnerabilidade à presença de animais peçonhentos, especialmente em áreas urbanas (Almeida *et al.*, 2021; Isaacson *et al.*, 2023).

De forma consistente, o aumento de um médico e de um leito por mil habitantes estaria associado à redução de aproximadamente 0,05 e 0,003 acidentes por mil habitantes, respectivamente. Essas variáveis podem estar captando contextos urbanos mais organizados e

com maior capacidade de resposta a riscos, o que tenderia a reduzir a exposição da população a ambientes propícios à ocorrência desses acidentes (Chippaux, 2015). Municípios com maior oferta de serviços de saúde apresentariam maior grau de urbanização e melhor infraestrutura, o que tenderia a reduzir a probabilidade de encontro entre humanos e esses animais.

A taxa de alfabetização apresentou comportamento semelhante, indicando que o aumento de 10 pontos percentuais estaria associado à redução de 0,1 acidente por mil habitantes, apontando para efeito protetivo e de melhores condições educacionais. Níveis mais elevados de escolaridade tenderiam a ampliar o acesso à informação e favorecer práticas preventivas, reduzindo a vulnerabilidade da população a encontros com animais peçonhentos (Alcântara *et al.*, 2018; Isaacson *et al.*, 2023).

Por fim, tanto a proporção da população rural quanto a densidade populacional associaram-se negativamente aos acidentes. O aumento de 10 pontos percentuais na população rural estaria associado à redução média de 0,15 acidente por mil habitantes, enquanto o acréscimo de 10 habitantes por km<sup>2</sup> estaria associado à redução média de 0,08 acidente por mil habitantes. A associação negativa com a população rural poderia indicar que os acidentes urbanos exerceriam peso relevante no agregado analisado. O escorpionismo é o tipo de acidente predominante no Cerrado, e esses animais apresentam elevada capacidade de adaptação ao ambiente urbano, sendo frequentes os registros em áreas urbanas (Almeida *et al.*, 2021; Moraes *et al.*, 2021). Já o resultado para densidade populacional poderia sugerir que os acidentes tenderiam a ocorrer em municípios menos densos e com maior extensão territorial agropecuária. Nesses contextos, a baixa densidade populacional poderia funcionar como indicador indireto de maior interface entre atividades produtivas e ambientes naturais, favorecendo condições ecológicas para a sobrevivência de animais peçonhentos e ampliando a exposição ocupacional associada às atividades agropecuárias (Chippaux, 2015).

#### **4.4.5 Mata Atlântica**

A Mata Atlântica é um bioma caracterizado por florestas densas e estratificadas, com presença de árvores de grande porte, epífitas e sub-bosque desenvolvido. O clima predominante é tropical úmido, com precipitação média anual superior a 1.300 mm e temperaturas médias anuais variando entre 14,23 °C e 27,47 °C no período estudado (Apêndice D). Essas condições ambientais favoreceriam a manutenção de vetores sensíveis à umidade e à disponibilidade de abrigo, como os flebotomíneos, além de influenciarem a dinâmica dos vetores da febre amarela em seus ciclos silvestres.

Na Tabela 11 são apresentados os resultados das estimações para febre amarela e leishmaniose, doenças respiratórias e acidentes com animais peçonhentos na Mata Atlântica.

**Tabela 11** - Resultados das estimações para agravos à saúde - Mata Atlântica

|                        | FA_Leish                            | respiratórias                     | Animais                       |
|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| <i>desmatamento</i>    | <b>-0,0138***</b><br>(0,0023)       | -0,0002<br>(0,0229)               | <b>-0,0309***</b><br>(0,0044) |
| <i>temperatura</i>     | -0,0106<br>(0,0160)                 | <b>-0,4250***</b><br>(0,1400)     | 0,1733<br>(0,1932)            |
| <i>precipitação</i>    | -0,00004<br>(0,00002)               | 0,0002<br>(0,0005)                | <b>0,0005**</b><br>(0,0002)   |
| <i>agric_diversas</i>  | <b>-0,0014***</b><br>(0,0003)       | <b>-0,0234***</b><br>(0,0047)     | <b>0,0139***</b><br>(0,0042)  |
| <i>café</i>            | -0,0032<br>(0,0023)                 | 0,0174<br>(0,0307)                | <b>-0,0170**</b><br>(0,0067)  |
| <i>mandioca</i>        | <b>0,0218***</b><br>(0,0060)        | <b>0,0789*</b><br>(0,0429)        | <b>0,0331**</b><br>(0,0130)   |
| <i>soja</i>            | 0,00002<br>(0,0003)                 | -0,0070<br>(0,0165)               | -0,0038<br>(0,0044)           |
| <i>pecuária</i>        | 0,0002<br>(0,0002)                  | <b>0,0150**</b><br>(0,0067)       | -0,0032<br>(0,0024)           |
| <i>PIB_pc</i>          | <b>0,00000007**</b><br>(0,00000003) | <b>-0,000004***</b><br>(0,000001) | 0,0000005<br>(0,0000007)      |
| <i>água_encanada</i>   | <b>-0,0007**</b><br>(0,0003)        | 0,0122<br>(0,0077)                | <b>0,0102***</b><br>(0,0030)  |
| <i>esgoto_adequado</i> | 0,0004<br>(0,0004)                  | -0,0015<br>(0,0073)               | <b>-0,0114***</b><br>(0,0013) |
| <i>paredes_revest</i>  | <b>-0,0024***</b><br>(0,0006)       | <b>-0,1482***</b><br>(0,0221)     | <b>-0,0468***</b><br>(0,0091) |
| <i>médicos</i>         | 0,0006<br>(0,0009)                  | <b>0,1998***</b><br>(0,0567)      | <b>-0,0342***</b><br>(0,0063) |
| <i>leitões</i>         | -0,00004<br>(0,00004)               | 0,0020<br>(0,0065)                | 0,0007<br>(0,0011)            |
| <i>educ_alfab</i>      | <b>-0,0316***</b><br>(0,0044)       | -0,0466<br>(0,0927)               | 0,0315<br>(0,0196)            |
| <i>pop_rural</i>       | <b>-0,0014*</b><br>(0,0007)         | <b>-0,0469***</b><br>(0,0074)     | 0,0082<br>(0,0062)            |
| <i>dens_pop</i>        | <b>-0,0001***</b><br>(0,00002)      | <b>0,0046*</b><br>(0,0025)        | <b>-0,0035***</b><br>(0,0006) |
| Num.Obs.               | 37794                               | 37794                             | 37794                         |
| R <sup>2</sup>         | 0,0241                              | 0,2334                            | 0,1612                        |

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

Os resultados estimados para febre amarela e leishmaniose na Mata Atlântica indicam que o desmatamento, a agricultura de culturas diversas, variáveis de infraestrutura domiciliar, a taxa de alfabetização, a proporção de população rural e a densidade populacional

apresentaram associação negativa com a incidência dessas doenças. Por outro lado, o cultivo de mandioca e o PIB per capita apresentaram associação positiva.

O desmatamento estaria associado à redução aproximada de 1,4 casos por mil habitantes para cada incremento de 100 km<sup>2</sup>. Esse resultado divergiu de evidências observadas no estado de São Paulo, onde se identificou maior probabilidade de ocorrência de vetores da leishmaniose em municípios mais desmatados (Santos *et al.*, 2021). No entanto, em contextos de desmatamento consolidado e persistente, característicos de partes da Mata Atlântica (Rosa *et al.*, 2021), a perda extensa de cobertura florestal poderia comprometer a manutenção de hospedeiros silvestres e de microambientes favoráveis aos vetores, reduzindo a transmissão. Evidências semelhantes foram descritas na Amazônia, onde o desmatamento em larga escala aumentaria a distância entre habitações e remanescentes florestais, reduzindo o contato entre hospedeiros humanos e ciclos silvestres de transmissão (Rodrigues *et al.*, 2019).

No que se refere ao uso do solo, a agricultura de culturas diversas apresentou associação negativa: o aumento de 10 pontos percentuais nessa classe estaria associado à redução de 0,014 caso por mil habitantes. Essa categoria engloba, na Mata Atlântica, a expansão de commodities mecanizadas como cana-de-açúcar e milho (Rosa *et al.*, 2021). Em termos ecológicos, a conversão intensiva do solo poderia eliminar micro-habitats utilizados por reservatórios silvestres e por flebotomíneos, reduzindo locais de abrigo e reprodução, como sugeriram Mokhtari *et al.* (2016).

No caso específico da febre amarela, ainda que haja evidências de urbanização parcial de vetores na Mata Atlântica, extensas áreas agrícolas atuariam como redutoras da conectividade do ciclo silvestre, interrompendo corredores ecológicos utilizados por vetores e primatas. Dessa forma, reduzir-se-ia a possibilidade de contato entre o ciclo silvestre do vírus e populações humanas (Wilk da Silva *et al.*, 2022). Adicionalmente, o uso de herbicidas e agrotóxicos diminuiria a densidade vetorial ao alterar condições favoráveis à sobrevivência e à reprodução dos vetores (Kersul *et al.*, 2024).

Em contraste, o cultivo de mandioca apresentou associação positiva, em que o aumento de 10 pontos percentuais nessa categoria estaria associado a aproximadamente 0,2 caso adicional por mil habitantes. Diferentemente das commodities mecanizadas, a mandioca é cultivada predominantemente em contextos de agricultura familiar (Melo, 2013), nos quais o trabalho é mais manual e intensivo, o que propiciaria maior permanência humana no campo e, conseqüentemente, maior risco ocupacional (Temponi *et al.*, 2018). Além disso, esses sistemas produtivos tenderiam a manter maior heterogeneidade ambiental e maior proximidade entre residências e áreas cultivadas, o que favoreceria tanto a presença de reservatórios silvestres

quanto a manutenção de reservatórios caninos, ampliando a interface entre humano, vetor e reservatório.

Quanto às variáveis socioeconômicas e habitacionais, o aumento de 10 pontos percentuais na cobertura de abastecimento de água e na proporção de domicílios com paredes revestidas estaria associado à redução de 0,007 e 0,02 casos por mil habitantes, respectivamente. A presença de paredes revestidas funciona como uma proxy de qualidade construtiva, refletindo maior proteção física contra a entrada de vetores. Além disso, ambas as variáveis sinalizam melhores condições socioeconômicas, em consonância com evidências que relacionavam precariedade habitacional à maior incidência de leishmaniose tegumentar (Rodrigues *et al.*, 2019).

A taxa de alfabetização também apresentou associação negativa, indicando que o aumento de 10 pontos percentuais estaria associado à redução aproximada de 0,3 caso por mil habitantes. O nível educacional poderia ampliar o acesso à informação e favorecer a adoção de medidas preventivas (Saccaro; Mation; Sakowski, 2015; Pinto *et al.*, 2020).

Por outro lado, o PIB per capita apresentou associação positiva, o que poderia refletir maior capacidade diagnóstica e de notificação em municípios mais desenvolvidos (Rodrigues *et al.*, 2019), além de processos de urbanização que favoreceriam a adaptação vetorial.

A proporção de população rural apresentou associação negativa, o que poderia estar relacionado ao processo de urbanização dessas doenças, conforme relataram Adorno *et al.* (2022) e Ghatee *et al.* (2023).

Por fim, a densidade populacional também apresentou associação negativa, o que sugere que as notificações poderiam estar relativamente concentradas em municípios menos densamente povoados, possivelmente caracterizados por maior interface entre áreas rurais e fragmentos florestais. Nesse contexto, a densidade populacional poderia estar captando características territoriais distintas da simples urbanização.

As internações por doenças respiratórias mostraram associação positiva com o cultivo de mandioca e a pecuária, o número de médicos e a densidade populacional. Por outro lado, observaram-se associações negativas com a temperatura média, agricultura de culturas diversas, PIB per capita, proporção de domicílios com paredes revestidas e população rural.

A temperatura média apresentou associação negativa com as internações por mil habitantes: o aumento de 1 °C estaria associado à redução de 0,43 internação por mil habitantes. Esse resultado convergiu com estudos que identificaram maior ocorrência de agravos respiratórios em períodos mais frios (Sales, 2019; Silva *et al.*, 2024; Freitas *et al.*, 2025). As condições típicas do outono e do inverno, como queda de temperatura, baixa umidade relativa

e maior concentração de poluentes atmosféricos, tenderiam a sobrecarregar o sistema respiratório e favorecer a transmissão de patógenos (Sales, 2019). Do ponto de vista fisiológico, a baixa umidade promove ressecamento da mucosa respiratória, comprometendo os mecanismos de defesa e facilitando a propagação viral (Zhang *et al.*, 2024).

No que se refere às atividades produtivas, a agricultura de culturas diversas apresentou associação negativa: o aumento de 10 pontos percentuais estaria associado à redução de 0,2 internações por mil habitantes. Na Mata Atlântica, parte dessas culturas, como cana-de-açúcar e milho, estariam vinculadas a sistemas agrícolas tecnificados e mecanizados, associados a cadeias produtivas de maior escala (Rosa *et al.*, 2021). Assim, essa variável poderia refletir contextos municipais com maior dinamismo econômico, melhor infraestrutura e acesso a serviços de saúde (Faria *et al.*, 2006; Sales *et al.*, 2019).

Em contraste, o cultivo de mandioca apresentou associação positiva com as internações: o aumento de 10 pontos percentuais de área cultivada estaria associado ao acréscimo de aproximadamente 0,8 internação por mil habitantes. Esse resultado, como já discutido para o agregado nacional e a Amazônia, poderia refletir maior exposição à poeira orgânica e à fumaça de biomassa (Ngombe *et al.*, 2024; Okwor *et al.*, 2017).

A pecuária também apresentou associação positiva, indicando que o aumento de 10 cabeças de gado por km<sup>2</sup> estaria associado ao acréscimo de 0,15 internações por mil habitantes. Em linha com o observado no agregado nacional, esse resultado poderia ser explicado pelas exposições ocupacionais e ambientais características da atividade, envolvendo elevadas concentrações de poeira orgânica, bioaerossóis, endotoxinas e gases irritantes, como a amônia (Sigsgaard *et al.*, 2020).

As variáveis paredes revestidas e PIB per capita apresentaram associação negativa com as internações por doenças respiratórias. Embora representem dimensões distintas, a primeira relacionada às condições materiais no nível domiciliar e a segunda ao desenvolvimento econômico municipal, ambas convergem para a mesma direção interpretativa: melhores condições habitacionais e maior desenvolvimento econômico tendem a reduzir os agravamentos respiratórios, possivelmente por meio da melhoria das condições intradomiciliares e do maior acesso a serviços de saúde.

O número de médicos por mil habitantes apresentou associação positiva, indicando que o acréscimo de um médico por mil habitantes estaria associado ao aumento de 0,2 internação por mil habitantes. Esse resultado pode refletir a própria capacidade instalada do sistema de saúde, na medida em que uma maior disponibilidade de profissionais tende a ampliar o acesso

ao diagnóstico e à realização de internações, fazendo com que melhor estrutura assistencial se relacione a maior registro de hospitalizações (Smith *et al.*, 2014).

A proporção de população rural apresentou associação negativa, enquanto a densidade populacional apresentou associação positiva, o que poderia refletir maior facilidade de disseminação de doenças respiratórias em áreas mais densamente povoadas, onde a proximidade física favorece a transmissão de agentes infecciosos, especialmente vírus respiratórios (Sales, 2019). Além disso, municípios mais densos tendem a concentrar maior oferta de serviços de saúde, que também poderia ampliar a capacidade de diagnóstico e internação.

Na Mata Atlântica, onde predominam acidentes com escorpiões, aranhas e serpentes (Moraes *et al.*, 2021), o agregado de acidentes apresentou associação negativa com variáveis ambientais, cultivo de café, indicadores de infraestrutura domiciliar, número de médicos e densidade populacional. Em contraste, precipitação, agricultura de culturas diversas, cultivo de mandioca e abastecimento de água encanada apresentaram associação positiva.

O desmatamento apresentou associação negativa com os acidentes, indicando que o aumento de 100 km<sup>2</sup> de área desmatada estaria associado à redução média de 3 acidentes notificados por mil habitantes. Esse resultado poderia estar relacionado à simplificação ambiental decorrente da retirada da cobertura vegetal, processo que reduziria a complexidade estrutural do habitat e, conseqüentemente, a disponibilidade de refúgios e recursos alimentares para determinadas espécies (Alcântara *et al.*, 2018).

A precipitação apresentou associação positiva com os acidentes, indicando que um incremento de 100 mm no volume de chuvas estaria associado ao acréscimo médio de 0,05 notificação por mil habitantes. Resultado semelhante foi observado no agregado nacional e no Cerrado. Esse resultado poderia reforçar a hipótese de que a chuva atuaria como fator de desalojamento, levando os animais a abandonarem seus abrigos naturais em direção a áreas mais secas, frequentemente coincidentes com assentamentos humanos (Alcântara *et al.*, 2018). Adicionalmente, o período chuvoso favoreceria a proliferação de presas, intensificando a atividade biológica e a probabilidade de encontros com predadores peçonhentos (Alcântara *et al.*, 2018).

As atividades de uso do solo também apresentaram efeitos distintos. A agricultura de culturas diversas e o cultivo de mandioca apresentaram associação positiva, em que o aumento de 10 pontos percentuais dessas áreas estariam associados ao acréscimo de aproximadamente de 0,1 e 0,3 acidentes por mil habitantes, respectivamente. Por outro lado, o cultivo de café

associou-se negativamente, com redução de cerca de 0,2 acidentes por mil habitantes. Esse padrão foi consistente com o observado no agregado nacional e no bioma Cerrado.

Em linha com o discutido anteriormente, o cultivo de mandioca está fortemente vinculado à agricultura familiar e a sistemas produtivos de menor escala, caracterizados por maior intensidade de trabalho manual (Abrell *et al.*, 2022; Melo, 2013), o que ampliaria a exposição ocupacional e o contato direto com o habitat de animais peçonhentos (Alcântara *et al.*, 2018; Mól, 2018).

No caso das culturas diversas, a associação positiva poderia refletir tanto maior exposição ocupacional quanto alterações ecológicas no ambiente. A expansão dessas atividades promoveria reorganização do habitat, intensificando a interface entre fauna silvestre e áreas produtivas (Cozzer *et al.*, 2019; Martin *et al.*, 2021). Culturas como milho e arroz aumentariam a disponibilidade de alimento para roedores, o que poderia sustentar maior presença de serpentes, além de contribuir para desequilíbrios tróficos e redução de predadores naturais (Mól, 2018; Martin *et al.*, 2021).

Para o cultivo de café, a associação negativa divergiu de estudos prévios (Bochner; Struchiner, 2004; Mise *et al.*, 2016), mas foi consistente com evidências locais (Mól, 2018). Esse resultado poderia estar relacionado a fatores moderadores, como maior tecnificação, uso de insumos e alterações no habitat, que tenderiam a reduzir a permanência de animais peçonhentos ou modificar os padrões de exposição ocupacional (Mól, 2018).

As variáveis de infraestrutura domiciliar apresentaram associação negativa, indicando que o aumento de 10 pontos percentuais do esgotamento sanitário adequado e da proporção de domicílios com paredes revestidas estariam associadas à redução aproximada de 0,1 e 0,5 acidente por mil habitantes, respectivamente. Esses resultados sugerem efeito protetivo decorrente de melhores condições habitacionais, que reduziriam a vulnerabilidade à presença de animais peçonhentos (Almeida *et al.*, 2021; Isaacson *et al.*, 2023).

Em contrapartida, o abastecimento de água encanada apresentou associação positiva. Esse resultado poderia refletir o papel dessa variável como indicador indireto da presença institucional do Estado, expressando maior capacidade de registro e notificação em municípios com melhor cobertura de serviços públicos. Nesse sentido, o sinal positivo poderia estar relacionado a um efeito de detecção, decorrente do maior acesso da população ao sistema de saúde e da maior eficácia da vigilância epidemiológica local, e não necessariamente a um aumento real da incidência.

O aumento de médicos por mil habitantes estaria associado à redução das notificações, sugerindo que essa variável pode atuar como indicador da robustez institucional e da capacidade

de resposta local. Conforme discutiu Chippaux (2015), a disponibilidade de recursos humanos e técnicos favoreceria a organização dos serviços e a implementação de ações preventivas mais eficazes (Mól, 2018).

Por fim, a densidade demográfica apresentou associação negativa, compatível com o caráter predominantemente rural e ocupacional desses agravos (Bochner; Struchiner, 2004; Chippaux, 2015). Em regiões menos densamente povoadas, como nas áreas da Mata Atlântica mineira e fluminense, ocorreria maior sobreposição entre frentes de trabalho agrícola e habitats utilizados pela fauna (Bochner; Struchiner, 2004; Mól, 2018). Esse cenário promoveria maior aproximação entre humanos e animais peçonhentos, potencializando o risco de encontros acidentais durante atividades laborais (Alcântara *et al.*, 2018; Isaacson *et al.*, 2023).

#### 4.4.6 Pampa

O bioma Pampa é o segundo menor bioma brasileiro, com aproximadamente 193.836 km<sup>2</sup> (IBGE, 2025d), caracterizado por vegetação predominantemente campestre, presença de arbustos isolados e mosaicos de vegetação campo-floresta (Oliveira, 2015). O clima é subtropical, com estações bem definidas, precipitação regularmente distribuída ao longo do ano e ocorrência de temperaturas negativas no inverno (Ferreira *et al.*, 2025). Esse conjunto de características ambientais e climáticas, associado aos fatores socioeconômicos da região, poderia influenciar a dinâmica dos agravos à saúde.

No período analisado, observou-se baixa frequência ou ausência de registros para doenças zoonóticas, como malária, dengue, doença de Chagas, leishmaniose e febre amarela. Esse padrão poderia estar relacionado a condições ecológicas menos favoráveis à manutenção de vetores, bem como a diferenças na sensibilidade ou cobertura da vigilância epidemiológica.

A Tabela 12 apresenta os resultados das estimações para internações por doenças respiratórias e agravos por acidentes com animais peçonhentos no bioma Pampa.

**Tabela 12** - Resultados das estimações para agravos à saúde - Pampa

|                       | respiratórias                 | Animais                       |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <i>desmatamento</i>   | <b>-0,0628***</b><br>(0,0082) | 0,0018<br>(0,0017)            |
| <i>temperatura</i>    | -0,7407<br>(0,4227)           | <b>0,1648*</b><br>(0,0779)    |
| <i>precipitação</i>   | -0,0001<br>(0,0006)           | -0,0001<br>(0,0002)           |
| <i>agric_diversas</i> | <b>-0,1473***</b><br>(0,0357) | <b>-0,0372***</b><br>(0,0086) |
| <i>mandioca</i>       | -0,1571                       | <b>0,1399**</b>               |

|                        | respiratórias     | Animais         |
|------------------------|-------------------|-----------------|
|                        | (0,6192)          | (0,0502)        |
| <i>soja</i>            | -0,0065           | 0,0073          |
|                        | (0,0229)          | (0,0065)        |
| <i>pecuária</i>        | 0,0083            | 0,0040          |
|                        | (0,0193)          | (0,0024)        |
| <i>PIB_pc</i>          | 0,00001           | 0,0000007       |
|                        | (0,000006)        | (0,000001)      |
| <i>água_encanada</i>   | 0,0073            | 0,0049          |
|                        | (0,0141)          | (0,0050)        |
| <i>esgoto_adequado</i> | <b>-0,0437***</b> | 0,0010          |
|                        | (0,0072)          | (0,0028)        |
| <i>paredes_revest</i>  | -0,0124           | 0,0092          |
|                        | (0,0361)          | (0,0071)        |
| <i>médicos</i>         | <b>0,3550**</b>   | 0,0443          |
|                        | (0,1236)          | (0,0264)        |
| <i>leitos</i>          | <b>-0,0230*</b>   | <b>0,0072**</b> |
|                        | (0,0129)          | (0,0028)        |
| <i>educ_alfab</i>      | <b>-0,6337***</b> | 0,0128          |
|                        | (0,1299)          | (0,0272)        |
| <i>pop_rural</i>       | -0,0071           | <b>0,0060*</b>  |
|                        | (0,0111)          | (0,0024)        |
| <i>dens_pop</i>        | 0,0010            | -0,0001         |
|                        | (0,0054)          | (0,0008)        |
| Num.Obs.               | 2199              | 2199            |
| R <sup>2</sup>         | 0,3889            | 0,0804          |

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll-Kraal entre parênteses. \*\*\* p < 0,01;

\*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

No grupo das doenças respiratórias, o desmatamento, a agricultura de culturas diversas, o esgotamento sanitário adequado, a taxa de alfabetização e o número de leitos apresentaram associação negativa com as internações. Por outro lado, o número de médicos associou-se positivamente.

O desmatamento apresentou associação negativa: o aumento de 10 km<sup>2</sup> estaria associado à redução de aproximadamente 0,63 internação por mil habitantes. À primeira vista, esse resultado poderia parecer contraintuitivo, já que se esperaria que o desmatamento, frequentemente acompanhado de queimadas, elevasse a emissão de material particulado e, conseqüentemente, os agravos respiratórios. Entretanto, no Pampa, o volume de desmatamento tem sido reduzido desde 2008 (Ferreira *et al.*, 2025), assim como a recorrência de incêndios, que apresentou aumentos mais pontuais em períodos de seca extrema (Jesus *et al.*, 2020). Além disso, o pastejo de gado nos campos sulinos promoveria remoção constante de gramíneas, reduzindo o acúmulo de biomassa seca que serviria de combustível para incêndios (Oliveira, 2015; Brunet *et al.*, 2021; Tomas *et al.*, 2024). Esse conjunto de fatores poderia ajudar a

compreender por que o desmatamento não se associaria positivamente ao agravamento respiratório nesse bioma.

Embora a temperatura média anual não tenha apresentado associação estatisticamente significativa nas estimações, evidências empíricas apontaram que os maiores registros de internações por doenças respiratórias no bioma se concentraram nos períodos frios (Will *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2024; Severo *et al.*, 2025), enquanto os episódios de seca extrema e de maior ocorrência de incêndios tenderam a ocorrer em períodos mais quentes. Esse descompasso temporal sugeriria que a dinâmica sazonal das doenças respiratórias, fortemente vinculada ao inverno, poderia exercer influência mais relevante sobre as internações do que variações episódicas na ocorrência de fogo.

A agricultura de culturas diversas também apresentou associação negativa, indicando que o aumento de 10 pontos percentuais estaria associado à redução aproximada de 1,5 internação por mil habitantes. No Pampa, destacam-se cultivos como arroz e soja, frequentemente desenvolvidos com elevado grau de mecanização e tecnificação (Oliveira *et al.*, 2015). Assim, o coeficiente negativo poderia refletir menor uso do fogo no manejo produtivo, menor exposição ocupacional a partículas inaláveis e, possivelmente, melhores indicadores socioeconômicos nos municípios em que essa atividade é relevante. Nesse contexto, a redução das internações poderia refletir não apenas menor exposição ambiental, mas também menor progressão para quadros que demandem hospitalização.

Entre os fatores socioeconômicos, a cobertura de esgotamento sanitário adequado e a taxa de alfabetização apresentaram associação negativa, em que o aumento de 10 pontos percentuais nessas variáveis estaria associado a reduções aproximadas de 0,4 e 6 internações por mil habitantes, respectivamente. Esses resultados sugeririam o papel protetivo da educação e de melhor infraestrutura urbana, indicando que as internações tenderiam a se concentrar em populações em maior situação de vulnerabilidade socioeconômica.

O número de médicos por mil habitantes apresentou associação positiva, enquanto o número de leitos apresentou associação negativa. Esse padrão sugeriria que, onde há mais médicos, o acesso ao diagnóstico e ao encaminhamento hospitalar tenderia a ser maior; por outro lado, maior disponibilidade de leitos poderia refletir melhor organização da rede assistencial e maior capacidade de manejar os casos precocemente, reduzindo a necessidade de hospitalizações por agravamento.

No que se refere aos agravos por acidentes com animais peçonhentos, predominantemente araneísmo, a temperatura, o cultivo de mandioca, o número de leitos por

mil habitantes e a proporção de população rural apresentaram associação positiva. Por sua vez, a agricultura de culturas diversas mostrou associação negativa.

A temperatura média apresentou associação positiva: o aumento de 1 °C estaria associado ao acréscimo de 0,16 acidente por mil habitantes. Essa associação foi amplamente documentada (Mól, 2018; Cozzer *et al.*, 2019; Moraes *et al.*, 2021), uma vez que animais peçonhentos são ectotérmicos e apresentariam maior atividade em condições mais quentes, permanecendo por mais tempo na superfície e aumentando a probabilidade de encontro com humanos. Além disso, episódios de calor intenso poderiam levar esses animais à busca de micro-habitats mais amenos, inclusive próximos às residências (Mól, 2018; Cozzer *et al.*, 2019).

A associação negativa com a agricultura de culturas diversas e positiva com o cultivo de mandioca poderia refletir diferenças no tipo de manejo. Cultivos mecanizados tenderiam a simplificar o ambiente, eliminar refúgios e reduzir a exposição humana direta (Chippaux; Goyffon, 1989; Mól, 2018), enquanto a agricultura familiar, com maior intensidade de trabalho manual, ampliaria o risco ocupacional (Bochner; Struchiner, 2004; Mise *et al.*, 2016).

Quanto à infraestrutura de saúde, a capacidade instalada de leitos hospitalares por mil habitantes apresentou associação positiva com as notificações. Esse resultado poderia indicar maior capacidade de registro e atendimento dos casos em municípios com rede assistencial mais estruturada. Assim, embora o sinal da associação diferisse daquele observado para internações por doenças respiratórias, ambos os resultados poderiam ser interpretados à luz da capacidade institucional: no primeiro caso, como potencial redutor de agravamentos; no segundo, como amplificador da detecção e notificação dos acidentes.

Por fim, a população rural associou-se positivamente às notificações de acidentes. Áreas rurais e agrícolas tenderiam a concentrar maior número de casos, sobretudo em função das condições de trabalho e da maior proximidade com ambientes naturais (Cozzer *et al.*, 2019; Santos Capim *et al.*, 2024).

#### **4.4.7 Pantanal**

O Pantanal é o menor bioma brasileiro e constitui a maior área úmida tropical de água doce do mundo. Apresenta um mosaico complexo de vegetação, incluindo formações savânicas, florestais, campestres e campos alagados (MapBiomias, 2025b). O clima caracteriza-se por duas estações bem definidas: uma chuvosa, marcada por inundações extensas, e outra seca, associada à ocorrência de incêndios (Abreu *et al.*, 2022).

De acordo com o IBGE (2025d), esse bioma possui apenas nove municípios, o que poderia impor limitações importantes às estimações, já que os resultados poderiam ser fortemente influenciados por variações ocorridas em poucos municípios. Especificamente para febre amarela e leishmaniose, não foi possível realizar as estimações devido ao baixo número de registros, restringindo-se as análises às internações por doenças respiratórias e aos acidentes com animais peçonhentos.

**Tabela 13** - Resultados das estimações para agravos à saúde - Pantanal

|                        | Respiratória                  | animais                     |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| <i>desmatamento</i>    | 0,0695<br>(0,0733)            | -0,0103<br>(0,0079)         |
| <i>temperatura</i>     | -0,5742<br>(1,1825)           | 0,3492<br>(0,2004)          |
| <i>precipitação</i>    | 0,0002<br>(0,0020)            | 0,0005<br>(0,0005)          |
| <i>agric_diversas</i>  | -1,4746<br>(1,8452)           | -0,0498<br>(0,3044)         |
| <i>mandioca</i>        | 4,0519<br>(9,2460)            | 1,8689<br>(2,5256)          |
| <i>soja</i>            | 0,4928<br>(0,8870)            | -0,0216<br>(0,1200)         |
| <i>pecuária</i>        | 0,0554<br>(0,1148)            | 0,0216<br>(0,0217)          |
| <i>PIB_pc</i>          | <b>-0,0002**</b><br>(0,0001)  | 0,00002<br>(0,00002)        |
| <i>água_encanada</i>   | 0,0296<br>(0,4151)            | -0,0376<br>(0,0503)         |
| <i>esgoto_adequada</i> | <b>-0,0897***</b><br>(0,0226) | <b>0,0688*</b><br>(0,0085)  |
| <i>paredes_rev</i>     | -0,2114<br>(0,2643)           | 0,0310<br>(0,0233)          |
| <i>médicos</i>         | 0,9348<br>(0,6213)            | -0,0307<br>(0,0781)         |
| <i>leitos</i>          | 0,1509<br>(0,4632)            | -0,0455<br>(0,0864)         |
| <i>educ_alfab</i>      | <b>-1,4582**</b><br>(0,5939)  | 0,2351<br>(0,2219)          |
| <i>pop_rural</i>       | <b>-0,5225***</b><br>(0,0598) | <b>0,0826**</b><br>(0,0338) |
| <i>dens_pop</i>        | <b>0,5999***</b><br>(0,1891)  | -0,0317<br>(0,0573)         |
| Num.Obs.               | 126                           | 126                         |
| R <sup>2</sup>         | 0,5992                        | 0,4379                      |

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

Para doenças respiratórias, fatores ambientais, climáticos e de uso do solo não apresentaram associação significativa. Por outro lado, PIB per capita, esgotamento sanitário adequado e taxa de alfabetização associaram-se negativamente às internações. Esse conjunto de resultados sugeriria que maior renda, melhor escolaridade e melhores condições de saneamento exerceriam efeito protetivo sobre os agravos respiratórios, reduzindo a vulnerabilidade social e favorecendo o acesso à prevenção, ao diagnóstico e ao cuidado oportuno. Bauch *et al.* (2015) apontaram, em sua análise, o efeito protetivo exercido pela educação e pelo saneamento, enquanto Damasceno *et al.* (2024) confirmaram que populações com menor escolaridade e menos recursos enfrentariam barreiras de acesso à saúde, o que potencializaria o risco de internações hospitalares por agravos respiratórios.

A população rural apresentou associação negativa, enquanto a densidade populacional apresentou associação positiva. Esse padrão poderia refletir maior exposição urbana a poluentes e maior facilidade de transmissão de agentes respiratórios em áreas mais adensadas. Ao mesmo tempo, municípios mais urbanizados tenderiam a concentrar maior oferta de serviços hospitalares e maior capacidade instalada para absorver internações, de modo que parte da associação observada poderia estar relacionada à organização territorial da rede de saúde.

Para acidentes com animais peçonhentos, predominantemente escorpionismo e ofidismo, o esgotamento sanitário adequado e a proporção de população rural foram as únicas variáveis com associação significativa, ambas positivas.

O aumento de 10 pontos percentuais na proporção de domicílios com esgotamento sanitário adequado estaria associado ao incremento de aproximadamente 0,7 notificação por mil habitantes. Esse resultado deve ser interpretado com cautela. Em vez de sugerir efeito causal direto da infraestrutura sanitária sobre os acidentes, seria possível que essa variável estivesse captando municípios com maior presença institucional do Estado, melhor acesso aos serviços de saúde e maior capacidade de registro e notificação. Assim, o coeficiente positivo poderia refletir, ao menos em parte, um efeito de detecção.

A associação positiva com a população rural indica que o aumento de 10 pontos percentuais estaria associado ao incremento de 0,8 notificação por mil habitantes, sugerindo que os acidentes ocorreriam predominantemente em localidades com maior proporção de moradores em áreas rurais. Esse resultado seria coerente com o perfil ocupacional desses agravos, uma vez que a maior proximidade com ambientes naturais, áreas de pastagem, estruturas de apoio à produção e áreas sazonalmente inundáveis poderia influenciar o contato entre pessoas e fauna peçonhenta.

#### 4.4.8 Robustez

Como exercício de robustez, foram estimados modelos restritos ao período pré-pandemia (2008–2019), cujos resultados encontram-se apresentados nos Apêndices G a K. De modo geral, os resultados permaneceram consistentes com aqueles obtidos para a amostra completa, embora se observem variações pontuais na significância estatística de algumas variáveis explicativas.

No caso da malária, verificaram-se mudanças específicas por recorte geográfico, com destaque para a perda de significância da precipitação e a inclusão do cultivo de café como variável relevante ao nível de 10% de significância, além de alterações no conjunto de variáveis socioeconômicas e de uso do solo nos biomas Amazônia e Cerrado.

Para a dengue, observou-se maior sensibilidade dos resultados, especialmente em relação às variáveis associadas às atividades agrícolas, à infraestrutura domiciliar e urbana, bem como a fatores socioeconômicos, tanto no agregado nacional quanto nos biomas.

Nas estimações para febre amarela e leishmaniose, os biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica apresentaram mudanças na significância de variáveis climáticas, sem alteração na direção dos coeficientes. Ademais, verificaram-se variações na significância de variáveis relacionadas ao uso do solo, aos indicadores de saneamento e a outros fatores socioeconômicos, com diferenças entre os biomas.

No caso das doenças respiratórias, não se observaram mudanças na significância das variáveis para os biomas Amazônia e Caatinga. Por outro lado, para o Brasil e a Mata Atlântica, verificaram-se alterações associadas à precipitação. De modo geral, variáveis relacionadas ao uso da terra, à infraestrutura e a fatores socioeconômicos também apresentaram variações.

Por fim, para os acidentes com animais peçonhentos, observou-se relativa estabilidade dos resultados, com alterações na significância de variáveis relacionadas ao uso do solo, à infraestrutura domiciliar e urbana, a fatores ligados à saúde e a variáveis climáticas, além da inclusão do desmatamento como variável significativa, com efeito negativo, na Amazônia.

Em conjunto, essas evidências indicariam que, embora a exclusão do período pandêmico afetasse a significância de algumas variáveis, os resultados principais permaneceriam robustos, sugerindo a consistência das relações estimadas.

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo avaliou a associação entre o desmatamento e a incidência de doenças vetoriais selecionadas, internações por doenças respiratórias e acidentes com animais peçonhentos nos municípios brasileiros, considerando as diferenças ecológicas entre os biomas. A partir de um painel de dados referente aos municípios brasileiros no período de 2008 a 2021, os resultados indicaram que os efeitos da degradação ambiental sobre a saúde não ocorreram de forma homogênea no território nacional, variando conforme o agravo analisado, as características ecológicas dos biomas, as condições socioeconômicas locais e as formas predominantes de uso e ocupação do solo. De modo geral, os achados sugerem que os efeitos do desmatamento sobre a saúde não decorreriam apenas da perda de cobertura vegetal em si, mas também da reorganização dos ecossistemas e das transformações nas formas de interação entre populações humanas, vetores, animais silvestres e ambientes modificados, evidenciando que o desmatamento constitui um processo de transformação territorial capaz de alterar dinâmicas ecológicas, microclimáticas e epidemiológicas.

Os resultados mostraram associações positivas entre o desmatamento e as internações por doenças respiratórias no Cerrado, bem como entre o desmatamento e os acidentes com animais peçonhentos na Caatinga, indicando que processos de degradação ambiental, frequentemente acompanhados por queimadas, expansão agropecuária e maior exposição ocupacional, podem ampliar os riscos à saúde. Por outro lado, em alguns contextos, especialmente em áreas convertidas para atividades mais mecanizadas e com menor interação direta com ambientes florestais, como monoculturas de larga escala, observaram-se associações negativas entre o desmatamento e parte dos agravos analisados. Esses resultados sugerem que a conversão do uso do solo pode modificar ou reduzir determinados ciclos silvestres de transmissão, particularmente no caso de doenças mais dependentes da presença de vetores e reservatórios associados à vegetação nativa.

A análise por bioma reforçou a importância da heterogeneidade ecológica na compreensão da relação entre ambiente e saúde. A Amazônia concentrou maior incidência de doenças vetoriais, em consonância com condições ecológicas e climáticas favoráveis à manutenção dos vetores. O Cerrado apresentou maior sensibilidade às internações por doenças respiratórias, possivelmente relacionada às emissões provenientes de queimadas associadas ao desmatamento e às características de sua vegetação savânica. Já a Caatinga apontou associação relevante entre desmatamento e acidentes com animais peçonhentos, sugerindo que a degradação ambiental poderia intensificar a interação entre populações humanas e fauna

silvestre. Esses resultados evidenciam que diferentes biomas respondem de maneira distinta às pressões antrópicas, reforçando a necessidade de abordagens territorialmente diferenciadas.

As variáveis climáticas também se mostraram relevantes para a dinâmica dos agravos analisados. A precipitação apresentou associação positiva com casos de dengue no Cerrado, doença de Chagas na Amazônia e acidentes com animais peçonhentos em alguns biomas, enquanto a temperatura mostrou-se associada ao aumento de acidentes no Pampa. Esses resultados reforçam que fatores ambientais e climáticos atuam de forma integrada, influenciando tanto a sobrevivência e a dispersão dos vetores quanto os padrões de exposição humana.

Além do desmatamento e dos fatores climáticos, os resultados indicaram a relevância das condições socioeconômicas. Variáveis relacionadas a melhores condições de saneamento, habitação e escolaridade estiveram, em geral, associadas à redução dos agravos, enquanto maior oferta de serviços de saúde e infraestrutura hospitalar pareceu influenciar também a capacidade de detecção, diagnóstico e notificação dos casos.

Em termos de contribuição acadêmica, esta dissertação avança em relação à literatura ao analisar simultaneamente diferentes grupos de agravos em todos os municípios do Brasil e considerar explicitamente a heterogeneidade entre os seis biomas. Os resultados reforçam que os efeitos de fatores ambientais, climáticos e socioeconômicos sobre a saúde não são uniformes no território brasileiro, ao mesmo tempo em que contribuem para ampliar o entendimento sobre como transformações ambientais podem produzir efeitos epidemiológicos distintos conforme as características ecológicas, produtivas e socioeconômicas dos territórios.

Do ponto de vista das políticas públicas, os achados reforçam a necessidade de estratégias integradas entre saúde, meio ambiente e planejamento territorial. Medidas voltadas ao controle do desmatamento, à prevenção de incêndios florestais, à ampliação do saneamento básico, à melhoria das condições habitacionais e ao fortalecimento da vigilância epidemiológica podem contribuir para reduzir vulnerabilidades em saúde, especialmente em áreas rurais, periféricas e em regiões de expansão da fronteira econômica. Os resultados também sugerem que políticas homogêneas podem ser insuficientes diante da diversidade ecológica brasileira, tornando necessário considerar as especificidades regionais e os diferentes mecanismos pelos quais as transformações ambientais afetam a saúde das populações.

Por fim, este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A utilização de dados secundários pode estar sujeita a subnotificação e diferenças na capacidade de registro entre municípios e biomas. Ademais, embora os modelos com efeitos fixos permitam controlar parte da heterogeneidade não observada, não é possível captar integralmente todos os

mecanismos ecológicos e sociais envolvidos na relação entre desmatamento e saúde. Assim, pesquisas futuras podem avançar ao utilizar econometria espaciais, especialmente na análise dos efeitos das queimadas sobre doenças respiratórias; indicadores climáticos adicionais, que podem contribuir para o aprofundamento da análise de efeitos das mudanças climáticas sobre os agravos; e diferentes formas de desmatamento e de uso do solo, de modo a aprofundar a compreensão sobre os efeitos heterogêneos do desmatamento, especialmente nos casos em que os resultados divergiram de parte das evidências empíricas, sobretudo na Amazônia.

Além disso, os resultados deste estudo também dialogam com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas, ao integrar dimensões relacionadas à saúde pública, preservação ambiental e fatores socioeconômicos. Destacam-se, em especial, conexões com o ODS 3 - Saúde e Bem-Estar, ao investigar o impacto de mudanças ambientais sobre diferentes agravos à saúde; com o ODS 15 - Vida Terrestre, ao analisar a relação entre saúde e a conservação dos ecossistemas representados pelos biomas brasileiros; com o ODS 13 - Ação contra a mudança global do clima, ao considerar o papel de fatores climáticos na dinâmica dos vetores e na ocorrência de doenças; e com o ODS 6 - Água Potável e Saneamento, ao evidenciar a importância das condições de saneamento, como acesso à água encanada e esgotamento sanitário adequado, como fatores associados à proteção da saúde.

Em síntese, os resultados desta dissertação indicam que os impactos do desmatamento sobre a saúde pública dependem da forma como os territórios são transformados e das condições ecológicas e sociais que estruturam essas mudanças. Mais do que um problema estritamente ambiental, o desmatamento revela-se também um fenômeno associado à reorganização das vulnerabilidades em saúde, evidenciando a profunda interdependência entre preservação ambiental, dinâmica territorial e bem-estar da população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRELL, Thomas *et al.* Cassava root yield variability in shifting cultivation systems in the eastern Amazon region of Brazil. *Experimental Agriculture*, v. 58, p. e38, 2022. DOI: 10.1017/S0014479722000333.
- ABREU, Marcel Carvalho *et al.* Temporal and spatial patterns of fire activity in three biomes of Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 844, p. 157138, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157138.
- ACHCAR, Jorge Alberto *et al.* Use of Poisson spatiotemporal regression models for the Brazilian Amazon forest: malaria count data. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 44, p. 749-754, 2011. DOI: 10.1590/S0037-86822011000600019.
- ACHEBAK, Hicham *et al.* Ambient temperature and risk of cardiovascular and respiratory adverse health outcomes: a nationwide cross-sectional study from Spain. *European Journal of Preventive Cardiology*, v. 31, n. 9, p. 1080-1089, 2024. DOI: 10.1093/eurjpc/zwae021.
- ADAMS, Quinn H. *et al.* Impact of weather extremes on the spatiotemporal dynamics of visceral leishmaniasis in Brazil. *PLoS neglected tropical diseases*, v. 19, n. 7, p. e0013316, 2025. DOI: 10.1371/journal.pntd.0013316.
- ADORNO, Brunna Rocha *et al.* Deforestation, soil use in the cerrado and the incidence of visceral leishmaniasis, malária and yellow fever in the state of Goiás use and environmental changes. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 6, p. 2853–2865, 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v15.6.p2853-2865.
- ALCÂNTARA, João Arthur *et al.* Stepping into a dangerous quagmire: Macroecological determinants of Bothrops envenomings, Brazilian Amazon. *PloS one*, v. 13, n. 12, p. e0208532, 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0208532
- ALENCAR, Lucas; ESCADA, Maria Isabel Sobral; CAMARGO, José Luís Campana. Long-term landscape structure change in contrasting land occupation strategies of the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, v. 150, p. 107442, 2025. DOI: 10.1016/j.landusepol.2024.107442.
- ALEXANDER, Bruce *et al.* Transmission of Leishmania in coffee plantations of Minas Gerais, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 97, p. 627-630, 2002. DOI: 10.1590/S0074-02762002000500005.
- ALHO, Cleber JR. Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. *Estudos Avançados*, v. 26, p. 151-166, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/5ffmTbhgzD3WQMjJPFWx7pK/?format=html&lang=pt> . Acesso em: 15 jun. 2025.
- ALMEIDA, Ana Caroline Caldas *et al.* Ecological association between socioeconomic, occupational and sanitation factors and the occurrence of scorpionism in Brazil, 2007-2019. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 30, n. 4, e2021077, 2021. DOI: 10.1590/S1679-49742021000400021.

ALMEIDA-GOMES, Mauricio; GUARIENTO, Rafael Dettogni. Land use and land cover changes influence the rate of accidents involving venomous animals. *Journal of Environmental Management*, v. 391, 1 set. 2025. DOI: 10.1016/j.jenvman.2025.126484.

AMADO, Talita Ferreira *et al.* Vulnerable areas to accidents with scorpions in Brazil. *Tropical Medicine & International Health*, v. 26, n. 5, p. 591-601, 2021. DOI: 10.1111/tmi.13561.

ANDERSON, G. Brooke *et al.* Heat-related emergency hospitalizations for respiratory diseases in the Medicare population. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 187, n. 10, p. 1098-1103, 2013. DOI: 10.1164/rccm.201211-1969OC.

ANDERSON, Liana; MARCHEZINI, Victor. Mudanças na exposição da população à fumaça gerada por incêndios florestais na Amazônia: o que dizem os dados sobre desastres e qualidade do ar? *Saúde em Debate*, v. 44, n. spe2, p. 284–302, jul. 2020. DOI: 10.1590/0103-11042020E220.

ANDRADE, Mônica V. *et al.* The economic cost of malaria in Brazil from the perspective of the public health system. *PLOS Global Public Health*, v. 4, n. 10 October, 18 out. 2024. DOI: 10.1371/journal.pgph.0003783.

ARISCO, Nicholas J. *et al.* Ecological change increases malaria risk in the Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 121, n. 44, 29 out. 2024. DOI: 10.1073/pnas.2409583121.

ARRAES, Ronaldo de Albuquerque; MARIANO, Francisca Zilania; SIMONASSI, Andrei Gomes. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 50, p. 119-140, 2012. DOI: 10.1590/S0103-20032012000100007.

ARTAXO, Paulo *et al.* Atmospheric aerosols in Amazonia and land use change: from natural biogenic to biomass burning conditions. *Faraday Discussions*, v. 165, p. 203-235, 2013. DOI: 10.1039/c3fd00052d.

ASSIS, Sandra Núbia de Souza; LIMA, Renato Abreu; CAMPOS, Milton César Costa. Impacto do Desmatamento sobre a Incidência da Doença de Chagas na Amazônia Brasileira. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 11, n. 2, p. 279-297, 2022. DOI: 10.59306/rgsa.v11e22022279-297.

ASSUNÇÃO, Juliano; GANDOUR, Clarissa; ROCHA, Romero. Deterring Deforestation in the Brazilian Amazon: Environmental Monitoring and Law Enforcement. *Climate Policy Initiative*, v. 1, p. 36, 2013. Disponível em: [https://www.econ.puc-rio.br/uploads/adm/trabalhos/files/Command\\_and\\_Control.pdf](https://www.econ.puc-rio.br/uploads/adm/trabalhos/files/Command_and_Control.pdf). Acesso em: 10 ago. 2025.

BARCELLOS, Christovam *et al.* Climate change, thermal anomalies, and the recent progression of dengue in Brazil. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 5948, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-56044-y.

BARROS, F. S. M. *et al.* Spatial clustering and longitudinal variation of *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) larvae in a river of the Amazon: the importance of the forest fringe and of

obstructions to flow in frontier malaria. *Bulletin of entomological research*, v. 101, n. 6, p. 643-658, 2011. DOI: 10.1017/S0007485311000265.

BARROS, Fábio SM; HONÓRIO, Nildimar A. Deforestation and malaria on the Amazon frontier: larval clustering of *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) determines focal distribution of malaria. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, v. 93, n. 5, p. 939, 2015. DOI: 10.4269/ajtmh.15-0042.

BARROSO, Renata de F. *et al.* Climate change increases public health risks from *Tityus* scorpion stings in Brazil. *Toxicon*, v. 258, p. 108326, 2025. DOI: 10.1016/j.toxicon.2025.108326.

BAUCH, Simone C. *et al.* Public health impacts of ecosystem change in the Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 112, n. 24, p. 7414–7419, 16 jun. 2015. DOI: 10.1073/pnas.1406495111.

BAUHOFF, Sebastian; BUSCH, Jonah. Does deforestation increase malaria prevalence? Evidence from satellite data and health surveys. *World Development*, v. 127, p. 104734, 2020. DOI: 10.1016/j.worlddev.2019.104734.

BENTO, José Alex do Nascimento *et al.* Condicionantes das interações por doenças respiratórias: evidências espaciais a partir do desmatamento na Amazônia Legal. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 62, n. 2, 2024. DOI: 10.1590/1806-9479.2023.274678.

BOCHNER, Rosany; STRUCHINER, Claudio José. Aspectos ambientais e sócio-econômicos relacionados à incidência de acidentes ofídicos no Estado do Rio de Janeiro de 1990 a 1996: uma análise exploratória. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 20, n. 4, p. 976-985, 2004. DOI: 10.1590/S0102-311X2004000400012.

BORMA, L. S. *et al.* Beyond carbon: The contributions of South American tropical humid and subhumid forests to ecosystem services. *Reviews of Geophysics*, v. 60, n. 4, p. e2021RG000766, 2022. DOI: 10.1029/2021RG000766.

BRASIL, Leandro Schlemmer *et al.* Potential geographic displacement of Chagas disease vectors under climate change. *Medical and Veterinary Entomology*, 2025. DOI: 10.1111/mve.12810.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Elimina Malária Brasil: Plano Nacional de Eliminação da Malária*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/malaria/politicas-de-saude/elimina-malaria-brasil-plano-nacional-de-eliminacao-da-malaria/view>. Acesso em: 18 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Boletim interativo - Malária Brasil: regiões amazônica e extra-amazônica. Dados provenientes dos sistemas Sivep-Malária, Sinan e e-SUS-VS*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025a. [base de dados]. Disponível em: <https://public.tableau.com/app/profile/mal.ria.brasil/viz/BoletimMalrianasregiesamaznicaextr-a-amaznica/Incio> . Acesso em: 18 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS (DATASUS). *Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde - CNES: Recursos Físicos*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025b. [base de dados]. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/cnes-recursos-fisicos> . Acesso em: 21 mai. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS (DATASUS). *Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde - CNES: Recursos Humanos*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025c. [base de dados]. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/cnes-recursos-humanos-a-partir-de-agosto-de-2007-ocupacoes-classificadas-pela-cbo-2002> . Acesso em: 21 mai. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS (DATASUS). *Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN)*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025d. [base de dados]. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/aceso-a-informacao/doencas-e-agravos-de-notificacao-de-2007-em-diante-sinan/>. Acesso em: 21 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS (DATASUS). *Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025e. [base de dados]. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/aceso-a-informacao/producao-hospitalar-sih-sus/>. Acesso em: 21 maio. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Dengue*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025f. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dengue>. Acesso em: 30 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Doença de Chagas*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025g. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/doenca-de-chagas> . Acesso em: 30 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Febre Amarela*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025h. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/f/febre-amarela>. Acesso em: 30 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Leishmaniose Tegumentar*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025i. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/l/leishmaniose-tegumentar>. Acesso em: 30 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Leishmaniose Visceral*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025j. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/l/leishmaniose-visceral>. Acesso em: 30 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Malária*. Brasília: Ministério da Saúde, 2025k. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/m/malaria> . Acesso em: 30 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. *Biomassas e ecossistemas: Biomassas*, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomassas/biomassas-e-ecossistemas/biomassas>. Acesso em: 18 out. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. *Florestas do Brasil: dados e estatísticas 2024*. Brasília, DF: MMA, 2024. 264 p. ISBN 978-65-986731-2-3.

BRÁTVEIT, Magne *et al.* Dust exposure and respiratory health among workers in primary coffee processing factories in Tanzania and Ethiopia. *Frontiers in Public Health*, v. 9, p. 730201, 2021. DOI: 10.3389/fpubh.2021.730201.

BRAVO-VEGA, Carlos; SANTOS-VEGA, Mauricio; CORDOVEZ, Juan Manuel. Disentangling snakebite dynamics in Colombia: how does rainfall and temperature drive snakebite temporal patterns? *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 16, n. 3, p. e0010270, 2022. DOI: 10.1371/journal.pntd.0010270.

BRITO, Raissa N. *et al.* Drivers of house invasion by sylvatic Chagas disease vectors in the Amazon-Cerrado transition: A multi-year, state-wide assessment of municipality-aggregated surveillance data. *PLoS neglected tropical diseases*, v. 11, n. 11, p. e0006035, 2017. DOI: 10.1371/journal.pntd.0006035.

BRUNO, Isabeli Pereira; PINTO, Victor Meriguetti; REICHARDT, Klaus. Coffee production in the Brazilian savannah. *Brazilian Journal of Agriculture*, v. 95, n. 2, p. 156-173, 2020. DOI: 10.37856/bja.v95i2.4243.

CABALLERO, Cassia Brocca *et al.* Transformation of Brazil's biomes: The dynamics and fate of agriculture and pasture expansion into native vegetation. *Science of the Total Environment*, v. 896, 20 out. 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.166323.

CABRAL, Marcos Vinicius Afonso *et al.* Incidência de doença de Chagas sob influência dos impactos socioambientais na Amazônia. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 9, p. 1–13, 29 set. 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i9.11138.

CAMPOLI, Jessica Suarez; STIVALI, Matheus. TD 2842 - *Custo social do desmatamento nos biomas brasileiros*. Texto para Discussão, p. 1–51, 27 fev. 2023. Disponível em <https://www.econstor.eu/handle/10419/284898>. Acesso em: 12 set. 2025.

CARNEIRO FILHO, Arnaldo; COSTA, Karine. *A expansão da soja no Cerrado. Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável*. São Paulo, Agroicone, p. p1-30, 2016. Disponível em: <https://agroicone.com.br/wp-content/uploads/2019/12/Expansao-soja-Cerrado.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2026.

CARLOS, Bianca C. *et al.* A comprehensive analysis of malaria transmission in Brazil. *Pathogens and Global Health*, v. 113, n.1, p. 1-13, 2019. DOI: 10.1080/20477724.2019.1581463.

CARMO, Cleber Nascimento do *et al.* Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 27, p. 10-16, 2010. Disponível em: <https://www.scielosp.org/pdf/rpsp/2010.v27n1/10-16/pt> . Acesso em: 7 out. 2025.

CARVALHO, Ronaldo Marques de; LOBATO, Beatriz Trindade de Oliveira. Arquitetura em Madeira: do vernacular ao erudito, concepções amazônicas. *RCT-Revista de Ciência e Tecnologia*, v. 7, 2021. DOI: 10.18227/rct.v7i0.6927.

CASTRO, Pedro Henrique de. *Toxicidade de extratos de grãos de café verde e torrado de qualidade inferior para larvas de Aedes (= Stegomyia) aegypti (Diptera: Culicidae)*. 2023. Disponível em: <https://sbicafe.ufv.br/items/b48a7185-d157-48ae-bdff-cd26e1b7ae28> . Acesso em: 16 jan. 2026.

CAVALCANTE, Francisco Roger Aguiar *et al.* Leishmaniose visceral: aspectos epidemiológicos, espaciais e temporais no município de Sobral, nordeste do Brasil, 2007-2019. *Journal of Health & Biological Sciences*, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2022. DOI: 10.12662/2317-3206jhbs.v10i1.4370.p1-8.2022.

CHAVES, Leonardo Suveges Moreira *et al.* Global consumption and international trade in deforestation-associated commodities could influence malaria risk. *Nature Communications*, v. 11, n. 1, p. 1258, 2020. DOI: 10.1038/s41467-020-14954-1.

CHIPPAUX, Jean-Philippe. Rôle de l'environnement sur l'incidence et la sévérité des envenimations. *médecine/sciences*, v. 25, n. 10, p. 858-862, 2009. DOI: 10.1051/medsci/20092510858

CHIPPAUX, Jean Philippe. Epidemiology of envenomations by terrestrial venomous animals in Brazil based on case reporting: From obvious facts to contingencies. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, v. 21, n. 1, 2015. DOI: 10.1186/s40409-015-0011-1

CHIPPAUX, Jean-Philippe; GOYFFON, M. Les morsures accidentelles de serpent en France métropolitaine. *Presse Med*, v. 18, n. 794, p. 5, 1989. Disponível em: <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:26730>. Acesso em: 11 fev. 2026.

COELHO, Andréa *et al.* Rural landscapes and agrarian spaces under soybean expansion dynamics: a case study of the Santarém region, Brazilian Amazonia. *Regional Environmental Change*, v. 21, n. 4, p. 100, 2021. DOI: 10.1007/s10113-021-01821-y.

CORREA, Maria Gabrielle Cerqueira. *Custos das hospitalizações no SUS como impacto da poluição atmosférica emitida por queimadas e incêndios florestais na Amazônia Legal e Cerrado setentrional no Brasil (2010–2021)*. 2024. Tese de Doutorado - Universidade do Estado de Mato Grosso.

COUSIN, Ewerton *et al.* Global, regional, and national burden of Chagas disease, 1990–2023: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. *The Lancet Infectious Diseases*, 2025. DOI: 10.1016/S1473-3099(25)00562-6.

COZZER, Gilberto Dinis *et al.* Arthropods of medical importance and profile of associated accidents for the municipality of São Miguel do Oeste, Santa Catarina state. *Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção*, v. 9, n. 1, 2019. DOI: 10.17058/reci.v9i1.12457.

CUNHA, Maria da Consolação Magalhães *et al.* Disentangling associations between vegetation greenness and dengue in a Latin American city: Findings and challenges. *Landscape and urban planning*, v. 216, p. 104255, 2021. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2021.104255.

DAMM, Yannic *et al.* Health benefits of reduced deforestation in the Brazilian Amazon. *Communications Earth & Environment*, v. 5, n. 1, 2024. DOI: 10.1038/s43247-024-01840-7.

DRISCOLL, John C.; KRAAY, Aart C. Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of economics and statistics*, v. 80, n. 4, p. 549-560, 1998. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2646837>. Acesso em: 30 jul. 2025.

DUPIN, Mariana GV *et al.* Land use policies and deforestation in Brazilian tropical dry forests between 2000 and 2015. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 3, p. 035008, 2018. DOI: 10.1088/1748-9326/aaadea.

ELLWANGER, Joel Henrique *et al.* Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 92, n. 1, 2020. DOI: 10.1590/0001-3765202020191375.

ENCARNAÇÃO, R. O.; LIMA, D. R. *Café e saúde humana*. Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. Disponível em: <https://sbicafe.ufv.br/items/2e8c95db-26dc-4fe7-9193-cb1a47f90aca>. Acesso em: 16 jan. 2026.

FARIA, Neice Müller Xavier *et al.* Trabalho rural, exposição a poeiras e sintomas respiratórios entre agricultores. *Revista de Saúde Pública*, v. 40, p. 827-836, 2006. Disponível em: [https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource\\_ssm\\_path=/media/assets/rsp/v40n5/ao-5254.pdf](https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/rsp/v40n5/ao-5254.pdf). Acesso em: 25 fev. 2026.

FEARNSIDE, Philip M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. *Conservation biology*, v. 19, n. 3, p. 680-688, 2005. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x

FERREIRA, Jayane Freires *et al.* Análise comparativa do desmatamento e seus determinantes nos biomas brasileiros. *Revista Geotemas*, v. 15, e02522, 2025. DOI: 10.33237/2236-255X.2025.7117.

FIALHO, Josefino de Freitas; VIEIRA, Eduardo Alano (ed.). *Mandioca no Cerrado: orientações técnicas*. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/981357>. Acesso em: 06 jan. 2026.

FIATSONU, Edem; MOKHTAR, Sina; NDEFFO-MBAH, Martial L. The impact of temperature on canine Chagas disease transmission risk: A modeling study. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 19, n. 9, e0013498, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0013498>.

FIMBRES-MACIAS, Juan P. *et al.* Phenology and environmental predictors of *Triatoma sanguisuga* dispersal in east-central Texas, United States. *Acta Tropica*, v. 240, p. 106862, 2023. DOI: 10.1016/j.actatropica.2023.106862.

FREITAS, Beatriz de Souza *et al.* Efeito meteorotrópico em doenças do aparelho respiratório no município de Santa Maria–RS. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 18, n. 05, p. 4108-4124, 2025. Disponível em: [http://mtc-m12e.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m12e/2025/08.25.14.16/doc/Souza\\_2025\\_efeito.pdf](http://mtc-m12e.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m12e/2025/08.25.14.16/doc/Souza_2025_efeito.pdf). Acesso em: 25 fev. 2026.

FREITAS, Livia da Silva *et al.* The relationship and consequences of venomous animal encounters in the context of climate change. *Integrated Environmental Assessment and Management*, v. 20, n. 3, p. 589-591, 2024. DOI: 10.1002/ieam.4919.

FREITAS, Saulo R. *et al.* Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Estudos Avançados*, v. 19, p. 167-185, 2005. DOI: 10.1590/S0103-40142005000100011.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ). *O que são as leishmanioses?* Agência Fiocruz, 2022. Disponível em: <https://fiocruz.br/pergunta/o-que-sao-leishmanioses>. Acesso em: 12 out. 2025.

GALEANA-PIZAÑA, José Mauricio *et al.* Impact of deforestation and climate on spatio-temporal spread of dengue fever in Mexico. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, v. 50, p. 100679, 2024. DOI: 10.1016/j.sste.2024.100679.

GARCÍA-CARRERAS, Bernardo *et al.* Periodic synchronisation of dengue epidemics in Thailand over the last 5 decades driven by temperature and immunity. *PLoS biology*, v. 20, n. 3, p. e3001160, 2022. DOI: 10.1371/journal.pbio.3001160.

GARG, Teevrat. Public health effects of ecosystem degradation: Evidence from deforestation in Indonesia. Ithaca: Cornell University, 2015. (Working paper). Disponível em: [https://bioecon-network.org/pages/17th\\_2015/Garg.pdf](https://bioecon-network.org/pages/17th_2015/Garg.pdf). Acesso em: 05 jan. 2026.

GHATEE, Mohammad Amin *et al.* Geographical and climatic risk factors of cutaneous leishmaniasis in the hyper-endemic focus of Bam County in southeast Iran. *Frontiers in Public Health*, v. 11, p. 1236552, 2023. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1236552.

GONZÁLEZ-RETE, Berenice *et al.* Higher temperatures reduce the number of *Trypanosoma cruzi* parasites in the vector *Triatoma pallidipennis*. *Parasites & Vectors*, v. 14, n. 1, p. 385, 2021. DOI: 10.1186/s13071-021-04872-6.

GOTTDENKER, Nicole L. *et al.* Association of anthropogenic land use change and increased abundance of the Chagas disease vector *Rhodnius pallescens* in a rural landscape of Panama. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 84, n. 1, p. 70, 2011. DOI: 10.4269/ajtmh.2011.10-0041.

GREENE, William H. *Econometric analysis*. 7th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2012.

GUIMARÃES, Patrik de Oliveira *et al.* Spatial analysis of deforestation factors in the Atlantic Forest Biome/Brazil. *Revista Geografias*, v. 19, n. 1, p. 1–19, 2023. DOI: 10.35699/2237-549X.2023.42662.

GUIMARÃES, Raphael Mendonça *et al.* Deforestation and malaria incidence in the legal Amazon Region between 1996 and 2012. *Cadernos Saúde Coletiva*, v. 24, n. 1, p. 3–8, 1 abr. 2016. DOI: 10.1590/1414-462X201500040125.

HARVEY, R. Reid, *et al.* The burden of respiratory abnormalities among workers at coffee roasting and packaging facilities. *Frontiers in public health*, v. 8, 5, 2020. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00005.

HOECHLE, Daniel. Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *The Stata Journal*, v. 7, n. 3, p. 281-312, 2007. DOI: 10.1177/1536867X0700700301.

HONORATO, Taizi *et al.* Análise espacial do risco de dengue no Espírito Santo, Brasil, 2010: uso de modelagem completamente Bayesiana. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 17, p. 150-159, 2014. DOI: 10.1590/1809-4503201400060013.

HUANG, Chi Chieh *et al.* Spatial clustering of dengue fever incidence and its association with surrounding greenness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 15, n. 9, 2018. DOI: 10.3390/ijerph15091869.

IGNOTTI, Eliane *et al.* Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region. *Revista de Saúde Pública*, v. 44, p. 121-130, 2010. DOI: 10.1590/S0034-89102010000100013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2000: resultados do universo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. [base de dados]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2000/universo>. Acesso em: 06 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2010: resultados do universo - características da população e dos domicílios*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. [base de dados]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/universo-caracteristicas-da-populacao-e-dos-domicilios>. Acesso em: 06 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produto Interno Bruto dos Municípios*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024a. [base de dados]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=resultados>. Acesso em: 06 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática: pesquisa da pecuária municipal (PPM), tabela 3939*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024b. [base de dados]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 05 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática: produção agrícola municipal - PAM, tabela 1612*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024c. [base de dados]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. Acesso em: 05 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática: produção agrícola municipal (PAM), tabela 1613*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024d. [base de dados]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 05 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo demográfico 2022: características dos domicílios*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025a. [base de dados]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/universo-caracteristicas-dos-domicilios>. Acesso em: 06 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo demográfico 2022: população por idade e sexo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025b. [base de dados]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/universo-populacao-por-idade-e-sexo>. Acesso em: 06 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Estimativas da população*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025c. [base de dados]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=17283&t=downloads>. Acesso em: 06 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Domínios e regiões naturais terrestres dos biomas do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025d. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102232.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2026.

ISAACSON, Julia Elizabeth *et al.* Antivenom access impacts severity of Brazilian snakebite envenoming: A geographic information system analysis. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 17, n. 6, p. e0011305, 2023. DOI: 10.1371/journal.pntd.0011305.

JESUS, Ana; NETO, Thiago Oliveira; ASSIS, João. Análise dos casos de malária nas frentes pioneiras do Sul do Amazonas: Lábrea, Humaitá e Apuí. *Estrabão*, v. 5, p. 1-16, 2024. 1 jan. 2024. DOI: 10.53455/re.v5i1.218.

JIA, Huanhuan *et al.* Ambient air pollution, temperature and hospital admissions due to respiratory diseases in a cold, industrial city. *Journal of Global Health*, v. 12, p. 04085, 2022. DOI: 10.7189/jogh.12.04085.

JUCÁ, Thiago L. *et al.* Drought, desertification and poverty: A geospatial analysis of snakebite envenoming in the Caatinga biome of Brazil. *The International Journal of Health Planning and Management*, v. 36, n. 5, p. 1685-1696, 2021. DOI: 10.1002/hpm.3180.

KADJO, Edwige M. A. Y. *et al.* *Aedes aegypti* ecology and dengue infection in three agricultural areas of Côte d'Ivoire. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, San Francisco, v. 19, n. 7, e0013255, 2025. DOI: 10.1371/journal.pntd.0013255.

KALBUS, Alexandra *et al.* Exploring the influence of deforestation on dengue fever incidence in the Brazilian Amazonas state. *PLoS ONE*, v. 16, n. 1, e0242685, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0242685.

KERSUL, Maira G. *et al.* Exploring environmental and climate features associated with yellow fever across space and time in the Brazilian Atlantic Forest biome. *Plos one*, v. 19, n. 10, e0308560, 2024. DOI: 10.1371/journal.pone.0308560.

KHAN, Muhammad Bilal *et al.* Dengue overview: An updated systemic review. *Journal of Infection and Public Health*, v. 1, n. 10, p. 1625-1642, 2023. DOI: 10.1016/j.jiph.2023.08.001.

LAPOLA, David M. *et al.* The drivers and impacts of Amazon forest degradation. *Science*, v. 379, n. 6630, 2023. DOI: 10.1126/science.abp8622.

LEE, Seoheui; LEE, Junyeong; MIN, Kyung Duk. Association between deforestation and the incidence of snakebites in South Korea. *Animals*, v. 15, n. 2, 2025. DOI: 10.3390/ani15020198.

LIMA, Francco Antonio Neri de Souza; CORRÊA, Marcia Leopoldina Montanari; GUGELMIN, Silvia Angela. Territórios indígenas e determinação socioambiental da saúde: discutindo exposições por agrotóxicos. *Saúde em Debate*, v. 46, p. 28-44, 2022. DOI: 10.1590/0103-11042022E202.

LOPES, Thalyta Mariany Rêgo *et al.* Situação epidemiológica da malária em uma região de Garimpo, na região da Amazônia brasileira, no período de 2011 a 2015. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, n. 25, e759, 2019. DOI: 10.25248/reas.e759.2019.

LOSHOUARN, Henri; GUARNERI, Alessandra A. The interplay between temperature, *Trypanosoma cruzi* parasite load, and nutrition. *PLoS neglected tropical diseases*, v. 18, n. 2, e0011937, 2024. DOI: 10.1371/journal.pntd.0011937.

LUIZ, Carlos Henrique Pires; STEINKE, Valdir Adilson. Recent Environmental Legislation in Brazil and the Impact on Cerrado Deforestation Rates. *Sustainability (Switzerland)*, v. 14, n. 13, 2022. DOI: 10.3390/su14138096.

MACDONALD, Andrew J.; MORDECAI, Erin A. Amazon deforestation drives malaria transmission, and malaria burden reduces forest clearing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 116, n. 44, p. 22212–22218, 2019. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1905315116>. Acesso em: 5 jun. 2025.

MACEDO, Marcia N. *et al.* Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 109, n. 4, p. 1341–1346, 2012. DOI: 10.1073/pnas.1111374109.

MACHADO-SILVA, Fausto *et al.* Drought and fires influence the respiratory diseases hospitalizations in the Amazon. *Ecological Indicators*, v. 109, p. 105817, 2020. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105817.

MAGALHÃES, Samara Freire Valente *et al.* Snakebite envenomation in the Brazilian Amazon: a descriptive study. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 113, n. 3, p. 143-151, 2019. DOI: 10.1093/trstmh/try121.

MAPBIOMAS. *Coverage statistics by biomes, states and municipalities: MapBiomias Brazil Collection 10*. MapBiomias Data, v.1.0., 2025a. [base de dados]. DOI: 10.58053/MapBiomias/IBQPF6. Acesso em: 22 ago. 2025.

MAPBIOMAS. *Destques do mapeamento anual de cobertura e uso da terra no Brasil de 1985 a 2024: MapBiomias coleção 10*. Versão 1.0. MapBiomias, 2025b. 59 p. Disponível em: [https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2025/08/Fact\\_Colecao10\\_22.08.2025\\_v9.pdf](https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2025/08/Fact_Colecao10_22.08.2025_v9.pdf) . Acesso em: 28 set. 2025.

MAPBIOMAS. *Urban area statistics: states and municipalities: MapBiomias Brazil Collection 9*. Versão 1.0. MapBiomias, 2025c. [base de dados]. DOI: 10.58053/MapBiomias/MHAFFS. Acesso em: 11 nov. 2025.

MARCOLAN, Alaerto Luis; ESPINCULA, Marcelo Curitiba. *Café na Amazônia*. Brasília, DF: Embrapa Rondônia, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1023755>. Acesso em: 6 jan. 2026.

MARINHO, Robson dos Santos Souza *et al.* Environmental changes and the impact on the human infections by dengue, chikungunya and Zika viruses in Northern Brazil, 2010–2019. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 19, 2022. DOI: 10.3390/ijerph191912665.

MARQUARDT, Rebeca; PINTO, Wanderson de Paula. Avaliação do impacto da poluição atmosférica gerada no processo de secagem e pilagem de café. *Revista Ensino, Educação & Ciências Exatas*, v. 3, ed. esp., 2023. Disponível em: <https://revista.grupofaveni.com.br/index.php/ensinoeducacaoeciencias/article/view/1628>. Acesso em: 21 fev. 2026.

MARTELLI, Celina Maria Turchi *et al.* Economic Impact of Dengue: Multicenter Study across Four Brazilian Regions. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 9, n. 9, e0004042, 2015. DOI: 10.1371/journal.pntd.0004042.

MARTÍN, Gerardo *et al.* Implications of global environmental change for the burden of snakebite. *Toxicon: X*, v. 9, 100069, 2021. DOI: 10.1016/j.toxcx.2021.100069.

MARTÍN-SÁNCHEZ, Joaquina *et al.* Seroepidemiological surveillance of livestock within an endemic focus of leishmaniasis caused by *Leishmania infantum*. *Animals*, v. 15, n. 11, 1511, 2025. DOI: 10.3390/ani15111511.

MASSEY, Aimee L. *et al.* Using iDNA to determine impacts of Amazonian deforestation on *Leishmania* hosts, vectors, and their interactions. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 19, n. 3, e0012925, 2025. DOI: 10.1371/journal.pntd.0012925.

MATOS, Rafael Rodrigues; IGNOTTI, Eliane. Incidência de acidentes ofídicos por gêneros de serpentes nos biomas brasileiros. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, p. 2837-2846, 2020. DOI: 10.1590/1413-81232020257.31462018.

MCGOUGH, Sarah F. *et al.* A dynamic, ensemble learning approach to forecast dengue fever epidemic years in Brazil using weather and population susceptibility cycles. *Journal of The Royal Society Interface*, v. 18, n. 179, 20201006, 2021. DOI: 10.1098/rsif.2020.1006.

MEIRA, Pablo Matheus Rodrigues de Souza. *Caatinga e Mata Atlântica: a importância da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos para o bem-estar humano no Nordeste do Brasil*. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/c47d3447-765c-4558-b792-c9db2c25a48e/content>. Acesso em: 04 jan. 2026.

MELO, Gisely da Silva. *Incidência de doenças fúngicas foliares em mandioca (Manihot esculenta Crantz) no município de Humaitá, AM*. 2013. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2013. Disponível em: <https://edoc.ufam.edu.br/bitstream/123456789/2575/21/TCC-Agronomia-2013-Arquivo.011.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2026.

MEZA-BALLESTA, Angye; GÓNIMA, Leonardo. The influence of climate and vegetation cover on the occurrence of dengue cases (2001-2010). *Revista de Salud Pública*, v. 16, n. 2, p. 293–306, 2014. DOI: 10.15446/rsap.v16n2.38146.

MOKHTARI, Mehdi *et al.* Cutaneous leishmaniasis prevalence and morbidity based on environmental factors in Ilam, Iran. *Acta Tropica*, v. 163, p. 90-97, 2016. DOI: 10.1016/j.actatropica.2016.08.002.

MÓL, Laís Perigolo. *Estudo epidemiológico dos acidentes por serpentes associados aos usos da terra em Manhuaçu-MG, de 2007 a 2015*. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/items/d21ef56b-e398-4f53-88df-d6dc7aa78fed>. Acesso em: 11 fev. 2026.

MONTIBELLER, Bruno *et al.* Increasing fragmentation of forest cover in Brazil's Legal Amazon from 2001 to 2017. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, 5803, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-62591-x.

MORAES, Francisco Cezar Aquino *et al.* Relação dos biomas nos acidentes peçonhentos no Brasil. *Journal Health NPEPS*, v. 6, n. 1, 2021. DOI: 10.30681/252610105320.

MORDECAI, Erin A. *et al.* Thermal biology of mosquito-borne disease. *Ecology Letters*, v. 22, n. 10, p. 1690-1708, 2019. DOI: 10.1111/ele.13335.

MOURA, Mauricio do Nascimento *et al.* Relationship between respiratory diseases and environmental conditions: a time-series analysis in Eastern Amazon. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 56, n. 3, p. 398-412, 2021. DOI: 10.5327/Z217694781020.

NASA. *NASA POWER: Prediction Of Worldwide Energy Resources Data Access Viewer*. Langley Research Center. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/>. Acesso em: 20 set. 2025.

NINA, Larissa Neuza da Silva *et al.* Distribuição espaço-temporal da leishmaniose visceral no Brasil no período de 2007 a 2020. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 47, e160, 2023. DOI: 10.26633/RPSP.2023.160.

NGOMBE, Léon Kabamba *et al.* Exposition aux poussières de manioc, maïs, soja, et santé respiratoire. *MTSI*, v. 4, n. 4, 2024. DOI : 10.48327/mtsi.v4i4.2024.610.

OBRADOVIC, Zarema *et al.* A literature review on vector borne diseases. *International Journal of Medical Reviews and Case Reports*, v. 6, n. 7, p. 27-27, 2022. DOI: 10.5455/IJMRCR.172-1639404085.

OKWOR, Tochi J. *et al.* Occupational exposure to particulate matter from biomass smoke and its relationship to respiratory symptoms and pulmonary function among rural women involved in cassava processing in Nigeria. *Open Journal of Preventive Medicine*, v. 7, n. 03, p. 41-54, 2017. DOI: 10.4236/ojpm.2017.73004.

O'LENICK, Cassandra R. *et al.* Impact of heat on respiratory hospitalizations among older adults in 120 large US urban areas. *Annals of the American Thoracic Society*, v. 22, n. 3, p. 367-377, 2025. DOI: 10.1513/AnnalsATS.202405-470OC.

OLIVEIRA, L. A. de *et al.* *Processamento de aipim e mandioca-brava*. 2019. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-1117995/Description>. Acesso em: 16 fev. 2026.

ORTEGA, Antonio César; JESUS, Clesio Marcelino. Território café do Cerrado. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 49, n. 3, p. 771-800, 2011. DOI: 10.1590/S0103-20032011000300010.

PADILHA, Meyrecler Aglair de Oliveira *et al.* Comparison of malaria incidence rates and socioeconomic-environmental factors between the states of Acre and Rondônia: a spatio-temporal modelling study. *Malaria Journal*, v. 18, n. 1, p. 306, 2019. DOI: 10.1186/s12936-019-2938-0.

PEREIRA, Anísio Baptista. Mata Atlântica: uma abordagem geográfica. *Nucleus*, v. 6, n. 1, p. 1-27, 2009. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4033686>. Acesso em: 22 fev. 2026.

PEREIRA, Caroline Nascimento; CASTRO, César Nunes de. *Educação: contraste entre o meio urbano e o meio rural no Brasil*. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/entities/publication/62fb47cb-9589-4094-af7d-10eef1b1baf0>. Acesso em: 18 jan. 2026.

PINTO, Mariana Olímpia Köhler Marra *et al.* Profile of American tegumentary leishmaniasis in transmission areas in the state of Minas Gerais, Brazil, from 2007 to 2017. *BMC infectious diseases*, v. 20, n. 1, p. 163, 2020. DOI: 10.1186/s12879-020-4860-z.

POLIZEL, Silvia Palotti *et al.* Analysing the dynamics of land use in the context of current conservation policies and land tenure in the Cerrado – MATOPIBA region (Brazil). *Land Use Policy*, v. 109, 1 out. 2021. DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105713.

PRIST, Paula R. *et al.* Protecting Brazilian Amazon Indigenous territories reduces atmospheric particulates and avoids associated health impacts and costs. *Communications Earth and Environment*, v. 4, n. 1, 2023. DOI: 10.1038/s43247-023-00704-w.

REROLLE, Francois *et al.* Spatio-temporal associations between deforestation and malaria incidence in Lao PDR. *Elife*, v. 10, e56974, 2021. DOI: 10.7554/eLife.56974.

REQUIA, Weeberb J. et al. Association of high ambient temperature with daily hospitalization for cardiorespiratory diseases in Brazil: A national time-series study between 2008 and 2018. *Environmental pollution*, v. 331, p. 121851, 2023. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121851.

REYDON, Bastiaan *et al.* Unclear land rights and deforestation: Pieces of Evidence from Brazilian Reality. *Land*, v. 12, n. 1, 2023. DOI: 10.3390/land12010089.

REZER, Fabiana; BENTO, Lucas Fernandes; FAUSTINO, Wladimir Rodrigues. Caracterização dos acidentes por animais peçonhentos no município de Novo Mundo-MT de 2015 a 2020. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 8, n. 7, p. 174-192, 2022. DOI: doi.org/ 10.51891/rease.v8i7.6328.

RIBEIRO, Maura R. *et al.* Amazon wildfires and respiratory health: impacts during the forest fire season from 2009 to 2019. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 21, n. 6, p. 675, 2024. DOI: 10.3390/ijerph21060675.

RIBEIRO, Mirtes; ANTUNES, Carlos Maurício de Figueiredo. Febre amarela: estudo de um surto. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 42, n. 5, 2009. DOI: 10.1590/S0037-86822009000500009.

RODRIGUES, Maria Gabriela de Almeida *et al.* The role of deforestation on American cutaneous leishmaniasis incidence. *Tropical Medicine & International Health*, v. 24, n. 3, p. 348-355, 2019. DOI: 10.1111/tmi.13196.

ROSA, Marcos R. *et al.* Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. *Science advances*, v. 7, n. 4, eabc4547, 2021. DOI: 10.1126/sciadv.abc4547.

SACCARO, Nilo Luiz; MATION, Lucas Ferreira; SAKOWSKI, Patrícia Alessandra Morita. Impacto do desmatamento sobre a incidência de doenças na Amazônia. *Texto para Discussão*, 2015. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/129913/1/837282837.pdf> . Acesso em: 5 de jun. 2025.

SAKWARI, Gloria *et al.* Dust exposure and chronic respiratory symptoms among coffee curing workers in Kilimanjaro: a cross sectional study. *BMC pulmonary medicine*, v. 11, n. 1, p. 54, 2011. DOI: 10.1186/1471-2466-11-54.

SALINO, Alessandra Valle; RIBEIRO, Glaucia Maria de Araújo. Análise da oferta de hospitais e leitos hospitalares no estado do Amazonas ante a pandemia da Covid-19. *Saúde em Debate*, v. 47, p. 200-214, 2023. DOI: 10.1590/0103-1104202313613.

SANDON, Leonardo *et al.* Association between landscape transformation and the Chagas disease vector dynamics in a rural area with continuous surveillance and control. *Parasites & Vectors*, v. 18, n. 1, p. 203, 2025. DOI: 10.1186/s13071-025-06849-1.

SANO, Edson Eyji *et al.* Características gerais da paisagem do Cerrado. Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções [General characteristics of the Cerrado landscape. In: Agricultural dynamics in the cerrado: analyzes and projections]. Embrapa Cerrados, Brasília, p. 21-37, 2020.

Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Eder-Martins-3/publication/341089705\\_Caracteristicas\\_gerais\\_da\\_paisagem\\_do\\_bioma\\_Cerrado/links/5eac7abd45851592d6b1fce1/Caracteristicas-gerais-da-paisagem-do-bioma-Cerrado.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Eder-Martins-3/publication/341089705_Caracteristicas_gerais_da_paisagem_do_bioma_Cerrado/links/5eac7abd45851592d6b1fce1/Caracteristicas-gerais-da-paisagem-do-bioma-Cerrado.pdf). Acesso em: 18 fev. 2026.

SANDOVAL-RAMÍREZ, Claudia M. et al. Complex ecological interactions across a focus of cutaneous leishmaniasis in Eastern Colombia: novel description of *Leishmania* species, hosts and phlebotomine fauna. *Royal Society Open Science*, v. 7, n. 7, 2020. DOI: 10.1098/rsos.200266.

SANTIKA, Truly et al. Deterioration of respiratory health following changes to land cover and climate in Indonesia. *One Earth*, v. 6, n. 3, p. 290–302, 2023. Disponível em: [https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322\(23\)00092-1](https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322(23)00092-1). Acesso em: 05 out. 2025.

SANTOS, Augusto Seabra. *Os impactos do desmatamento na incidência de malária na Amazônia: uma análise espacial*. [Dissertação]. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP\\_958936a02e63414ef1510e612f01d217](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP_958936a02e63414ef1510e612f01d217). Acesso em: 27 abr. 2025.

SANTOS, Augusto Seabra; ALMEIDA, Alexandre N. The impact of deforestation on malaria infections in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, v. 154, p. 247-256, 2018. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2018.08.005.

SANTOS, Cleber Vinicius Brito os et al. Does deforestation drive visceral leishmaniasis transmission? *Proceedings of the Royal Society B*, v. 288, n. 1957, 2021. DOI: 10.1098/rspb.2021.1537. Acesso em: 05 out. 2022.

SANTOS-CAPIM, L. P. et al. Temporal trend and epidemiological profile of accidents caused by venomous animals in the state of Pará, 2018-2022. *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, 2024. DOI: 10.1590/1519-6984.287326.

SHIKANAI-YASUDA, Maria Aparecida; CARVALHO, Noemia Barbosa. Oral transmission of Chagas disease. *Clinical Infectious Diseases*, v. 54, n. 6, p. 845-852, 2012. DOI: 10.1093/cid/cir956.

SIGSGAARD, Torben et al. Respiratory diseases and allergy in farmers. *Clinical and Translational Allergy*, v. 10, n. 1, p. 29, 2020. DOI: 10.1186/s13601-020-00334-x.

SILVA, Arlindo Ananias Pereira da et al. The fewer, the better fare: Can the loss of vegetation in the Cerrado drive the increase in dengue fever cases infection? *Plos ONE*, v. 17, n. 1, p. 1-16, 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0262473.

SILVA, Brenda Caroline Sampaio et al. Spatiotemporal Dynamics of Dengue in the State of Pará and the Socio-Environmental Determinants in Eastern Brazilian Amazon. *Infectious Disease Reports*, v. 17, n. 4, 1 ago. 2025. DOI: 10.3390/idr17040099.

SILVA, Carlos Fabricio Assunção et al. Deforestation impacts on dengue incidence in the Brazilian Amazon. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 195, n. 5, 2023. DOI: 10.1007/s10661-023-11174-0.

SILVA, Ellen Tayanne Carla da *et al.* Análise espacial da distribuição dos casos de dengue e sua relação com fatores socioambientais no estado da Paraíba, Brasil, 2007-2016. *Saúde em Debate*, v. 44, p. 465-477, 2020. DOI: 10.1590/0103-1104202012514.

SILVA, Franciely Fernanda Barbosa *et al.* Predicting the drivers of Bothrops snakebite incidence across Brazil: A Spatial Analysis. *Toxicon*, v. 250, p. 108107, 2024. DOI: 10.1016/j.toxicon.2024.108107.

SINGER, Burton H.; CASTRO, Marcia Caldas de. Agricultural colonization and malaria on the Amazon frontier. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 954, n. 1, p. 184-222, 2001. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb02753.x.

SMITH, Lauren T. *et al.* Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. *Scientific Reports*, v. 4, n. 1, p. 3726, 2014. DOI: 10.1038/srep03726.

SOARES, Fernanda Moreau de Almeida *et al.* Human visceral leishmaniasis in Brazil in the past 20 years: an epidemiologic update. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 58, p. e0019-2025, 2025. DOI: 10.1590/0037-8682-0019-2025.

SOLIMÕES, Fernando Carlos Ribeiro. *Crescimento vegetativo sazonal de Coffea canephora associado a dois manejos hídricos na Amazônia Sul-Occidental*. 2022. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9206> . Acesso em: 06 jan. 2026.

SOUSA JÚNIOR, Alcinês da Silva *et al.* Análise espaço-temporal da doença de Chagas e seus fatores de risco ambientais e demográficos no município de Barcarena, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 20, n. 4, p. 742-755, 2017. DOI: 10.1590/1980-5497201700040015.

SOUZA, Rita de Cássia Moreira de *et al.* Chagas disease in the context of the 2030 agenda: global warming and vectors. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 117, e200479, 2022. DOI: 10.1590/0074-02760200479.

SOUZA, Sócrates Siqueira de; SILVA, Ionizete Garcia da; SILVA, Heloísa Helena Garcia da. Associação entre incidência de dengue, pluviosidade e densidade larvária de *Aedes aegypti*, no Estado de Goiás. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 43, p. 152-155, 2010. DOI: 10.1590/S0037-86822010000200009.

TAPIA-GARAY, Valentina *et al.* Assessing the risk zones of Chagas' disease in Chile, in a world marked by global climatic change. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 113, n. 1, p. 24-29, 2018. DOI: 10.1590/0074-02760170172.

TEMPONI, Andrea Oliveira Dias *et al.* Ocorrência de casos de leishmaniose tegumentar americana: uma análise multivariada dos circuitos espaciais de produção, Minas Gerais, Brasil, 2007 a 2011. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 34, p. e00165716, 2018. DOI: 10.1590/0102-311X00165716.

TERRAZAS, Wagner Cosme Morhy *et al.* Deforestation, drainage network, indigenous status, and geographical differences of malaria in the State of Amazonas. *Malaria Journal*, v. 14, n. 1,

30 set. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12936-015-0859-0> . Acesso em: 20 jul. 2025.

TESTA, Augusto. *Desbravamento de terras incultas; estudo do desmatamento com lâmina cortadora de árvores e com correntão*. 1972. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/0/tde-20240301-144542/en.php>. Acesso em: 20 out. 2025.

TRANCOSO, Ralph. Changing Amazon deforestation patterns: Urgent need to restore command and control policies and market interventions. *Environmental Research Letters*, v. 16, n. 4, 041004, 2021. DOI: 10.1088/1748-9326/abee4c.

TUCKER LIMA, Joanna M. *et al.* Does deforestation promote or inhibit malaria transmission in the Amazon? A systematic literature review and critical appraisal of current evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. v. 372, 2017. DOI: 10.1098/rstb.2016.0125.

VALLE, Denis; CLARK, James. Conservation Efforts May Increase Malaria Burden in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE*, v. 8, n. 3, 6 mar. 2013. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0057519> . Acesso em: 5 jul. 2025.

VALLE, Denis; TUCKER LIMA, Joanna M. Large-scale drivers of malaria and priority areas for prevention and control in the Brazilian Amazon region using a novel multi-pathogen geospatial model. *Malaria Journal*, v. 13, n. 1, 2014. Disponível em: <http://www.malariajournal.com/content/13/1/443>. Acesso em: 18 jul. 2025.

VIANA, Rosana Lima; FREITAS, Carlos Machado de; GIATTI, Leandro Luiz. Saúde ambiental e desenvolvimento na Amazônia legal: indicadores socioeconômicos, ambientais e sanitários, desafios e perspectivas. *Saúde e Sociedade*, v. 25, p. 233-246, 2016. DOI: 10.1590/S0104-12902016140843.

WILK DA SILVA, Ramon *et al.* The influence of landscape structure on the dispersal pattern of yellow fever virus in the state of São Paulo. *Acta tropica*, v. 228, p. 106333, 2022. DOI: 10.1016/j.actatropica.2022.106333.

WILKE, André B. B. *et al.* Human migrations, anthropogenic changes, and insect-borne diseases in Latin America. *Parasites & Vectors*. 2025. DOI: 10.1186/s13071-024-06598-7.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *ICD-10 Browser (Version 2019) — Chapter X: Diseases of the respiratory system (J00–J99)*. Geneva: WHO, 2019. Disponível em: <https://icd.who.int/browse10/2019/en#/J00-J99>. Acesso em: 18 set. 2025.

ZHANG, Wancheng *et al.* A study of the correlation between meteorological factors and hospitalization for acute lower respiratory infections in children. *BMC Public Health*, v. 24, n. 1, p. 3135, 2024. DOI: 10.1186/s12889-024-20619-1.

### APÊNDICE A – Estatísticas descritivas - Amazônia

| <b>Variável</b>        | <b>N</b> | <b>Média</b> | <b>DP</b> | <b>Min.</b> | <b>Máx.</b> |
|------------------------|----------|--------------|-----------|-------------|-------------|
| <i>malária</i>         | 7028     | 14,69        | 52,31     | 0,00        | 1101,41     |
| <i>dengue</i>          | 7028     | 2,00         | 7,07      | 0,00        | 32845       |
| <i>Chagas</i>          | 7028     | 0,01         | 0,05      | 0,00        | 1,38        |
| <i>FA_leish</i>        | 7028     | 0,94         | 1,53      | 0,00        | 21,84       |
| <i>respiratório</i>    | 7028     | 7,13         | 6,48      | 0,00        | 80,44       |
| <i>acid_animais</i>    | 7028     | 1,22         | 1,30      | 0,00        | 15,35       |
| <i>desmatamento</i>    | 7028     | 102,54       | 286,06    | 0,00        | 5786,57     |
| <i>temperatura</i>     | 7028     | 26,67        | 0,90      | 23,40       | 29,88       |
| <i>precipitação</i>    | 7028     | 1783,26      | 563,08    | 615,81      | 4649,21     |
| <i>agric_diversas</i>  | 7028     | 1,51         | 3,69      | 0,00        | 55,08       |
| <i>café</i>            | 7028     | 0,09         | 0,50      | 0,00        | 7,14        |
| <i>mandioca</i>        | 7028     | 0,52         | 1,14      | 0,00        | 17,48       |
| <i>soja</i>            | 7028     | 1,37         | 5,33      | 0,00        | 65,75       |
| <i>pecuária</i>        | 7028     | 38,66        | 44,41     | 0,00        | 225,78      |
| <i>PIB_pc</i>          | 7028     | 18726,86     | 19985,52  | 3226,78     | 650014,60   |
| <i>água_encanada</i>   | 7028     | 49,64        | 22,50     | 0,02        | 97,58       |
| <i>esgoto_adequado</i> | 7028     | 19,31        | 15,49     | 0,12        | 85,57       |
| <i>paredes_revest</i>  | 7028     | 41,91        | 20,43     | 0,00        | 90,84       |
| <i>médicos</i>         | 7028     | 1,04         | 0,84      | 0,00        | 9,27        |
| <i>leitões</i>         | 7028     | 5,99         | 24,89     | 0,00        | 578,78      |
| <i>educ_alfab</i>      | 7028     | 81,29        | 8,45      | 46,95       | 97,05       |
| <i>pop_rural</i>       | 7028     | 43,14        | 18,67     | 0,25        | 95,82       |
| <i>dens_pop</i>        | 7028     | 33,39        | 174,83    | 0,03        | 2835,46     |

**Fonte:** Elaboração própria a partir do BRASIL. Ministério da Saúde, 2025a-e; IBGE (2003, 2012, 2023, 2024a-d, 2025a-c); MapBiomas (2025); NASA (2025).

### APÊNDICE B – Estatísticas descritivas - Caatinga

| Variável               | N     | Média    | DP      | Min.   | Máx.    |
|------------------------|-------|----------|---------|--------|---------|
| <i>malaria</i>         | 15330 | 0,00     | 0,00    | 0,00   | 0,33    |
| <i>dengue</i>          | 15330 | 1,45     | 4,92    | 0,00   | 128,01  |
| <i>Chagas</i>          | 15330 | 0,00     | 0,01    | 0,00   | 1,06    |
| <i>FA_leish</i>        | 15330 | 0,08     | 0,30    | 0,00   | 8,14    |
| <i>respiratório</i>    | 15330 | 6,43     | 7,40    | 0,00   | 117,32  |
| <i>acid_animais</i>    | 15330 | 1,11     | 1,92    | 0,00   | 44,73   |
| <i>desmatamento</i>    | 15330 | 0,54     | 2,29    | 0,00   | 43,43   |
| <i>temperatura</i>     | 15330 | 26,20    | 1,55    | 21,03  | 29,81   |
| <i>precipitação</i>    | 15330 | 736,81   | 262,89  | 134,14 | 1989,77 |
| <i>agric_diversas</i>  | 15330 | 358      | 5,79    | 0,00   | 99,34   |
| <i>café</i>            | 15330 | 0,08     | 0,75    | 0,00   | 18,56   |
| <i>mandioca</i>        | 15330 | 0,69     | 2,04    | 0,00   | 47,69   |
| <i>soja</i>            | 15330 | 0,00     | 0,10    | 0,00   | 4,29    |
| <i>pecuaria</i>        | 15330 | 24,89    | 20,26   | 0,23   | 216,55  |
| <i>PIB_pc</i>          | 15330 | 11331,37 | 7942,40 | 483,78 | 169398  |
| <i>água_encanada</i>   | 15330 | 64,62    | 19,55   | 0,00   | 98,88   |
| <i>esgoto_adequado</i> | 15302 | 30,98    | 22,37   | 0,06   | 97,33   |
| <i>paredes_revest</i>  | 15326 | 86,81    | 8,45    | 31,30  | 99,90   |
| <i>médicos</i>         | 15330 | 1,29     | 0,98    | 0,00   | 14,35   |
| <i>leitões</i>         | 15330 | 8,43     | 37,85   | 0,00   | 1001,28 |
| <i>educ_alfab</i>      | 15330 | 73,19    | 6,61    | 49,30  | 94,49   |
| <i>pop_rural</i>       | 15328 | 45,47    | 17,96   | 0,00   | 91,42   |
| <i>dens_pop</i>        | 15330 | 60,81    | 273,86  | 1,41   | 8654,92 |

**Fonte:** Elaboração própria a partir do BRASIL. Ministério da Saúde, 2025a-e; IBGE (2003, 2012, 2023, 2024a-d, 2025a-c); MapBiomias (2025); NASA (2025).

**APÊNDICE C – Estatísticas descritivas - Cerrado**

| <b>Variável</b>        | <b>N</b> | <b>Média</b> | <b>DP</b> | <b>Min.</b> | <b>Máx.</b> |
|------------------------|----------|--------------|-----------|-------------|-------------|
| <i>malaria</i>         | 14840    | 0,01         | 0,19      | 0,00        | 9,57        |
| <i>dengue</i>          | 14840    | 3,23         | 8,50      | 0,00        | 169,55      |
| <i>Chagas</i>          | 14840    | 0,00         | 0,03      | 0,00        | 2,53        |
| <i>FA_leish</i>        | 14840    | 0,28         | 0,76      | 0,00        | 32,76       |
| <i>respiratorios</i>   | 14840    | 7,60         | 17,27     | 0,00        | 1948,35     |
| <i>acid_animais</i>    | 14840    | 1,76         | 4,09      | 0,00        | 418,00      |
| <i>desmatamento</i>    | 14840    | 8,37         | 24,13     | 0,00        | 521,66      |
| <i>temperatura</i>     | 14840    | 25,01        | 2,40      | 17,43       | 30,34       |
| <i>precipitação</i>    | 14840    | 1171,89      | 299,68    | 338,28      | 2528,91     |
| <i>agric_diversas</i>  | 14839    | 6,66         | 11,62     | 0,00        | 100,89      |
| <i>café</i>            | 14839    | 0,46         | 2,41      | 0,00        | 47,19       |
| <i>mandioca</i>        | 14839    | 0,19         | 0,58      | 0,00        | 12,39       |
| <i>soja</i>            | 14839    | 4,46         | 9,28      | 0,00        | 75,95       |
| <i>pecuaria</i>        | 14839    | 45,59        | 37,04     | 0,45        | 299,13      |
| <i>PIB_pc</i>          | 14840    | 27572,72     | 27739,17  | 537,14      | 448843,06   |
| <i>água_encanada</i>   | 14840    | 72,64        | 15,46     | 4,42        | 99,34       |
| <i>esgoto_adequado</i> | 14796    | 39,66        | 30,98     | 0,01        | 99,70       |
| <i>paredes_revest</i>  | 14838    | 78,03        | 16,20     | 5,81        | 99,84       |
| <i>médicos</i>         | 14840    | 2,07         | 17,60     | 0,00        | 2134,26     |
| <i>leitos</i>          | 14840    | 13,14        | 127,68    | 0,00        | 14230,18    |
| <i>educ_alfab</i>      | 14840    | 84,13        | 8,99      | 46,97       | 97,81       |
| <i>pop_rural</i>       | 14803    | 30,33        | 19,04     | 0,00        | 86,49       |
| <i>dens_pop</i>        | 14840    | 40,59        | 297,57    | 0,19        | 28625,00    |

**Fonte:** Elaboração própria a partir do BRASIL. Ministério da Saúde, 2025a-e; IBGE (2003, 2012, 2023, 2024a-d, 2025a-c); MapBiomias (2025); NASA (2025).

**APÊNDICE D – Estatísticas descritivas - Mata Atlântica**

| <b>Variável</b>        | <b>N</b> | <b>Média</b> | <b>DP</b> | <b>Min.</b> | <b>Máx.</b> |
|------------------------|----------|--------------|-----------|-------------|-------------|
| <i>malária</i>         | 38346    | 0,00         | 0,07      | 0,00        | 12,43       |
| <i>dengue</i>          | 38346    | 2,38         | 9,18      | 0,00        | 212,67      |
| <i>Chagas</i>          | 38346    | 0,00         | 0,00      | 0,00        | 0,11        |
| <i>FA_leish</i>        | 38346    | 0,09         | 0,60      | 0,00        | 30,90       |
| <i>respiratório</i>    | 38346    | 9,34         | 7,54      | 0,00        | 88,09       |
| <i>acid_animais</i>    | 38346    | 1,98         | 2,51      | 0,00        | 70,14       |
| <i>desmatamento</i>    | 38346    | 1,64         | 4,51      | 0,00        | 154,05      |
| <i>temperatura</i>     | 38346    | 21,54        | 2,60      | 14,23       | 27,47       |
| <i>precipitação</i>    | 38346    | 1312,19      | 352,62    | 377,52      | 2704,27     |
| <i>agric_diversas</i>  | 38346    | 13,43        | 18,02     | 0,00        | 173,48      |
| <i>café</i>            | 38346    | 1,54         | 5,13      | 0,00        | 59,53       |
| <i>mandioca</i>        | 38346    | 0,52         | 1,36      | 0,00        | 34,65       |
| <i>soja</i>            | 38346    | 8,02         | 16,56     | 0,00        | 164,65      |
| <i>pecuária</i>        | 37875    | 48,94        | 32,87     | 0,00        | 260,80      |
| <i>PIB_pc</i>          | 38346    | 31830,64     | 32935,11  | 4944,74     | 1320176,23  |
| <i>água_encanada</i>   | 38346    | 74,45        | 17,37     | 1,13        | 99,99       |
| <i>esgoto_adequado</i> | 38304    | 61,06        | 27,92     | 0,27        | 99,97       |
| <i>paredes_revest</i>  | 38335    | 77,71        | 18,94     | 5,20        | 99,85       |
| <i>médicos</i>         | 38346    | 2,81         | 2,45      | 0,00        | 63,34       |
| <i>leitões</i>         | 38346    | 17,32        | 57,09     | 0,00        | 1899,05     |
| <i>educ_alfab</i>      | 38346    | 89,00        | 7,68      | 48,42       | 99,09       |
| <i>pop_rural</i>       | 38304    | 29,59        | 21,19     | 0,00        | 91,80       |
| <i>dens_pop</i>        | 38346    | 181,08       | 819,20    | 1,85        | 14593,29    |

**Fonte:** Elaboração própria a partir do BRASIL. Ministério da Saúde, 2025a-e; IBGE (2003, 2012, 2023, 2024a-d, 2025a-c); MapBiomas (2025); NASA (2025).

### APÊNDICE E – Estatísticas descritivas - Pampa

| Variável               | N    | Média    | DP       | Min.    | Máx.      |
|------------------------|------|----------|----------|---------|-----------|
| <i>malária</i>         | 2226 | 0,00     | 0,00     | 0,00    | 0,04      |
| <i>dengue</i>          | 2226 | 0,07     | 1,47     | 0,00    | 54,76     |
| <i>Chagas</i>          | 2226 | 0,00     | 0,00     | 0,00    | 0,01      |
| <i>FA_leish</i>        | 2226 | 0,00     | 0,02     | 0,00    | 0,41      |
| <i>respiratória</i>    | 2226 | 9,80     | 5,84     | 0,27    | 45,64     |
| <i>acid_animais</i>    | 2226 | 0,60     | 0,87     | 0,00    | 9,18      |
| <i>desmatamento</i>    | 2226 | 4,77     | 10,35    | 0,00    | 144,16    |
| <i>temperatura</i>     | 2226 | 18,77    | 0,97     | 16,37   | 22,12     |
| <i>precipitacao</i>    | 2226 | 1514,65  | 292,35   | 894,69  | 2569,32   |
| <i>agric_diversas</i>  | 2226 | 7,84     | 6,26     | 0,00    | 37,02     |
| <i>café</i>            | 2226 | 0,00     | 0,00     | 0,00    | 0,00      |
| <i>mandioca</i>        | 2226 | 0,23     | 0,36     | 0,00    | 2,13      |
| <i>soja</i>            | 2226 | 24,67    | 25,01    | 0,00    | 80,33     |
| <i>pecuária</i>        | 2226 | 43,03    | 22,44    | 0,22    | 132,27    |
| <i>PIB_pc</i>          | 2226 | 42056,37 | 34191,24 | 9572,03 | 488544,66 |
| <i>água_encanada</i>   | 2226 | 73,41    | 20,68    | 4,57    | 99,35     |
| <i>esgoto_adequado</i> | 2226 | 57,58    | 25,91    | 1,50    | 98,23     |
| <i>paredes_revest</i>  | 2226 | 64,00    | 14,10    | 10,50   | 94,78     |
| <i>médicos</i>         | 2226 | 3,10     | 2,41     | 0,00    | 22,05     |
| <i>leitões</i>         | 2226 | 18,80    | 47,46    | 0,00    | 527,31    |
| <i>educ_alfab</i>      | 2226 | 93,44    | 2,67     | 79,25   | 98,33     |
| <i>pop_rural</i>       | 2199 | 34,01    | 25,00    | 0,00    | 94,75     |
| <i>dens_pop</i>        | 2226 | 120,64   | 496,30   | 1,40    | 3043,68   |

**Fonte:** Elaboração própria a partir do BRASIL. Ministério da Saúde, 2025a-e; IBGE (2003, 2012, 2023, 2024a-d, 2025a-c); MapBiomias (2025); NASA (2025).

**APÊNDICE F – Estatísticas descritivas - Pantanal**

| <b>Variável</b>        | <b>N</b> | <b>Média</b> | <b>DP</b> | <b>Min.</b> | <b>Máx.</b> |
|------------------------|----------|--------------|-----------|-------------|-------------|
| <i>malaria</i>         | 126      | 0,01         | 0,02      | 0,00        | 0,16        |
| <i>dengue</i>          | 126      | 3,84         | 8,18      | 0,00        | 57,20       |
| <i>Chagas</i>          | 126      | 0,00         | 0,00      | 0,00        | 0,00        |
| <i>FA_Leish</i>        | 126      | 0,21         | 0,21      | 0,00        | 1,37        |
| <i>respiratório</i>    | 126      | 7,03         | 4,30      | 1,00        | 22,66       |
| <i>acid_animais</i>    | 126      | 1,01         | 0,66      | 0,13        | 3,74        |
| <i>desmatamento</i>    | 126      | 16,74        | 17,30     | 0,00        | 73,11       |
| <i>temperatura</i>     | 126      | 27,38        | 1,07      | 25,09       | 29,34       |
| <i>precipitacao</i>    | 126      | 1022,22      | 237,46    | 398,52      | 1731,65     |
| <i>agric_diversas</i>  | 126      | 0,27         | 0,46      | 0,00        | 1,91        |
| <i>café</i>            | 126      | 0,00         | 0,00      | 0,00        | 0,00        |
| <i>mandioca</i>        | 126      | 0,03         | 0,04      | 0,00        | 0,21        |
| <i>soja</i>            | 126      | 0,48         | 0,81      | 0,00        | 3,89        |
| <i>pecuária</i>        | 126      | 38,59        | 15,82     | 12,67       | 76,18       |
| <i>PIB_pc</i>          | 126      | 22553,61     | 7167,48   | 9067,48     | 43278,66    |
| <i>água_encanada</i>   | 126      | 73,63        | 16,92     | 12,67       | 76,18       |
| <i>esgoto_adequado</i> | 126      | 38,24        | 23,91     | 3,81        | 84,75       |
| <i>paredes_revest</i>  | 126      | 74,68        | 6,41      | 57,20       | 89,50       |
| <i>médicos</i>         | 126      | 2,45         | 1,45      | 0,51        | 5,46        |
| <i>leitos</i>          | 126      | 2,74         | 0,94      | 0,57        | 5,05        |
| <i>educ_alfab</i>      | 126      | 88,23        | 4,39      | 75,80       | 95,52       |
| <i>pop_rural</i>       | 126      | 25,59        | 17,64     | 2,97        | 61,83       |
| <i>dens_pop</i>        | 126      | 8,50         | 18,58     | 0,66        | 67,86       |

**Fonte:** Elaboração própria a partir do BRASIL. Ministério da Saúde, 2025a-e; IBGE (2003, 2012, 2023, 2024a-d, 2025a-c); MapBiomas (2025); NASA (2025).

### APÊNDICE G – Resultados das estimações para malária (2008-2019)

|                        | Brasil                         | Amazônia                       | Cerrado                       |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <i>desmatamento</i>    | <b>-0.0231</b> ***<br>(0.0065) | <b>-0.0179</b> ***<br>(0.0044) | 0.0001<br>(0.0006)            |
| <i>temperatura</i>     | 0.1574<br>(0.1749)             | 0.5781<br>(1.6913)             | 0.0192<br>(0.0120)            |
| <i>precipitação</i>    | 0.0004<br>(0.0003)             | -0.0007<br>(0.0010)            | <b>0.0000</b> *<br>(0.0000)   |
| <i>agric_diversas</i>  | <b>-0.0122</b> **<br>(0.0029)  | <b>-0.5875</b> ***<br>(0.1672) | -0.0006<br>(0.0004)           |
| <i>café</i>            | <b>0.0256</b> *<br>(0.0136)    | <b>3.3873</b> ***<br>(0.9392)  | 0.0001<br>(0.0002)            |
| <i>mandioca</i>        | <b>-0.1037</b> ***<br>(0.0230) | <b>-1.1232</b> *<br>(0.5358)   | 0.0104<br>(0.0059)            |
| <i>soja</i>            | 0.0056<br>(0.0059)             | <b>0.4931</b> *<br>(0.2679)    | -0.0002<br>(0.0003)           |
| <i>pecuária</i>        | <b>-0.0057</b> ***<br>(0.0017) | 0.0305<br>(0.0293)             | -0.0000<br>(0.0001)           |
| <i>PIB_pc</i>          | 0.0000<br>(0.0000)             | -0.0000<br>(0.0000)            | -0.0000<br>(0.0000)           |
| <i>água_encanada</i>   | 0.0285<br>(0.0167)             | <b>0.3531</b> *<br>(0.1605)    | <b>-0.0017</b> *<br>(0.0008)  |
| <i>esgoto_adequado</i> | <b>0.0360</b> ***<br>(0.0073)  | <b>0.1446</b> ***<br>(0.0277)  | -0.0001<br>(0.0002)           |
| <i>paredes_revest</i>  | <b>-0.0741</b> ***<br>(0.0175) | <b>0.1870</b> *<br>(0.0920)    | <b>-0.0019</b> **<br>(0.0007) |
| <i>médicos</i>         | -0.0736<br>(0.0516)            | 0.1527<br>(1.9468)             | -0.0026<br>(0.0032)           |
| <i>leitos</i>          | -0.0064**<br>(0.0021)          | -0.2685<br>(0.1585)            | -0.0001<br>(0.0000)           |
| <i>educ_alfab</i>      | <b>-0.4692</b> ***<br>(0.1089) | <b>-2.1247</b> ***<br>(0.3932) | <b>-0.0054</b> *<br>(0.0027)  |
| <i>pop_rural</i>       | -0.0090<br>(0.0189)            | 0.1978<br>(0.1138)             | <b>-0.0011</b> *<br>(0.0006)  |
| <i>dens_pop</i>        | 0.0002<br>(0.0006)             | <b>0.0182</b> **<br>(0.0070)   | <b>0.0000</b> **<br>(0.0000)  |
| Num. Obs.              | 66152                          | 6006                           | 12653                         |
| R <sup>2</sup>         | 0,0175                         | 0,0459                         | 0,0139                        |

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

**APÊNDICE H – Resultados das estimações para dengue (2008-2019)**

|                       | Brasil                                    | Amazônia                                  | Caatinga                                 | Cerrado                                   | Mata Atlântica                            |
|-----------------------|---|---|--|---|---|
| <i>desmatamento</i>   | <b>-0.0025</b> <sup>***</sup><br>(0.0008) | 0.0001<br>(0.0004)                        | 0.0113<br>(0.0209)                       | -0.0077<br>(0.0044)                       | <b>-0.1138</b> <sup>**</sup><br>(0.0517)  |
| <i>temperatura</i>    | 0.7522<br>(0.6015)                        | -0.7765<br>(0.6508)                       | 0.3799<br>(0.4169)                       | 0.4703<br>(0.8173)                        | 1.5944<br>(1.0166)                        |
| <i>precipitação</i>   | 0.0015<br>(0.0012)                        | 0.0002<br>(0.0005)                        | -0.0006<br>(0.0009)                      | <b>0.0049</b> <sup>**</sup><br>(0.0021)   | 0.0012<br>(0.0015)                        |
| <i>agric_diversas</i> | 0.0396<br>(0.0278)                        | <b>-0.1578</b> <sup>*</sup><br>(0.0869)   | 0.0442<br>(0.0247)                       | <b>-0.0464</b> <sup>**</sup><br>(0.0183)  | 0.0447<br>(0.0302)                        |
| <i>café</i>           | -0.0438<br>(0.0333)                       | <b>0.8082</b> <sup>*</sup><br>(0.4263)    | <b>-0.2698</b> <sup>**</sup><br>(0.0912) | 0.0490<br>(0.1219)                        | <b>-0.0700</b> <sup>*</sup><br>(0.0387)   |
| <i>mandioca</i>       | 0.0466<br>(0.0410)                        | -0.1152<br>(0.0698)                       | -0.0199<br>(0.0202)                      | 0.0261<br>(0.1438)                        | 0.0562<br>(0.0656)                        |
| <i>soja</i>           | -0.0035<br>(0.0298)                       | 0.0886<br>(0.0518)                        | -0.1865<br>(0.4451)                      | <b>-0.0656</b> <sup>*</sup><br>(0.0327)   | 0.0028<br>(0.0375)                        |
| <i>pecuária</i>       | <b>-0.0204</b> <sup>***</sup><br>(0.0042) | <b>-0.0406</b> <sup>**</sup><br>(0.0180)  | <b>-0.0198</b> <sup>**</sup><br>(0.0082) | 0.0065<br>(0.0114)                        | <b>-0.0243</b> <sup>***</sup><br>(0.0061) |
| <i>PIB_pc</i>         | 0.000002<br>(0.0000)                      | <b>0.00002</b> <sup>*</sup><br>(0.0000)   | <b>0.00003</b> <sup>*</sup><br>(0.0000)  | 0.000008<br>(0.0000)                      | -0.000003<br>(0.0000)                     |
| <i>água_encanada</i>  | <b>-0.0464</b> <sup>**</sup><br>(0.0195)  | <b>-0.0333</b> <sup>*</sup><br>(0.0174)   | <b>-0.0261</b> <sup>*</sup><br>(0.0144)  | <b>-0.1001</b> <sup>***</sup><br>(0.0261) | -0.0454<br>(0.0335)                       |
| <i>esgoto_adequad</i> | <b>-0.0095</b> <sup>**</sup><br>(0.0040)  | -0.0034<br>(0.0095)                       | -0.0073<br>(0.0051)                      | 0.0156<br>(0.0096)                        | <b>-0.0178</b> <sup>**</sup><br>(0.0073)  |
| <i>paredes_revest</i> | <b>-0.0520</b> <sup>**</sup><br>(0.0169)  | -0.0324<br>(0.0292)                       | 0.0052<br>(0.0107)                       | <b>-0.0990</b> <sup>***</sup><br>(0.0246) | -0.0248<br>(0.0253)                       |
| <i>médicos</i>        | 0.1575<br>(0.0884)                        | -0.0874<br>(0.3330)                       | -0.0633<br>(0.0700)                      | <b>0.3630</b> <sup>*</sup><br>(0.1929)    | 0.1229<br>(0.0748)                        |
| <i>leitos</i>         | -0.0066<br>(0.0045)                       | 0.0298<br>(0.0216)                        | 0.0004<br>(0.0069)                       | -0.0175<br>(0.0115)                       | -0.0054<br>(0.0034)                       |
| <i>educ_alfab</i>     | -0.2225<br>(0.1424)                       | <b>0.5341</b> <sup>***</sup><br>(0.0886)  | <b>0.2303</b> <sup>***</sup><br>(0.0570) | -0.1117<br>(0.1870)                       | -0.2027<br>(0.1591)                       |
| <i>pop_rural</i>      | <b>-0.0270</b> <sup>**</sup><br>(0.0100)  | <b>-0.0788</b> <sup>***</sup><br>(0.0215) | -0.0105<br>(0.0112)                      | <b>-0.0513</b> <sup>*</sup><br>(0.0252)   | -0.0019<br>(0.0158)                       |
| <i>dens_pop</i>       | 0.0007<br>(0.0011)                        | <b>0.0129</b> <sup>**</sup><br>(0.0042)   | <b>-0.0064</b> <sup>**</sup><br>(0.0025) | <b>0.0279</b> <sup>***</sup><br>(0.0040)  | <b>-0.0022</b> <sup>*</sup><br>(0.0011)   |
| Num. Obs.             | 66152                                     | 6006                                      | 13110                                    | 12653                                     | 32388                                     |
| R <sup>2</sup>        | 0,0473                                    | 0,0477                                    | 0,0254                                   | 0,0884                                    | 0,0706                                    |

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll-Kraay entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

**APÊNDICE I – Resultados das estimações para febre amarela e leishmaniose  
(2008-2019)**

|                       | Brasil                                    | Amazônia                                    | Caatinga                                  | Cerrado                                   | Mata Atlântica                                  |
|-----------------------|---|---|---|---|---|
| <i>desmatamento</i>   | <b>-0.0007</b> <sup>***</sup><br>(0.0001) | <b>-0.0004</b> <sup>**</sup><br>(0.0001)    | -0.0038<br>(0.0031)                       | <b>-0.0034</b> <sup>***</sup><br>(0.0007) | <b>-0.0128</b> <sup>***</sup><br>(0.0026)       |
| <i>temperatura</i>    | <b>-0.0313</b> <sup>*</sup><br>(0.0147)   | -0.0029<br>(0.0619)                         | <b>-0.0220</b> <sup>**</sup><br>(0.0085)  | -0.0607<br>(0.0364)                       | -0.0013<br>(0.0168)                             |
| <i>precipitação</i>   | <b>-0.00003</b> <sup>*</sup><br>(0.00002) | -0.00002<br>(0.0001)                        | <b>-0.0001</b> <sup>**</sup><br>(0.00002) | -0.0001<br>(0.0001)                       | <b>-0.00004</b> <sup>*</sup><br>(0.00002)       |
| <i>agric_diversas</i> | <b>-0.0020</b> <sup>***</sup><br>(0.0006) | -0.0171<br>(0.0189)                         | 0.0003<br>(0.0004)                        | <b>-0.0025</b> <sup>**</sup><br>(0.0009)  | <b>-0.0013</b> <sup>***</sup><br>(0.0004)       |
| <i>café</i>           | 0.0006<br>(0.0025)                        | -0.0339<br>(0.0275)                         | <b>0.0907</b> <sup>***</sup><br>(0.0289)  | -0.0017<br>(0.0015)                       | -0.0018<br>(0.0025)                             |
| <i>mandioca</i>       | <b>0.0083</b> <sup>**</sup><br>(0.0028)   | 0.0092<br>(0.0102)                          | 0.0002<br>(0.0005)                        | -0.0049<br>(0.0089)                       | <b>0.0203</b> <sup>**</sup><br>(0.0065)         |
| <i>soja</i>           | <b>-0.0034</b> <sup>**</sup><br>(0.0012)  | <b>-0.0944</b> <sup>***</sup><br>(0.0257)   | 0.0248<br>(0.0185)                        | -0.0041<br>(0.0023)                       | -0.00004<br>(0.0006)                            |
| <i>pecuária</i>       | <b>-0.0004</b> <sup>**</sup><br>(0.0002)  | 0.0008<br>(0.0015)                          | <b>-0.0006</b> <sup>*</sup><br>(0.0003)   | -0.0009<br>(0.0005)                       | -0.0000<br>(0.0002)                             |
| <i>PIB_pc</i>         | 0.00000004<br>(0.0000001)                 | <b>0.000002</b> <sup>**</sup><br>(0.000001) | -0.0000003<br>(0.0000004)                 | -0.00000003<br>(0.0000004)                | <b>0.00000007</b> <sup>**</sup><br>(0.00000003) |
| <i>água_encanada</i>  | <b>0.0007</b> <sup>*</sup><br>(0.0004)    | -0.0010<br>(0.0045)                         | 0.0007<br>(0.0008)                        | <b>0.0061</b> <sup>**</sup><br>(0.0023)   | -0.0006<br>(0.0004)                             |
| <i>esgoto_adequad</i> | <b>-0.0006</b> <sup>***</sup><br>(0.0002) | -0.0014<br>(0.0016)                         | <b>-0.0009</b> <sup>***</sup><br>(0.0002) | -0.0004<br>(0.0005)                       | -0.0001<br>(0.0004)                             |
| <i>paredes_revest</i> | <b>-0.0057</b> <sup>***</sup><br>(0.0011) | 0.0013<br>(0.0045)                          | <b>0.0012</b> <sup>**</sup><br>(0.0005)   | <b>-0.0097</b> <sup>***</sup><br>(0.0023) | <b>-0.0024</b> <sup>***</sup><br>(0.0008)       |
| <i>médicos</i>        | <b>0.0046</b> <sup>**</sup><br>(0.0018)   | <b>0.0927</b> <sup>***</sup><br>(0.0234)    | 0.0107<br>(0.0084)                        | 0.0018<br>(0.0035)                        | 0.0005<br>(0.0012)                              |
| <i>leitos</i>         | 0.0002<br>(0.0001)                        | 0.0022<br>(0.0041)                          | 0.0001<br>(0.0002)                        | 0.0003<br>(0.0005)                        | 0.00004<br>(0.0001)                             |
| <i>educ_alfab</i>     | <b>-0.0194</b> <sup>***</sup><br>(0.0039) | <b>0.0169</b> <sup>*</sup><br>(0.0090)      | -0.0032<br>(0.0027)                       | -0.0037<br>(0.0069)                       | <b>-0.0322</b> <sup>***</sup><br>(0.0063)       |
| <i>pop_rural</i>      | <b>-0.0029</b> <sup>***</sup><br>(0.0004) | <b>-0.0123</b> <sup>***</sup><br>(0.0039)   | -0.0003<br>(0.0003)                       | <b>-0.0051</b> <sup>**</sup><br>(0.0017)  | -0.0014<br>(0.0009)                             |
| <i>dens_pop</i>       | -0.00002<br>(0.00002)                     | <b>0.0011</b> <sup>**</sup><br>(0.0005)     | <b>-0.0002</b> <sup>***</sup><br>(0.0001) | 0.0001<br>(0.0002)                        | <b>-0.0001</b> <sup>**</sup><br>(0.00003)       |
| Num. Obs.             | 66152                                     | 6006  | 13110                                     | 12653                                     | 32388   |
| R <sup>2</sup>        | 0,0150                                    | 0,0722                                      | 0,0283                                    | 0,0211                                    | 0,0178  |

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

**APÊNDICE J – Resultados das estimações para doenças respiratórias (2008-2019)**

|                       | Brasil                            | Amazônia                      | Caatinga                     | Cerrado                          | M Atlântica                       | Pampa                         | Pantanal                     |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| <i>desmatamento</i>   | <b>-0.0003*</b><br>(0.0002)       | <b>-0.0006***</b><br>(0.0001) | 0.0266<br>(0.0241)           | <b>0.0191***</b><br>(0.0031)     | 0.0354<br>(0.0208)                | <b>-0.0540***</b><br>(0.0119) | <b>0.1695**</b><br>(0.0739)  |
| <i>temperatura</i>    | <b>-0.4064***</b><br>(0.0674)     | <b>-0.6374**</b><br>(0.2346)  | -0.6291<br>(0.4345)          | -0.1490<br>(0.1804)              | <b>-0.3279**</b><br>(0.1365)      | -0.3879<br>(0.3338)           | -0.7259<br>(1.0762)          |
| <i>precipitação</i>   | <b>-0.0006***</b><br>(0.0001)     | <b>-0.0008***</b><br>(0.0001) | -0.0011<br>(0.0009)          | 0.0001<br>(0.0002)               | <b>-0.0007***</b><br>(0.0001)     | -0.0003<br>(0.0005)           | 0.0012<br>(0.0023)           |
| <i>agric_diversas</i> | <b>-0.0144***</b><br>(0.0035)     | 0.0192<br>(0.0702)            | 0.0161<br>(0.0125)           | -0.0044<br>(0.0134)              | <b>-0.0239***</b><br>(0.0041)     | <b>-0.1464***</b><br>(0.0458) | 3.6740<br>(2.0840)           |
| <i>café</i>           | 0.0079<br>(0.0292)                | -0.3760<br>(0.2459)           | -0.0275<br>(0.0810)          | <b>0.1924***</b><br>(0.0533)     | -0.0035<br>(0.0318)               | 0.0000<br>(.)                 | 0.0000<br>(.)                |
| <i>mandioca</i>       | 0.0135<br>(0.0168)                | <b>0.3652***</b><br>(0.0966)  | <b>-0.0360**</b><br>(0.0140) | 0.1289<br>(0.0742)               | 0.0046<br>(0.0250)                | -0.6238<br>(0.6239)           | 8.8692<br>(8.5220)           |
| <i>soja</i>           | 0.0022<br>(0.0124)                | <b>-0.0892*</b><br>(0.0494)   | -0.5380<br>(0.5887)          | 0.0149<br>(0.0141)               | -0.0037<br>(0.0159)               | -0.0274<br>(0.0262)           | -3.6940<br>(2.9568)          |
| <i>pecuária</i>       | 0.0010<br>(0.0018)                | <b>-0.0296**</b><br>(0.0105)  | -0.0008<br>(0.0051)          | -0.0123<br>(0.0074)              | 0.0042<br>(0.0027)                | -0.0142<br>(0.0117)           | 0.1926<br>(0.1216)           |
| <i>PIB_pc</i>         | <b>-0.000004***</b><br>(0.000001) | -0.000008<br>(0.000004)       | 0.000005<br>(0.000008)       | <b>-0.00001***</b><br>(0.000004) | <b>-0.000003***</b><br>(0.000001) | 0.000004<br>(0.000006)        | -0.0001<br>(0.0001)          |
| <i>água_encanad</i>   | <b>0.0168***</b><br>(0.0052)      | <b>-0.0537**</b><br>(0.0224)  | <b>0.0201***</b><br>(0.0051) | 0.0180<br>(0.0102)               | <b>0.0227**</b><br>(0.0078)       | <b>0.0232**</b><br>(0.0078)   | <b>0.6649**</b><br>(0.2954)  |
| <i>esgoto_adeq</i>    | -0.0021<br>(0.0062)               | <b>0.0222**</b><br>(0.0077)   | -0.0073<br>(0.0100)          | -0.0027<br>(0.0096)              | <b>0.0124**</b><br>(0.0051)       | <b>-0.0435**</b><br>(0.0163)  | -0.0674<br>(0.0394)          |
| <i>paredes_rev</i>    | <b>-0.0316***</b><br>(0.0088)     | <b>-0.1153***</b><br>(0.0284) | <b>0.0435***</b><br>(0.0117) | 0.0008<br>(0.0066)               | <b>-0.1002***</b><br>(0.0129)     | 0.0116<br>(0.0370)            | <b>-0.5795**</b><br>(0.2104) |
| <i>médicos</i>        | <b>0.3619***</b><br>(0.0712)      | <b>0.8144**</b><br>(0.2954)   | <b>0.6685***</b><br>(0.1479) | <b>0.3907***</b><br>(0.0645)     | <b>0.2789***</b><br>(0.0558)      | <b>0.5007***</b><br>(0.0618)  | <b>1.2606*</b><br>(0.6477)   |
| <i>leitões</i>        | <b>0.0131***</b><br>(0.0026)      | <b>0.0573**</b><br>(0.0251)   | -0.0040<br>(0.0065)          | <b>-0.0081*</b><br>(0.0043)      | <b>0.0201***</b><br>(0.0036)      | -0.0226<br>(0.0202)           | -0.2323<br>(0.3555)          |
| <i>educ_alfab</i>     | -0.0474<br>(0.0307)               | 0.0030<br>(0.0449)            | <b>0.3778***</b><br>(0.0417) | 0.0401<br>(0.0943)               | <b>-0.2258***</b><br>(0.0493)     | <b>-0.8047***</b><br>(0.1477) | -0.9103<br>(0.8377)          |
| <i>pop_rural</i>      | -0.0242<br>(0.0136)               | <b>-0.0398***</b><br>(0.0063) | 0.0053<br>(0.0103)           | <b>-0.0938***</b><br>(0.0231)    | <b>-0.0585***</b><br>(0.0092)     | -0.0100<br>(0.0131)           | -0.0072<br>(0.2600)          |
| <i>dens_pop</i>       | 0.0002<br>(0.0004)                | <b>-0.0224***</b><br>(0.0033) | <b>0.0066***</b><br>(0.0009) | <b>-0.0083***</b><br>(0.0013)    | 0.0003<br>(0.0003)                | <b>-0.0058**</b><br>(0.0023)  | <b>0.8992***</b><br>(0.1765) |
| Num. Obs.             | 66152                             | 6006                          | 13110                        | 12653                            | 32388                             | 1887                          | 108                          |
| R <sup>2</sup>        | 0,0751                            | 0,1003                        | 0,1467                       | 0,0655                           | 0,0687                            | 0,1589                        | 0,4653                       |

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.

**APÊNDICE K – Resultados das estimações para acidentes com animais peçonhentos (2008-2019)**

|                       | Brasil                           | Amazônia                         | Caatinga                        | Cerrado                        | Atlântica                      | Pampa                          | Pantanal                     |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| <i>desmatamento</i>   | <b>-0.0008</b> ***<br>(0.0001)   | <b>-0.0001</b> ***<br>(0.00001)  | <b>0.0181</b> ***<br>(0.0054)   | <b>-0.0054</b> ***<br>(0.0011) | <b>-0.0225</b> ***<br>(0.0050) | 0.0005<br>(0.0022)             | -0.0150<br>(0.0099)          |
| <i>temperatura</i>    | 0.0634<br>(0.0863)               | 0.0382<br>(0.0528)               | 0.1942<br>(0.1130)              | 0.1188<br>(0.0992)             | 0.0132<br>(0.1210)             | 0.0959<br>(0.0636)             | <b>0.4161</b> **<br>(0.1475) |
| <i>precipitação</i>   | <b>0.0002</b> **<br>(0.0001)     | 0.000003<br>(0.0001)             | 0.0001<br>(0.0002)              | <b>0.0004</b> *<br>(0.0002)    | <b>0.0002</b> ***<br>(0.0001)  | -0.0002<br>(0.0002)            | <b>0.0009</b> **<br>(0.0004) |
| <i>agric_diversas</i> | <b>0.0089</b> *<br>(0.0041)      | -0.0036<br>(0.0068)              | <b>-0.0038</b> *<br>(0.0019)    | <b>0.0067</b> *<br>(0.0035)    | <b>0.0111</b> **<br>(0.0050)   | <b>-0.0382</b> ***<br>(0.0109) | -0.3133<br>(0.6412)          |
| <i>café</i>           | <b>-0.0241</b> *<br>(0.0123)     | -0.0739<br>(0.0656)              | <b>-0.0653</b> ***<br>(0.0136)  | -0.0222<br>(0.0147)            | -0.0193<br>(0.0113)            | 0.0000<br>(.)                  | 0.0000<br>(.)                |
| <i>mandioca</i>       | <b>0.0141</b> **<br>(0.0047)     | <b>0.0531</b> *<br>(0.0246)      | <b>-0.0095</b> *<br>(0.0047)    | <b>0.1596</b> **<br>(0.0301)   | <b>0.0145</b> *<br>(0.0078)    | <b>0.1349</b> **<br>(0.0575)   | 1.6224<br>(2.6994)           |
| <i>soja</i>           | -0.0111<br>(0.0062)              | <b>-0.0259</b> **<br>(0.0105)    | -0.0509<br>(0.1959)             | <b>-0.0292</b> *<br>(0.0139)   | -0.0061<br>(0.0039)            | 0.0051<br>(0.0080)             | -0.0591<br>(0.6578)          |
| <i>pecuaria</i>       | -0.0031<br>(0.0022)              | -0.0006<br>(0.0015)              | <b>-0.0036</b> *<br>(0.0019)    | <b>-0.0144</b> ***<br>(0.0039) | -0.0020<br>(0.0025)            | 0.0040<br>(0.0029)             | <b>0.0327</b> *<br>(0.0154)  |
| <i>PIB_pc</i>         | <b>0.000001</b> *<br>(0.0000004) | <b>0.00001</b> ***<br>(0.000001) | <b>0.000005</b> *<br>(0.000002) | -0.0000005<br>(0.000001)       | 0.0000007<br>(0.0000008)       | 0.0000003<br>(0.000001)        | 0.00001<br>(0.00003)         |
| <i>água_encanad</i>   | -0.0003<br>(0.0010)              | <b>0.0089</b> ***<br>(0.0022)    | <b>-0.0079</b> ***<br>(0.0017)  | <b>-0.0290</b> ***<br>(0.0037) | <b>0.0130</b> ***<br>(0.0025)  | 0.0100<br>(0.0063)             | -0.0908<br>(0.0551)          |
| <i>esgoto_adequa</i>  | <b>-0.0058</b> ***<br>(0.0011)   | -0.0019<br>(0.0012)              | -0.0030<br>(0.0033)             | <b>-0.0040</b> ***<br>(0.0004) | <b>-0.0109</b> ***<br>(0.0017) | -0.0006<br>(0.0036)            | 0.0171<br>(0.0115)           |
| <i>paredes_revest</i> | <b>-0.0315</b> ***<br>(0.0075)   | <b>-0.0173</b> ***<br>(0.0018)   | <b>-0.0142</b> ***<br>(0.0016)  | <b>-0.0224</b> ***<br>(0.0026) | <b>-0.0385</b> ***<br>(0.0109) | <b>0.0179</b> **<br>(0.0053)   | <b>0.0604</b> *<br>(0.0278)  |
| <i>médicos</i>        | -0.0040<br>(0.0101)              | <b>0.1384</b> ***<br>(0.0156)    | 0.2414<br>(0.1465)              | -0.0295<br>(0.0232)            | <b>-0.0325</b> *<br>(0.0171)   | <b>0.0596</b> *<br>(0.0273)    | 0.0250<br>(0.1016)           |
| <i>leitos</i>         | <b>0.0020</b> **<br>(0.0008)     | -0.0023<br>(0.0047)              | <b>0.0101</b> ***<br>(0.0020)   | <b>-0.0056</b> ***<br>(0.0016) | <b>0.0037</b> ***<br>(0.0008)  | 0.0054<br>(0.0035)             | -0.0153<br>(0.1038)          |
| <i>educ_alfab</i>     | <b>-0.0548</b> ***<br>(0.0069)   | -0.0053<br>(0.0093)              | -0.0156<br>(0.0204)             | <b>-0.0107</b> *<br>(0.0052)   | -0.0081<br>(0.0140)            | 0.0428<br>(0.0246)             | 0.3396<br>(0.3694)           |
| <i>pop_rural</i>      | -0.0023<br>(0.0032)              | <b>0.0184</b> ***<br>(0.0029)    | <b>-0.0045</b> *<br>(0.0021)    | <b>-0.0173</b> **<br>(0.0071)  | 0.0012<br>(0.0035)             | <b>0.0080</b> ***<br>(0.0019)  | 0.0901<br>(0.1058)           |
| <i>dens_pop</i>       | <b>-0.0033</b> ***<br>(0.0010)   | <b>-0.0013</b> **<br>(0.0005)    | -0.0017<br>(0.0009)             | <b>-0.0073</b> ***<br>(0.0018) | <b>-0.0034</b> ***<br>(0.0010) | -0.0001<br>(0.0009)            | -0.0391<br>(0.0721)          |
| Num. Obs.             | 66152                            | 6006                             | 13110                           | 12653                          | 32388                          | 1887                           | 108                          |
| R <sup>2</sup>        | 0,1583                           | 0,0629                           | 0,1645                          | 0,2434                         | 0,1642                         | 0,0920                         | 0,4328                       |

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão Driscoll–Kraay entre parênteses. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10.