

Queimadas e saúde na Amazônia: tendências temporais das internações cardiorrespiratórias no estado do Pará, Brasil (2013–2023)

Fires and health in the Amazon: temporal trends of cardiorespiratory hospitalizations in the state of Pará, Brazil (2013–2023)

Edson Vinícius Reis Parente¹ , Sílvia Fernanda Mardegan¹ 

¹ Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Belém, Pará, Brasil



RESUMO

OBJETIVO: Avaliar a relação entre desmatamento, queimadas e internações por doenças respiratórias e circulatórias no estado do Pará, Amazônia brasileira, com foco nos oito municípios com maiores taxas de desmatamento entre 2013 e 2023. **MATERIAL E MÉTODOS:** Foram utilizados dados anuais de focos de queimadas e incremento do desmatamento (BDQueimadas e Projeto PRODES – INPE), além de registros de internações hospitalares do DATASUS, conforme a Classificação Internacional de Doenças (CID-10), capítulos IX e X. Para avaliar as tendências temporais dos indicadores ambientais e de saúde, ajustaram-se modelos de regressão linear tendo o ano como variável preditora nas séries: (I) agregadas, representando o total anual combinado dos oito municípios; e (II) estratificadas por município. As associações entre saúde e exposição foram testadas por regressões lineares simples, considerando as internações como variável dependente e, separadamente, os focos de queimadas ou a área desmatada como variáveis independentes. Adicionalmente, modelos lineares com efeitos fixos de município e ano foram aplicados para controlar variações estruturais espaço-temporais e aumentar a robustez das estimativas. **RESULTADOS:** Os municípios com maiores índices de desmatamento apresentaram também maior número de queimadas. As internações foram mais frequentes entre crianças menores de quatro anos e idosos acima de 60 anos. Identificaram-se correlações significativas entre desmatamento, queimadas e internações em determinados anos e municípios, especialmente durante períodos de seca e na pandemia de COVID-19. **CONCLUSÃO:** Os resultados indicam que as queimadas associadas ao desmatamento contribuem para o agravamento de doenças cardiorrespiratórias, reforçando a necessidade de políticas públicas integradas de controle ambiental e fortalecimento da saúde coletiva na Amazônia.

Palavras-chave: Amazônia; DATASUS; Doenças Cardiorrespiratórias; INPE; Saúde Coletiva.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To assess the relationship between deforestation, fires, and hospitalizations due to respiratory and circulatory diseases in the state of Pará, Brazilian Amazon, focusing on the eight municipalities with the highest deforestation rates between 2013 and 2023. **MATERIAL AND METHODS:** Annual data on fire hotspots and deforestation increment (BDQueimadas and PRODES – INPE) were analyzed, along with hospital admission records from DATASUS according to the International Classification of Diseases (ICD-10), Chapters IX and X. To evaluate temporal trends in environmental and health indicators, linear regression models were fitted using year as the predictor variable for the following series: (I) aggregated, representing the combined annual total of the eight municipalities; and (II) stratified by municipality. Associations between health outcomes and exposure were tested using simple linear regressions, with hospitalizations as the dependent variable and, separately, fire hotspots or deforested area as independent variables. In addition, linear models with municipality and year fixed effects were applied to control for structural spatiotemporal variations and improve estimate robustness. **RESULTS:** The municipalities with the highest deforestation rates also presented the largest number of fires. Hospitalizations were more frequent among children under four years of age and older adults over 60 years. Significant correlations between deforestation, fires, and hospitalizations were identified in specific years and municipalities, particularly during dry periods and the COVID-19 pandemic. **CONCLUSION:** The findings indicate that fires associated with deforestation contribute to the worsening of cardiorespiratory diseases, reinforcing the need for integrated public policies for environmental control and the strengthening of collective health in the Amazon.

Keywords: Amazon; DATASUS; Cardiorespiratory Diseases; INPE; Public Health.

Nota: O presente manuscrito é resultado do Trabalho de Conclusão de Curso de Edson Vinícius Reis Parente, intitulado "Avaliação temporal das queimadas e seus impactos na saúde coletiva no estado do Pará, com ênfase nos oito municípios líderes em desmatamento", orientado por Sílvia Fernanda Mardegan e apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará no ano de 2025.

Correspondência / Correspondence:

Sílvia Fernanda Mardegan
Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Botânica, sala 116, térreo
Rua Augusto Corrêa, 01, Cep: 66075-110 – Bairro: Guamá – Belém, Pará, Brasil
Tel.: +55 (91) 3201-8093 – E-mail: smardegan@ufpa.br

INTRODUÇÃO

A Pan-Amazônia, com mais de 6 milhões de km² distribuídos entre nove países sul-americanos, constitui a maior floresta tropical do planeta e abriga cerca de 25% da biodiversidade global¹. No Brasil, a Amazônia Legal ocupa aproximadamente 5,5 milhões de km², abrangendo nove estados, entre os quais o estado do Pará se destaca por concentrar a maior população da região e apresentar expressivos índices de desmatamento e queimadas^{2,3}. De acordo com dados do Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), entre 2013 e 2023 o Pará perdeu 35.701 km² de cobertura florestal⁴, situando-se entre os principais responsáveis pela supressão florestal amazônica.

Historicamente, o uso do fogo consolidou-se como prática recorrente no manejo agrícola e pecuário, associada à abertura e renovação de pastagens, bem como à limpeza de áreas cultiváveis^{5,6}. Nas últimas décadas, entretanto, a combinação entre desmatamento, fragmentação florestal e eventos de seca tem intensificado a frequência e a severidade dos incêndios na região do chamado "arco do desmatamento", especialmente no sudeste e sudoeste do Pará. A fragmentação resultante da expansão agropecuária aumenta a suscetibilidade das bordas florestais ao fogo, enquanto anos de seca extrema ampliam os episódios de queimadas associados à conversão de áreas para pastagens e lavouras⁷⁻⁹.

Em 2023, foram registrados 90.147 focos de queimadas na Amazônia Legal, correspondendo a 47,5% do total nacional, sendo o estado do Pará responsável por cerca de 41 mil focos, seguido pelo Amazonas, com mais de 19 mil, e por Tocantins, com aproximadamente 9.500¹⁰. Esse cenário evidencia o avanço da degradação ambiental e a crescente exposição das populações amazônicas à poluição atmosférica decorrente da fumaça dos incêndios, frequentemente associada ao aumento de atendimentos e internações por doenças respiratórias e cardiovasculares¹¹⁻¹³.

A exposição à fumaça proveniente de incêndios florestais tem sido amplamente relacionada a efeitos deletérios sobre o sistema respiratório, incluindo crises de asma e agravamento da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), além de impactos cardiovasculares e neurológicos que afetam especialmente crianças e idosos. Esses efeitos contribuem para o aumento da morbidade por doenças crônicas não transmissíveis, responsáveis por cerca de 17,9 milhões de casos e 3,9 milhões de mortes anuais em todo o mundo^{11,12,14}.

Nesse contexto, a Amazônia Legal e, em particular, o estado do Pará, desempenham papel central nas discussões sobre os efeitos socioambientais e sanitários do desmatamento e das queimadas na região. A investigação das inter-relações entre degradação florestal, fogo e saúde coletiva é essencial não apenas para compreender os riscos locais, mas também para avaliar os impactos em escalas nacional e global, uma vez que os processos de destruição da Amazônia influenciam diretamente a regulação climática e a saúde pública^{14,15}.

Com base nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a relação entre desmatamento, queimadas e internações por doenças respiratórias e circulatórias no estado do Pará, com ênfase nos oito municípios líderes em desmatamento entre 2013 e 2023. Foram analisadas a temporalidade dos focos de incêndio e a expansão do desmatamento, considerando sua associação com hospitalizações por doenças respiratórias e circulatórias. As análises buscaram identificar tendências temporais e potenciais associações entre a degradação ambiental e os agravos à saúde, contribuindo para o entendimento dos impactos das queimadas sobre a saúde coletiva na Amazônia e para o aprimoramento de políticas públicas voltadas ao controle do desmatamento, à prevenção de queimadas e à proteção das populações vulneráveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Foram selecionados os oito municípios com maior histórico de desmatamento no estado do Pará¹⁶: Altamira, Anapu, Itaituba, Novo Progresso, Novo Repartimento, Pacajá, Portel e São Félix do Xingu (Figura 1). Juntos, esses municípios ocupam mais de 25% da área total do estado¹⁷ e somam aproximadamente 583 mil habitantes¹⁸. Suas economias são predominantemente baseadas na agropecuária, no extrativismo e na pesca (Tabela 1).

DADOS AVALIADOS

Foram analisados, para cada município, os dados de desmatamento, focos de queimadas e internações hospitalares entre os anos de 2013 e 2023. A escolha dessas variáveis decorre da relevância estratégica da Amazônia no contexto ambiental global e dos impactos diretos que os processos de degradação florestal exercem sobre a saúde das populações locais.

Os dados anuais de incremento do desmatamento (km²) foram obtidos no PRODES⁴, que utiliza imagens da série LANDSAT, com resolução espacial entre 20 e 30 metros e ciclo de revisita de 16 dias, combinadas para reduzir interferências de cobertura de nuvens e garantir interoperabilidade entre satélites. O incremento anual do desmatamento é determinado por interpretação visual das imagens de satélite, considerando cada "fração" da Amazônia, isto é, cada cena individual que, em conjunto, cobre toda a área de interesse⁴.

Os dados anuais de focos de queimadas (contagem) foram obtidos no Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas)¹⁰. Já as informações sobre internações hospitalares por doenças do aparelho circulatório (Classificação Internacional de Doenças – CID-10, capítulo IX) e respiratório (CID-10, capítulo X) foram extraídas do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), por meio da plataforma TabNet¹⁹. Desde sua criação, o DATASUS tem como objetivo estruturar e integrar sistemas de informação em saúde, apoiando a gestão e o planejamento em todos os níveis de atenção²⁰.

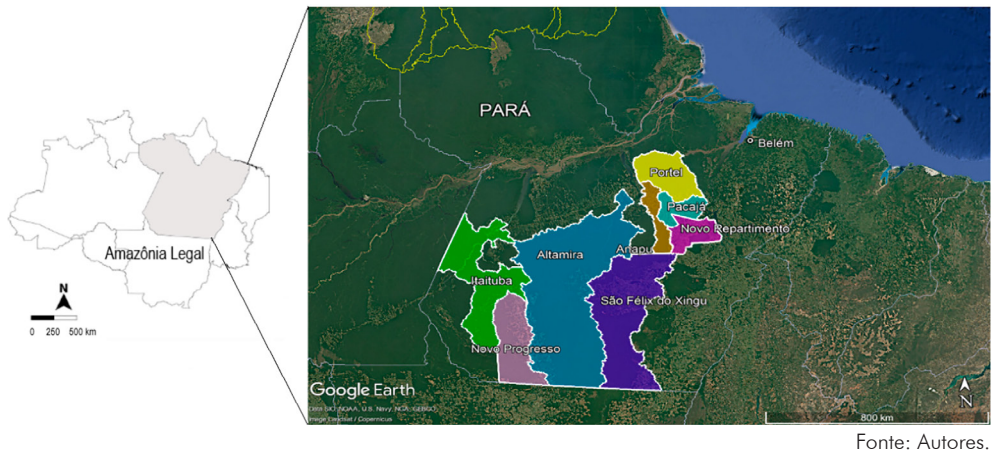


Figura 1 – Localização dos municípios incluídos no estudo

Tabela 1 – Perfil dos municípios analisados por mesorregião do estado do Pará

Mesorregião	Município	Área (km²)	População	Principais atividades econômicas	Pessoas (10+ anos) ocupadas na seção de atividade (%)
Sudeste paraense	Portel	25.386,158	66.898	Agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e pesca	47,58
	São Félix do Xingu	84.212,901	65.957	Agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e pesca	46,22
	Novo Repartimento	15.398,736	63.754	Agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e pesca	47,64
	Altamira	159.533,306	136.982	Agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e pesca	19,40
	Anapu	11.895,270	34.947	Agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e pesca	48,25
Sudoeste paraense	Itaituba	62.042,472	133.684	Comércio reparação de veículos automotores, objetos pessoais e domésticos	20,27
	Novo Progresso	38.162,003	36.518	Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração florestal e pesca	26,74
	Pacajá	11.832,323	43.594	Agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e pesca	52,05

Fonte: IBGE (2024); FAPESPA (2025)

As internações foram estratificadas por sexo (masculino e feminino) e por faixa etária, distribuídas nas categorias: 0–4 anos, 5–14 anos, 15–29 anos, 30–49 anos, 50–69 anos, 70–79 anos e 80 anos ou mais.

ANÁLISE DOS DADOS

Para avaliar as tendências temporais e as associações entre os indicadores ambientais e de saúde, foram empregadas abordagens complementares baseadas em séries anuais agregadas e estratificadas.

Os dados de focos de queimadas, área desmatada e número de internações hospitalares (totais, por sexo e por faixa etária) foram organizados de duas

formas: (i) Séries agregadas – obtidas pela soma dos valores anuais dos oito municípios, representando o comportamento global do conjunto; e (ii) Séries estratificadas – analisadas separadamente para cada município, permitindo comparações locais e avaliação individualizada das tendências.

A evolução temporal dos indicadores ambientais e de saúde foi examinada por meio de regressões lineares simples, considerando o ano como variável preditora e cada indicador (focos de queimadas, área desmatada ou número de internações) como variável dependente. As regressões foram aplicadas tanto às séries agregadas quanto às estratificadas por município.

Para investigar as associações entre exposição ambiental e saúde, foram conduzidas análises transversais anuais, nas quais as regressões lineares foram realizadas separadamente para cada ano (2013–2023), tendo os municípios como unidade de análise ($n = 8$). Avaliou-se como as diferenças nos níveis de desmatamento e queimadas, em um mesmo ano, se relacionaram às variações no número de internações hospitalares.

Também foram realizadas análises temporais por município, considerando a variação anual como unidade de análise ($n = 11$ anos), a fim de estimar, dentro de cada localidade, o efeito do desmatamento e das queimadas sobre as internações ao longo do tempo.

Adicionalmente, ajustaram-se modelos lineares com efeitos fixos de dois fatores (*two-way fixed effects*) — município e ano —, utilizando todas as observações disponíveis ($n = 88$). O número total de internações foi considerado variável dependente, enquanto os focos de queimadas e a área desmatada foram alternadamente utilizados como preditores principais.

Como análises de robustez, foram ajustados modelos log-transformados [$\log_1 p()$] para lidar com distribuições

assimétricas e modelos com coeficientes padronizados (*z-score*), possibilitando comparar magnitudes entre preditores em diferentes escalas. Valores ausentes foram tratados por exclusão de pares completos nas regressões.

Todas as análises e visualizações foram realizadas no R (RStudio versão 2025.05.1+513), com os pacotes *tidyverse*, *readxl*, *janitor*, *broom*, *sandwich* e *ggplot2*. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

TENDÊNCIAS TEMPORAIS

Entre 2013 e 2023, o estado do Pará registrou mais de 379 mil focos de queimadas, apresentando padrão de variação anual com alternância de aumentos e reduções. As maiores amplitudes foram observadas nos municípios de Altamira, Anapu, Itaituba e Novo Progresso (Figura 2A).

Os municípios de São Félix do Xingu e Altamira concentraram os maiores números absolutos de focos no período, com 36.327 e 35.051 registros, respectivamente.

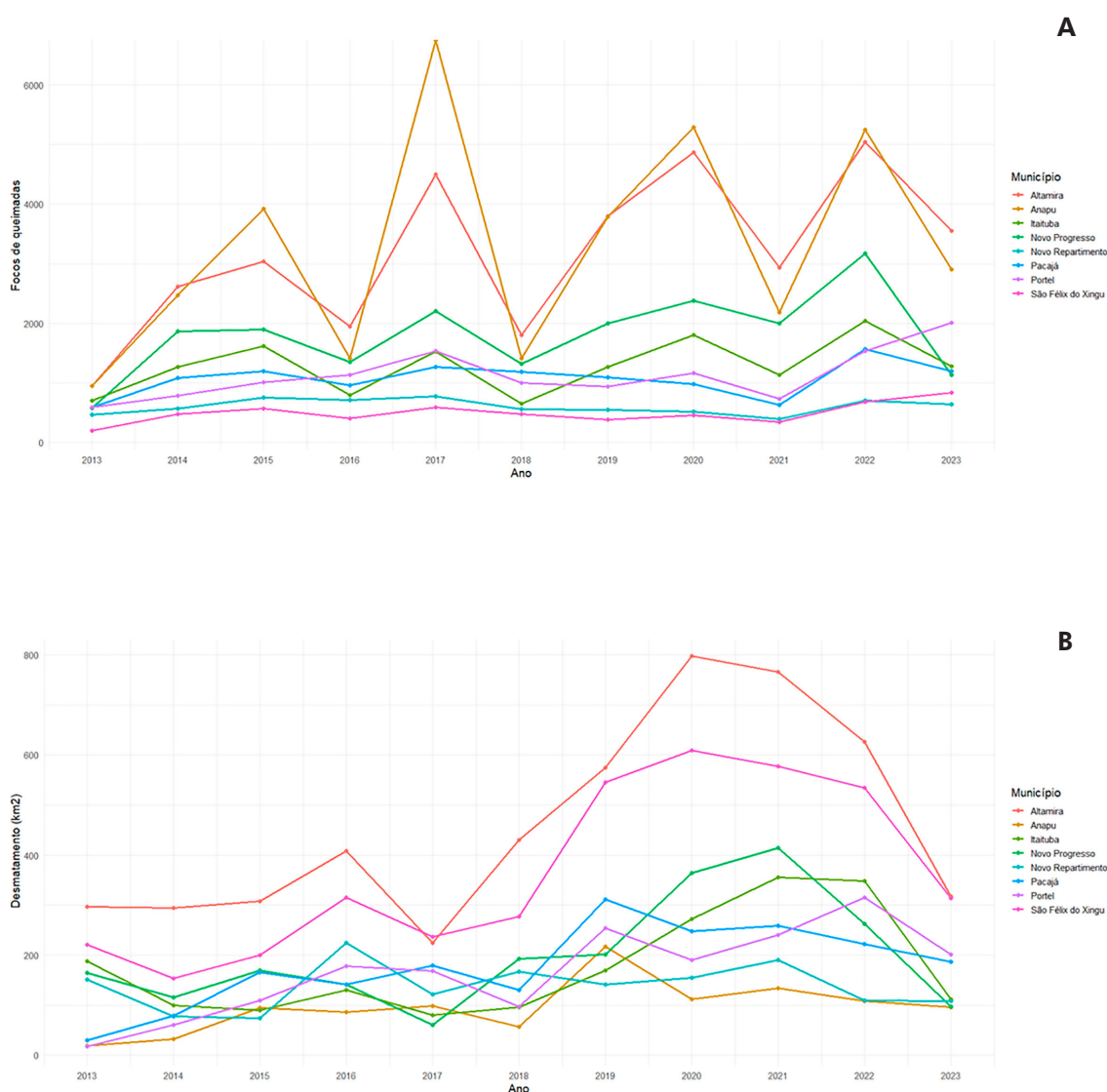


Figura 2 – Tendência temporal dos focos de queimadas (A) e do desmatamento (B) nos municípios estudados

Quanto ao desmatamento (Figura 2B), foi observada perda acumulada de mais de 35.700 km² de cobertura florestal, com destaque para o intervalo de 2019 a 2022, responsável por mais de 50% do total desmatado no período. Altamira e São Félix do Xingu responderam por quase metade da área total desmatada.

No que se refere às internações hospitalares por doenças dos aparelhos circulatório e respiratório (CID-10, capítulos IX e X), foram registrados aproximadamente 63 mil casos entre 2013 e 2023. Observou-se redução nas internações entre 2013 e 2017, seguida de estabilidade até 2019. Nova queda ocorreu entre 2020 e 2021, com aumento nos anos de 2022 e 2023 (Figura 3).

Quanto ao sexo, os homens representaram 54% do total de internações, exceto nos municípios de Novo Repartimento e Portel, onde predominou o sexo feminino (Figura 4).

A análise por faixa etária revelou maior vulnerabilidade entre crianças menores de quatro anos e idosos com 60 anos ou mais, grupos que concentraram a maioria das internações (Figura 5). Todos os municípios apresentaram aumento das internações em crianças de até quatro anos entre 2020 e 2022. Em Pacajá e, especialmente, em Portel, observou-se manutenção da tendência de crescimento em 2023, sendo que Portel registrou incremento de 150% nas internações infantis ao longo da década analisada.

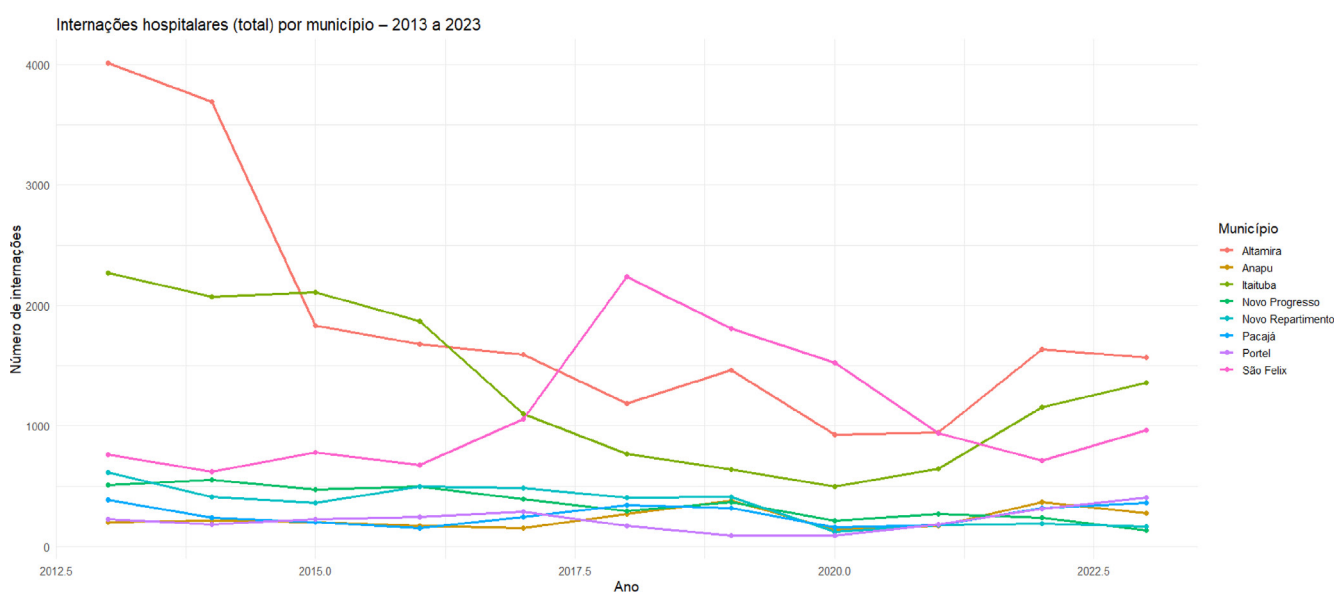


Figura 3 – Tendência temporal das internações por doenças dos aparelhos respiratório e cardiovascular (CID-10, capítulos IX e X) nos municípios estudados

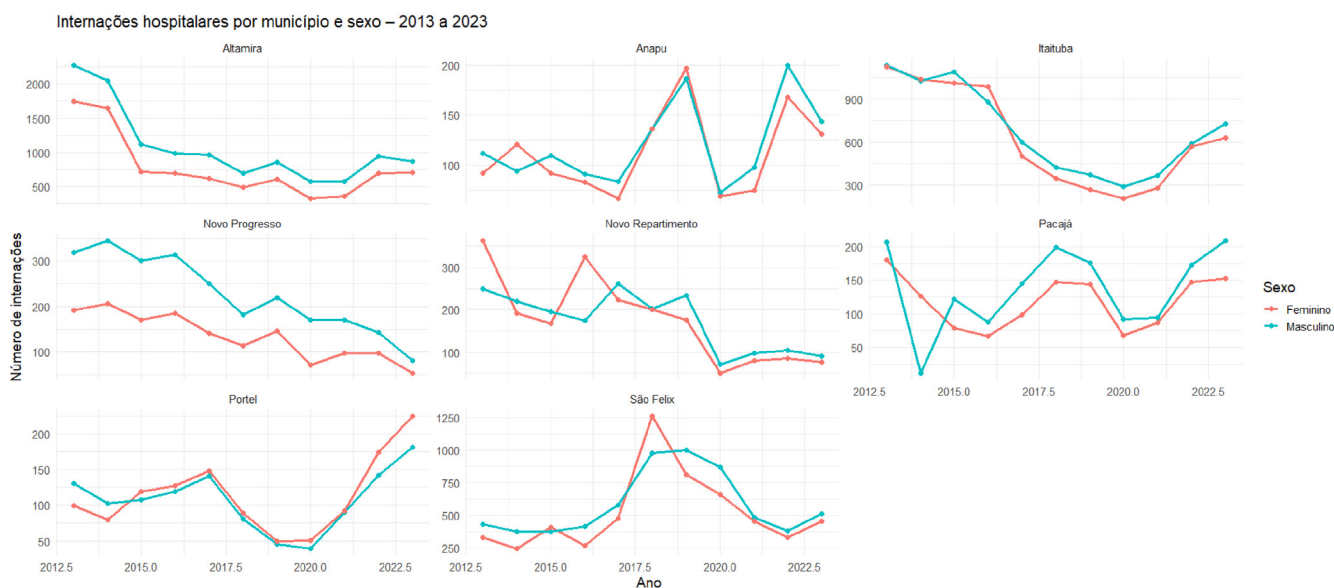


Figura 4 – Tendência temporal das internações por doenças dos aparelhos respiratório e cardiovascular (CID-10, capítulos IX e X), segundo sexo, nos municípios estudados

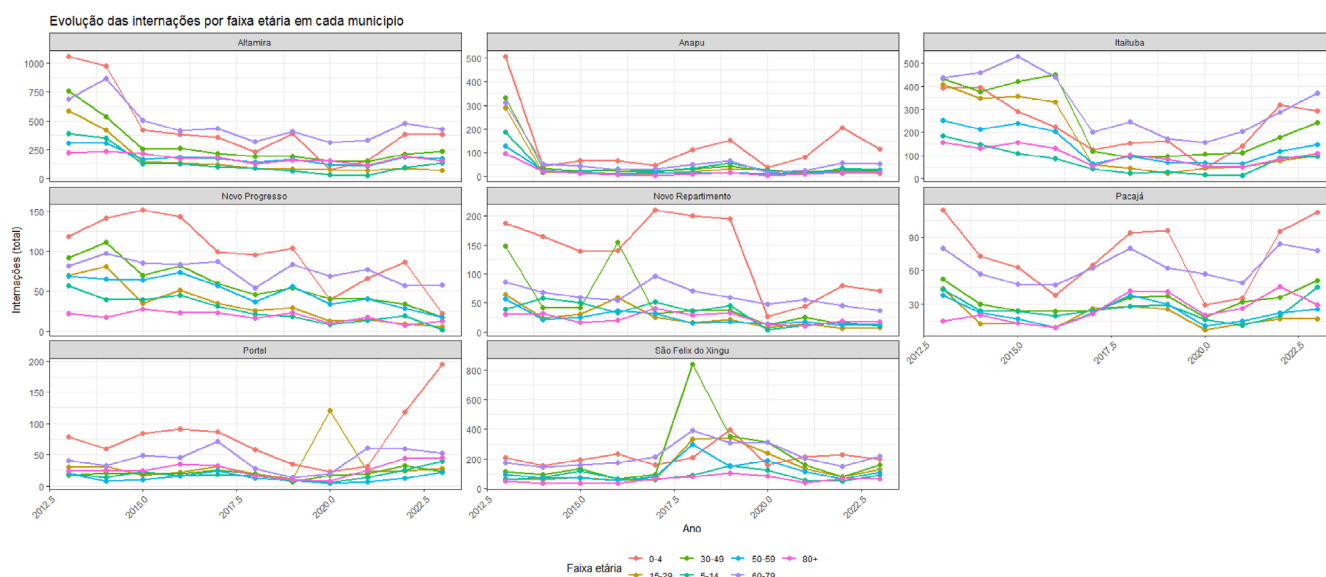


Figura 5 – Tendência temporal das internações por doenças dos aparelhos respiratório e cardiovascular (CID-10, capítulos IX e X), segundo faixa etária, nos municípios estudados

EFEITO DAS QUEIMADAS E DO DESMATAMENTO NA SAÚDE

As regressões lineares que avaliaram as relações entre internações hospitalares e variáveis ambientais, conduzidas de forma transversal anual (8 municípios), indicaram associação significativa entre desmatamento e internações em 2014 ($R^2 = 0,73$; $p < 0,01$) e no período de 2019 a 2021 ($R^2 = 0,70-0,80$; $p < 0,05$) (Tabela 2). Esses intervalos coincidiram com picos de desmatamento e aumento das internações cardiorrespiratórias. Nenhuma associação consistente foi observada entre focos de queimadas e internações nas análises anuais agregadas.

As regressões lineares temporais por município, utilizando os anos como unidade de análise (11 anos), revelaram associação positiva e estatisticamente significativa apenas em Portel, onde o aumento no número de focos de queimadas esteve associado a maior número de internações ($\beta = 0,16$; $R^2 = 0,65$; $p = 0,002$) (Tabela 3). Nos demais municípios, as correlações entre desmatamento ou queimadas e internações não foram significativas, sugerindo heterogeneidade espacial dos efeitos.

Os modelos lineares com efeitos fixos de dois fatores (município e ano) indicaram ausência de associação significativa entre o total de internações hospitalares e queimadas ($\beta = 0,00004$; $p = 0,56$) ou desmatamento ($\beta = 0,0013$; $p = 0,26$). Ambos os modelos apresentaram bom ajuste ($R^2 \approx 0,69-0,70$) e reforçaram a tendência de redução nas internações entre 2015 e 2017 e entre 2020 e 2021, com diferenças significativas entre os municípios.

As análises de robustez, incluindo transformações logarítmicas [$\log_1 p()$] e padronização dos coeficientes (z-score), confirmaram os padrões observados, corroborando a consistência dos resultados obtidos.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam que o desmatamento e as queimadas permanecem fortemente associados na Amazônia paraense, refletindo práticas recorrentes de supressão florestal que utilizam o fogo como etapa do processo de mudança no uso da terra. Esse padrão foi mais evidente em Altamira e São Félix do Xingu, que concentraram as maiores áreas de desmatamento e os maiores números de focos de incêndio, em consonância com estudos anteriores que identificam a região do "arco do desmatamento" como o principal eixo da degradação florestal amazônica²¹⁻²³.

A degradação florestal no Pará está historicamente vinculada à exploração madeireira, à grilagem de terras e à expansão da pecuária extensiva, fatores que colocam o estado entre os líderes nacionais em perda de cobertura vegetal^{24,25}.

As queimadas na Amazônia tendem a concentrar-se nos períodos menos chuvosos, quando a umidade relativa do ar é reduzida e a vegetação se torna mais suscetível à ignição^{26,27}. Embora este estudo não tenha avaliado diretamente a variação mensal dos focos de incêndio, a flutuação interanual observada reforça essa tendência, independentemente do município analisado, confirmando o papel determinante do regime pluviométrico na dinâmica do fogo na região.

Eventos climáticos extremos ocorridos na última década, como *El Niño* e *La Niña*, exerceram influência decisiva sobre a ocorrência de queimadas e, consequentemente, sobre a degradação da qualidade do ar. Em anos de seca intensa, como 2015–2016 e 2023²⁸, verificou-se aumento expressivo da atividade de fogo, evidenciando a interação entre pressões antrópicas e variabilidade climática^{29,30}. Essa dinâmica ajuda a explicar os picos de internações observados em 2014 e entre 2019 e 2022, quando períodos de estiagem coincidiram com intensificação da degradação florestal, ampliando a exposição populacional à fumaça.

O ano de 2014 foi caracterizado pela redução das chuvas e elevação das temperaturas na Amazônia oriental, configurando uma pré-condição seca que antecedeu o forte evento *El Niño* 2015–2016^{29,31}. Já o período de 2019 a 2022 apresentou anomalias regionais de temperatura e precipitação no estado do Pará, favorecendo estiagens prolongadas e elevadas ocorrências de queimadas^{32,33}. Em 2023, o *El Niño* 2023–2024, associado ao aquecimento do Atlântico Norte e às temperaturas globais recordes, resultou em escassez de chuvas, redução do nível dos rios e intensificação dos incêndios^{28,33}.

Esses eventos sucessivos criaram um cenário de exposição prolongada à fumaça e ao material particulado fino (PM_{2.5}), o que possivelmente contribuiu para os aumentos nas internações por doenças cardiorrespiratórias observados nos anos críticos. Com

o avanço das mudanças climáticas globais, projeta-se que as secas amazônicas se tornem mais frequentes e severas^{14,15}, ampliando a vulnerabilidade das populações humanas e reforçando a necessidade de estratégias integradas de monitoramento ambiental e epidemiológico.

Do ponto de vista da saúde coletiva, a intensificação das queimadas acende um alerta não apenas para os povos amazônidas, mas também para todo o Brasil. A queima de biomassa representa uma das principais fontes emissoras de PM_{2.5} no país³⁴, contribuindo para que o Brasil figure entre as nações mais afetadas pela poluição atmosférica³⁵. O Ministério da Saúde³⁶ reconhece que a poluição do ar decorrente das queimadas constitui um grave problema de saúde pública, elevando o número de atendimentos e internações.

Tabela 2 – Regressões lineares por ano entre as internações e os focos de queimadas, e entre as internações e o desmatamento

Internações totais vs focos de queimadas						
Ano	N	β	Erro-padrão	t	p	R ²
2013	8	3,65	1,54	2,37	0,056	0,48
2014	8	0,75	0,53	1,42	0,205	0,25
2015	8	0,11	0,26	0,40	0,701	0,03
2016	8	0,26	0,56	0,47	0,657	0,03
2017	8	0,02	0,09	0,27	0,799	0,01
2018	8	-0,45	0,59	-0,77	0,470	0,09
2019	8	0,03	0,18	0,19	0,859	0,01
2020	8	-0,01	0,10	-0,10	0,925	0,00
2021	8	0,08	0,14	0,59	0,577	0,05
2022	8	0,11	0,11	1,03	0,344	0,15
2023	8	0,21	0,21	1,00	0,355	0,14
Internações totais vs desmatamento						
Ano	N	β	Erro-padrão	t	p	R ²
2013	8	7,48	4,12	1,82	0,119	0,36
2014	8	13,17	3,24	4,07	0,007	0,73
2015	8	3,75	3,73	1,01	0,353	0,14
2016	8	2,76	2,27	1,22	0,269	0,20
2017	8	3,54	2,45	1,45	0,198	0,26
2018	8	3,65	1,82	2,01	0,091	0,40
2019	8	3,14	0,76	4,14	0,006	0,74
2020	8	1,65	0,44	3,72	0,010	0,70
2021	8	1,44	0,29	4,98	0,003	0,80
2022	8	2,24	0,69	3,25	0,018	0,64
2023	8	3,62	1,97	1,83	0,115	0,36

Desfecho = internações; preditor = focos de queimadas ou desmatamento. n: número de municípios; β : variação média nas internações por 1 unidade do preditor; R²: coeficiente de determinação. Valores em negrito indicam p < 0,05.

Tabela 3 – Regressões lineares por município entre as internações e os focos de queimadas, e entre as internações e o desmatamento

Internações totais vs focos de queimadas						
Local	n	β	Erro-padrão	t	p	R ²
Altamira	11	-0.41	0.22	-1.87	0.094	0.28
Anapu	11	-0.11	0.08	-1.37	0.203	0.17
Itaituba	11	-0.40	0.49	-0.81	0.439	0.07
Novo Progresso	11	-0.06	0.06	-0.96	0.361	0.09
Novo Repartimento	11	0.19	0.43	0.45	0.663	0.02
Pacajá	11	0.05	0.10	0.46	0.658	0.02
Portel	11	0.16	0.04	4.12	0.002	0.65
São Félix do Xingu	11	-0.39	1.02	-0.38	0.714	0.02
Internações totais vs desmatamento						
Local	n	β	Erro-padrão	T	p	R ²
Altamira	11	-2.95	1.39	-2.13	0.062	0.33
Anapu	11	-3.82	2.83	-1.35	0.210	0.17
Itaituba	11	-2.43	2.07	-1.18	0.270	0.13
Novo Progresso	11	-0.54	0.38	-1.42	0.189	0.18
Novo Repartimento	11	0.40	1.15	0.35	0.734	0.01
Pacajá	11	-0.27	0.33	-0.80	0.442	0.07
Portel	11	0.14	0.31	0.47	0.648	0.02
São Félix do Xingu	11	0.96	1.00	0.96	0.360	0.09

Desfecho = internações; preditor = focos de queimadas ou desmatamento. n: anos por município; β : variação média nas internações por 1 unidade do preditor; R²: coeficiente de determinação. Valores em negrito indicam p < 0,05.

No presente estudo, crianças menores de cinco anos e idosos foram os grupos mais vulneráveis, corroborando evidências de que o PM_{2.5} atravessa barreiras biológicas, induz inflamação sistêmica e agrava doenças respiratórias e cardiovasculares^{13,14}. O aumento expressivo das internações infantis no município de Portel reforça a necessidade de ações específicas de proteção à infância, sobretudo em áreas com acesso limitado a serviços especializados de saúde.

O predomínio masculino nas internações, com exceção dos municípios de Novo Repartimento e Portel, diverge de alguns estudos que apontam maior vulnerabilidade entre mulheres, atribuída à maior exposição domiciliar a poluentes³⁸. No contexto paraense, fatores socioculturais, diferenças de acesso aos serviços de saúde e a menor adesão masculina a medidas preventivas podem explicar esse padrão³⁹. Esses achados sugerem que análises de gênero devem ser aprofundadas em pesquisas futuras, considerando não apenas fatores fisiológicos, mas também determinantes sociais e contextuais.

É importante reconhecer que o presente estudo utilizou números absolutos de internações hospitalares, sem padronização por população residente ou faixa etária. Essa limitação restringe a comparabilidade direta entre municípios e impede estimar a proporção populacional mais afetada pelas queimadas. Ainda

assim, as tendências observadas — especialmente o aumento de internações entre crianças menores de cinco anos e idosos com mais de 60 anos — corroboram achados prévios^{40,41} e reforçam a vulnerabilidade desses grupos frente à poluição atmosférica associada às queimadas. Estudos complementares poderão, futuramente, incorporar taxas ajustadas por população e variáveis demográficas, de modo a refinar as estimativas de risco e ampliar a compreensão dos impactos diferenciais entre faixas etárias.

A análise estratificada por município mostrou que apenas Portel apresentou associação estatisticamente significativa entre queimadas e internações, evidenciando que localidades fora do "arco do desmatamento" também sofrem impactos relevantes. O aumento expressivo das internações infantis em Portel reforça a necessidade de medidas específicas de proteção à infância, especialmente em áreas isoladas e com menor acesso a serviços especializados de saúde.

Estudos prévios conduzidos em outras regiões da Amazônia e do Cerrado apontam que a intensidade local das queimadas, combinada às condições meteorológicas, pode gerar variações na morbidade^{11,42}. A queda abrupta nas internações em 2020–2021, coincidente com a pandemia de COVID-19, reforça as limitações do uso exclusivo de

registros hospitalares, uma vez que essa redução pode refletir subnotificações decorrentes da dificuldade de acesso aos serviços de saúde e do receio da população em buscar atendimento⁴³.

Embora os dados analisados não permitam inferências causais em nível individual, a consistência dos padrões observados aponta para a urgência de políticas públicas integradas, que associem a redução do desmatamento ao controle das queimadas, articuladas com medidas de vigilância ambiental e epidemiológica. O fortalecimento do monitoramento da qualidade do ar e a ampliação de programas de saúde direcionados a populações vulneráveis podem reduzir a carga de doenças cardiorrespiratórias na região.

Além disso, considerando a importância global da Amazônia para o equilíbrio climático, os impactos das queimadas transcendem as fronteiras regionais, reforçando a necessidade de soluções cooperativas e integradas em escala nacional e internacional.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que, na Amazônia paraense, períodos de maior atividade de desmatamento coincidiram com a intensificação das queimadas em anos específicos, com destaque para 2014 e o intervalo entre 2019 e 2022, quando se observaram picos de internações cardiorrespiratórias. Verificou-se heterogeneidade entre municípios, com destaque para Portel, onde a associação entre queimadas e internações foi estatisticamente significativa, enquanto em outras localidades os resultados foram menos consistentes.

Em relação à faixa etária, crianças menores de cinco anos e idosos com mais de 60 anos concentraram a maior proporção de internações no período, padrão compatível com o descrito na literatura, ainda que a ausência de padronização populacional impeça inferências proporcionais diretas.

No agregado espaço-temporal, os modelos com efeitos fixos de município e ano não apontaram associações robustas entre queimadas ou desmatamento e o total de internações, evidenciando a complexidade do fenômeno e a necessidade de recortes espaciais e temporais mais específicos para sua interpretação. Em conjunto, os achados sugerem que interações entre mudanças no uso da terra, variabilidade climática e condições locais podem coincidir com o aumento da morbidade cardiorrespiratória, ainda que de forma não uniforme no território.

Do ponto de vista das políticas públicas, os resultados reforçam a necessidade de ampliar

o monitoramento da qualidade do ar na região amazônica — preferencialmente em tempo real — e de adotar protocolos de proteção a grupos vulneráveis durante episódios de fumaça.

Para pesquisas futuras, recomenda-se estimar taxas ajustadas por população e faixa etária, empregar métricas diretas de exposição, incorporar variáveis meteorológicas e explorar modelos causais e séries temporais de maior resolução, a fim de aprimorar a robustez das inferências e subsidiar respostas mais efetivas em saúde coletiva na Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela disponibilização dos dados de desmatamento e focos de queimadas, e ao Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) pelo acesso às informações de internações hospitalares.

Agradecemos, ainda, à Coalizão Respira Amazônia, da qual SFM é membro, e ao Laboratório de Botânica da Universidade Federal do Pará (LABOT/UFPA) pelo apoio acadêmico e científico, ao Grupo de Trabalho em Ecossistemas Amazônicos e Mudanças Globais (GTEAM/UFPA) pela colaboração nas discussões e interpretações dos resultados.

APOIO FINANCEIRO

Este estudo contou com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/UFPA) e do Programa de Extensão para a Implementação da Política Nacional de Vigilância em Saúde do SUS e a Participação da Comunidade, desenvolvido em parceria entre o Ministério da Saúde, o Sistema Único de Saúde (SUS), o Decanato de Extensão da Universidade de Brasília, o Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Instituições Públicas de Educação Superior Brasileiras (Forproex) e a Federação Nacional dos Farmacêuticos (Fenafar).

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não há conflito de interesses de natureza pessoal, comercial, acadêmica, política ou financeira relacionado à elaboração e publicação deste manuscrito.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

EVPR: idealização e desenho do estudo; coleta e interpretação dos dados; redação do manuscrito. SFM: idealização e desenho do estudo; análise e interpretação dos dados; redação e revisão crítica do manuscrito.



REFERÊNCIAS

- 1 PRATES, A. P. L.; GONÇALVES, M. A.; ROSA, M. R. *Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil*. Brasília: MMA, 2012.
- 2 ARANA, A. A. *A composição elementar do aerossol atmosférico em Manaus e Balbina*. 2009.
- 3 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2022: Resultados preliminares*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 set. 2025.
- 4 INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Projeto PRODES: Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite*. São José dos Campos: INPE, 2024. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 15 set. 2025.
- 5 HERAWATI, H.; SANTOSO, H. Susceptibilidade e risco de incêndio de florestas tropicais sob mudanças climáticas: uma revisão da natureza, política e instituições de incêndio na Indonésia. *Forest Policy and Economics*, v. 13, n. 4, p. 227-233, 2011.
- 6 CUSTODIO, D.; ALVES, C.; JOMOLCA, Y.; VASCONCELLOS, P. C. Carbonaceous components and major ions in PM10 from the Amazonian Basin. *Atmospheric Research*, v. 215, p. 75-84, 2019.
- 7 SILVEIRA, M. V. F.; PETRI, C. A.; BROGGIO, I. S.; CHAGAS, G. O.; MACUL, M. S.; LEITE, C. C. S.; FERRARI, E. M. M.; AMIM, C. G. V.; FREITAS, A. L. R.; MOTTA, A. Z. V.; CARVALHO, L. M. E.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C. *Land*, v. 9, 516, 2020.
- 8 SILVA-JÚNIOR, C. H. L.; ARAGÃO, L. E. O. C.; FONSECA, M. G.; ALMEIDA, C. T.; VEDOVATO, L. B.; ANDERSON, A. O. Deforestation-Induced Fragmentation Increases Forest Fire Occurrence in Central Brazilian Amazonia. *Forests*, v.9, n. 6, 305. <https://doi.org/10.3390/f9060305>, 2018.
- 9 LAPOLA, D. M.; PINHO, P.; BARLOW, J.; ARAGÃO, L. E. O. C.; BERENGUER, E.; CARMENTA, R.; LIDDY, H. M.; SEIXAS, H.; SILVA, C. V. J.; SILVA-JUNIOR, C. H. L.; ALENCAR, A. A. C.; ANDERSON, L. O.; ARMENTERAS, D.; BROVKIN, V.; CALDERS, K.; CHAMBERS, J.; CHINI, L.; COSTA, M. H.; FARIA, B. L.; FEARNESIDE, P. M.; FERREIRA, J.; GATTI, L.; GUTIERREZ-VELEZ, V. H.; HAN, Z.; HIBBARD, K.; KOVEN, C.; LAWRENCE, P.; PONGRATZ, J.; PORTELA, B. T. T.; ROUNSEVELL, M.; RUANE, A. C.; SCHALDACH, R.; SILVA, S. S.; VON RANDOW, C.; WALKER, W. S. The drivers and impacts of Amazon forest degradation. *Science*, v. 379, n. 6630, p. 270-276. DOI:10.1126/science.abp86226, 2023.
- 10 INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Banco de Dados de Queimadas – BDQueimadas*. São José dos Campos: INPE, 2024.
- 11 FERNANDES, T.; HACON, S. S.; NOVAIS, J. W. Z. Dinâmica temporal de focos de calor e seus condutores de pressão no Sudeste Paraense. *Nativa*, v. 7, n. 6, p. 681-692. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i6.7909>, 2019.
- 12 SILVA, M. S. A. et al. Atuação da fiscalização ambiental no controle e prevenção de queimadas na cidade de Altamira, Pará. *Revista de Educação, Saúde e Ciências do Xingu*, v. 1, n. 5, p. 2675-2956, 2022.
- 13 GOUVEIA, N.; WASHINGTON, L. J.; ESCALA investigators. Health effects of air pollution from biomass burning in the Amazon. *Environmental Research*, Jan, v. 232:385-391.
- 14 REID, C. E.; BRAUER, M.; JOHNSTON, F. H.; JERRETT, M.; BALMES, J. R.; ELLIOTT, C. T. Critical Review of Health Impacts of Wildfire Smoke Exposure. *Environmental Health Perspectives*, v.124, n. 9: p.1334-1343.
- 15 NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; BORMA, L. S.; CASTILLA-RUBIO, J. C.; SILVA, J. S.; CARDOSO, M. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 113, n. 39, p. 10759-10768.1605516113, 2016.
- 16 MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C.; RONCHAIL, J.; ALVES, L. M. Tropical South America east of the Andes: mean climate and variability. In: Blunden, J., and D. S. Arndt, Eds., 2017: State of the Climate in 2016. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 98, n. 8: Si-S277.1, 2018.
- 17 MAPBIOMAS. *Projeto MapBiomass – Coleção 9.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*. São Paulo, 2024.
- 18 LIMA, R. J. S.; FONTINHAS, R.; GASPAR, M.; LISTO, I.; GUIMARÃES, P. Proposta de divisão do Estado do Pará em regiões hidrográficas. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa*. São Paulo, p. 25-29, 2001.
- 19 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Panorama do Estado do Pará – Portal Cidades@*. 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 03 julho de 2024.
- 20 SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE (SUS). Departamento de Informática – DATASUS/TabNet. Brasília: Ministério da Saúde, 2024.
- 21 LIMA, A. C.; JANUÁRIO, M. C.; LIMA, P. T.; SILVA, W. DE M. DATASUS: o uso dos sistemas de informação na saúde pública. *Revista Fatec Zona Sul*, v. 1, n. 3, p. 16-31, 2015.

- 22 FEARNSTIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 680-688, 2005.
- 23 NEPSTAD, D. C. et al. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 363, p. 1737-1746, 2008.
- 24 SILVA, C. H. L.; FEARNSTIDE, P. M. Amazonian deforestation and fires linked to climate extremes. *Environmental Research Letters*, v. 18, p. 034031, 2023.
- 25 BARLOW, J.; LENNOX, G. D.; FERREIRA, J.; BERENGUER, E.; LEES, A. C.; MAC NALLY, R.; THOMSON, J. R.; DE BARROS FERRAZ, S. F.; LOUZADA, J.; OLIVEIRA, V. H. F.; PARRY, L.; SOLAR, R. R. C.; VIEIRA, I. C. G.; ARAGÃO, L. E. O. C.; BEGOTTI, R. A.; BRAGA, R. F.; CARDOSO, T. M.; OLIVEIRA JR., R. C.; SOUZA JR., C. M.; MOURA, N. G.; NUNES, S. S.; SIQUEIRA, J. V.; PARDINI, R.; SILVEIRA, J. M.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; VEIGA, R. C. S.; VENTURIERI, A.; GARDNER, T. A. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*, v. 535, n. 7610, p. 144–147.
- 26 INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Relatório anual de desmatamento e queimadas – 2024*. São José dos Campos: INPE, 2024. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas>. Acesso em 06 maio de 2025.
- 27 VASCONCELOS, S. S. et al. Fire in Amazonian forests: the role of land use and climatic variability. *Ecological Applications*, v. 25, n. 6, p. 1493-1505, 2015.
- 28 ARAGÃO, L. E. O. C. et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*, 2018.
- 29 WMO – World Meteorological Organization. *State of the Climate in South America 2024*. Geneva: WMO, 2024.
- 30 JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; MATTAR, C.; BARICHIVICH, J.; SANTAMARÍA-ARTIGAS, A.; TAKAHASHI, K.; MALHI, Y.; SOBRINO, J. A.; VAN DER SCHRIER, G. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016. *Scientific Reports*, v. 6, n. 33130.
- 31 SILVA, C. H. L.; FEARNSTIDE, P. M. Amazonian deforestation and fires linked to climate extremes. *Environmental Research Letters*, v. 18, p. 034031, 2023.
- 32 MARENGO, J. A.; SOUZA JR., C. M.; THONICKE, K.; BURTON, C.; HALLADAY, K.; BETTS, R. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. *Frontiers in Earth Science*, v. 6.
- 33 MARENGO, J. A., ESPINOZA, J., FU, R., JIMENEZ MUÑOZ, J. C., MUNIZ ALVES, L., RIBEIRO DAROCHA, H., ET AL. (2021). Chapter 22: Long-Term Variability, Extremes, and Changes in Temperature and Hydro Meteorology. In C. Nobre, et al. (Eds.), *Amazon Assessment Report 2021*. UN Sustainable Development Solutions Network (SDSN). (PDF) *The Drought of Amazonia in 2023-2024*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/384442967_The_Drought_of_Amazonia_in_2023-2024 [accessed Oct 11 2025]. INPE, 2020
- 34 INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Relatório Técnico do Programa Queimadas – Situação 2023*. São José dos Campos: INPE, 2024.
- 35 URBAN, R. C.; LIMA-SOUZA, M.; CAETANO-SILVA, L.; QUEIROZ, M. E. C.; NOGUEIRA, R. F. P.; ALLEN, A. G.; CARDOSO, A. A.; HELD, G.; CAMPOS, M. L. A. M. Use of levoglucosan, potassium, and water-soluble organic carbon to characterize the origins of biomass-burning aerosols. *Atmospheric Environment*, v. 61, p. 562–569.
- 36 IQAIR. *World Air Quality Report 2021*. Disponível em: <https://www.iqair.com/world-air-quality-report>. Acesso em 08 de maio de 2024.
- 37 MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Plano Nacional de Saúde Ambiental*. Brasília: MS, 2020.
- 38 GOUVEIA, N.I JUNGER, W.L. Effects of air pollution on infant and children respiratory mortality in Latin America. *Environmental Pollution*, v. 232, p. 385-391, 2018.
- 39 WU, S. The health impact of household cooking fuel choice on women: evidence from China. *Sustainability*, v. 13, n. 21, p. 12080.
- 40 CASTRO, H. A. et al. Health effects of air pollution in São Paulo, Brazil: an analysis by gender and age. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 29, n. 3, p. 558-566, 2013.
- 41 RAPPOLD, A. G., REYES, J., POULIOT, G., CASCIO, W. E.; DIAZ-SANCHEZ, D. (2017). Community vulnerability to health impacts of wildland fire smoke exposure. *Environmental Science & Technology*, v. 51, n. 12, p. 6674–6682.
- 42 IGNOTTI, E., VALENTE, J. G., LONGO, K. M., FREITAS, S. R., HACON, S. S.; ARTAXO, P. Impact on human health of particulate matter emitted from burning in the Brazilian Amazon region. *Revista de Saúde Pública*, v. 44, n. 1, p. 121–130, 2010.

- 43 HACON, S. S.; SILVA, H. R.; IGNOTTI, E.; OLIVEIRA, B. F. A.; ARTAXO, P.; HACHICH, E. M.; CASTRO, H. A. de; MENEZES-FILHO, J. A.; LACERDA, A. C.; MATTOS, I. E. Particulate matter originating from biomass burning and respiratory diseases: a study of temporal associations. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, n. 2, p. 345–352.
- 44 BRAGA, A. L. F. et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil. *Environmental Research*, v. 212, p. 113395, 2022.

Recebido em / Received: 15/9/2025
Aceito em / Accepted: 12/11/2025

Este artigo compõe a Seção Temática "Saúde e Meio Ambiente na Pan-Amazônia: Ciência, Território e Resistência em tempos de crise climática" em alusão à 30ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 30).

Como citar este artigo / How to cite this article:

Parente EVR, Mardegan SF. Queimadas e saúde na Amazônia: tendências temporais das internações cardiorrespiratórias no estado do Pará, Brasil (2013–2023). *Rev Pan Amaz Saude*. 2025;16:e202501832. Doi: <https://doi.org/10.5123/S2176-6223202501832>