III SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA HUMANA
26 a 28 de agosto de 2026

ANÁLISE TEMPORAL DA TAXA DE MORTALIDADE POR DOENÇAS DO APARELHO CIRCULATÓRIO EM IDOSOS: INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM SANTARÉM (PA), 2010–2024.

Natália Karoline Silva de Melo (1); Hamon Wallace Da Silva Santos(2), Ana Carla dos Santos Gomes(3)
(1) Discente do curso de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), nataliacarolinemelo@gmail.com
(2) Discente do Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará (PPGRNA/Ufopa),wallacehamon@gmail.com
(3)Docente do Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará (PPGRNA/Ufopa), anacarlasg02@gmail.com

RESUMO

A poluição atmosférica e as variáveis meteorológicas podem influenciar diretamente a saúde da população, especialmente em grupos vulneráveis, como idosos (60 anos ou mais). O presente estudo teve como objetivo analisar a relação entre variáveis meteorológicas, concentrações de material particulado (PM_{10} e $PM_{2,5}$) e a taxa de mortalidade por doenças circulatórias em idosos em Santarém, município do Oeste do Pará. Os dados foram obtidos a partir do Sistema de Informações Ambientais Integrados à Saúde (SISAN), incluindo reanálises de material particulado (PM_{10} e $PM_{2,5}$) e registros de mortalidade obtidos no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). As análises estatísticas foram realizadas no software R, utilizando estatística descritiva e a técnica da correlação linear. Os resultados evidenciaram aumento das concentrações de material particulado durante o período menos chuvoso e correlação moderada positiva entre os poluentes e a temperatura (0,486 e 0,432) e negativa com a umidade (-0,474 e -0,430), não ajustando correlação linear com as taxas de mortalidade. Os resultados evidenciam a influência das condições meteorológicas sobre a variabilidade das concentrações de material particulado, reforçando a importância do monitoramento ambiental contínuo e de estudos adicionais para melhor compreender os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde de populações vulneráveis.

Palavras-chave (máximo 5): Poluição atmosférica; $PM_{2,5}$; Biometeorologia; Saúde ambiental; Amazônia.

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica representa um dos principais problemas ambientais e de saúde pública no mundo, estando associada ao agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares (SALDIVA et al., 2011). Entre os principais poluentes atmosféricos destacam-se o material particulado inalável PM_{10} e as partículas finas $PM_{2,5}$, capazes de penetrar no sistema respiratório e provocar diversos impactos à saúde humana. Dependendo da origem, da composição química e do tamanho das partículas, os efeitos do material particulado podem variar. Partículas maiores depositam-se predominantemente nas vias aéreas superiores, enquanto partículas menores conseguem atingir regiões mais profundas do sistema respiratório, como bronquíolos e alvéolos pulmonares (CORRÊA, 2021).

Na região amazônica, as condições meteorológicas exercem forte influência sobre a dispersão e concentração dos poluentes atmosféricos. Durante o período menos chuvoso, caracterizado pela redução da precipitação e da umidade relativa do ar, ocorre maior permanência de partículas em suspensão na atmosfera, favorecendo a deterioração da qualidade do ar. Além das condições climáticas, a sazonalidade ambiental pode influenciar indicadores de saúde pública, especialmente em grupos mais vulneráveis, como idosos (MURARA; AMORIM, 2010). Dessa forma, torna-se relevante investigar a relação entre variáveis meteorológicas, concentrações de material particulado e mortalidade por doenças circulatórias na região de Santarém.

2. OBJETIVO

Analisar a relação entre variáveis meteorológicas, concentrações de material particulado (PM_{10} e $PM_{2,5}$) e a taxa de mortalidade por doenças do aparelho circulatório em idosos no município de Santarém (PA), no período de 2010 a 2024.

3. MÉTODO

Foram utilizados dados meteorológicos provenientes do Sistema de Informações Ambientais Integrados à Saúde (SISAN), incluindo temperatura do ar (°C), umidade relativa (%) e precipitação (mm), Também foram utilizados dados de concentração de material particulado PM10 e PM2,5 (µg/m³) e registros de mortalidade por doenças circulatórias obtidos no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS).

Os dados foram organizados em escala mensal e analisados no software R. Inicialmente, realizou-se análise estatística descritiva por meio de boxplots mensais, permitindo identificar padrões sazonais, dispersão dos dados e ocorrência de valores discrepantes. Posteriormente, foi elaborada uma matriz de correlação entre as variáveis ambientais e a taxa de mortalidade, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson, com o objetivo de avaliar as associações entre as variáveis meteorológicas, as concentrações de material particulado (PM_{10} e $PM_{2,5}$) e a mortalidade por doenças do aparelho circulatório em idosos.

4. RESULTADOS

A análise das variáveis meteorológicas revelou forte sazonalidade climática no município de Santarém (PA). Os maiores índices de precipitação ocorreram entre janeiro e maio, enquanto os menores valores foram registrados entre agosto e outubro, caracterizando o período menos chuvoso da região. A temperatura do ar apresentou menores amplitudes ao longo do ano, enquanto a umidade relativa reduziu significativamente durante os meses menos chuvosos. Esses padrões podem ser observados nas Figuras 1, 2 e 3.

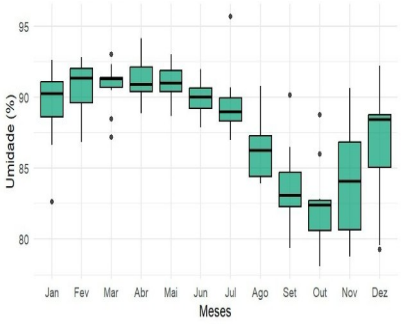


Figura 1 – Umidade relativa mensal

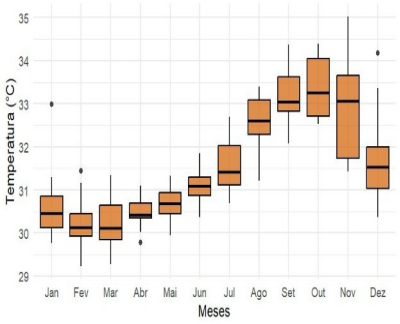


Figura 2 – Temperatura mensal

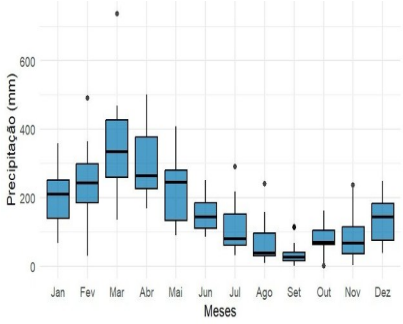


Figura 3 – Precipitação mensal

As concentrações de (PM_{10} e $PM_{2,5}$) apresentaram comportamento sazonal, com maiores valores observados durante o período menos chuvoso. Esse aumento ocorreu simultaneamente à redução da umidade relativa do ar e da precipitação, sugerindo influência das condições meteorológicas sobre a concentração de partículas em suspensão na atmosfera. Esses padrões podem ser observados nas Figuras 4 e 5.

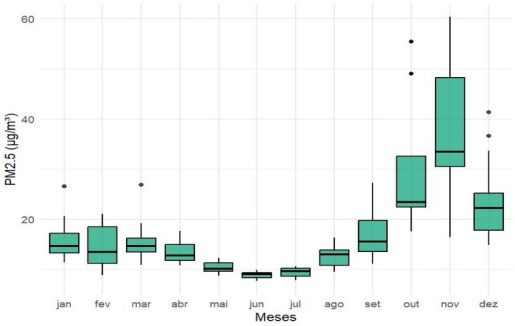


Figura 5 – PM2,5 mensal

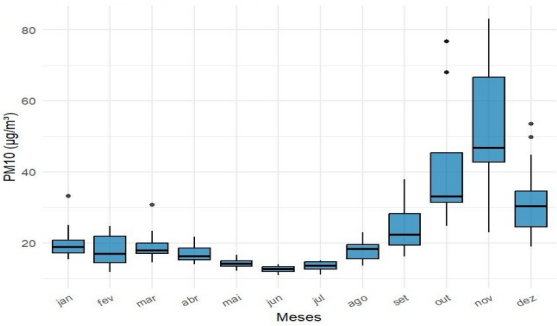


Figura 4 – PM10 mensal .

A taxa de mortalidade por doenças do aparelho circulatório apresentou variabilidade ao longo dos meses do ano, sem um padrão sazonal claramente definido. Observam-se diferenças entre as medianas mensais e a presença de valores extremos em alguns meses, indicando flutuações interanuais da mortalidade ao longo do período analisado, conforme apresentado na Figura 6. A evolução anual da taxa de mortalidade também apresentou oscilações ao longo do período de 2010 a 2024, com alternância entre anos de maior e menor ocorrência de óbitos, sem tendência crescente ou decrescente claramente definida. Esses padrões podem ser observados na Figura 7.

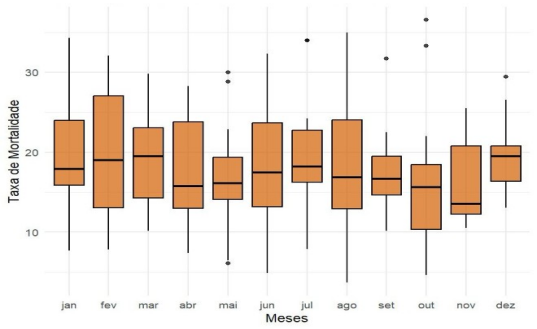


Figura 6- Taxa de mortalidade mensal por doenças circulatórias

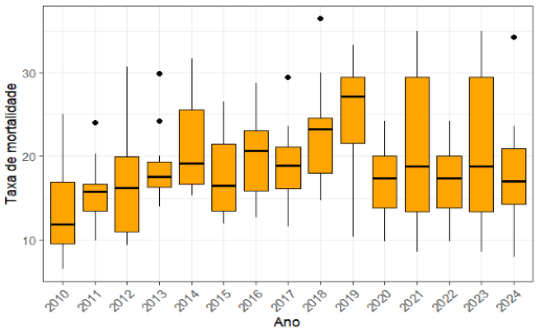


Figura 7- Taxa de mortalidade anual por doenças circulatórias

A análise da matriz de correlação evidenciou relação entre as variáveis meteorológicas e as concentrações de material particulado. Observou-se correlação moderada positiva entre temperatura e PM_{10} (r=0,486) e $PM_{2,5}$ (r=0,432), bem como correlação moderada negativa entre umidade relativa do ar e PM_{10} (r=-0,474) e $PM_{2,5}$ (r=-0,430). As correlações entre os poluentes atmosféricos e a taxa de mortalidade foram fracas, indicando ausência de relação linear expressiva no período analisado.

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de correlação entre as variáveis meteorológicas, as concentrações de material particulado e a taxa de mortalidade por doenças circulatórias.

Tabela 1 – Coeficientes de correlação entre variáveis meteorológicas, material particulado e mortalidade.

Variáveis	**Mortalidade**	**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	Temperatura	Umidade	Precipitação
Mortalidade	1,00					
PM_{10}	-0,116	1,00				
$PM_{2,5}$	-0,111	0,995	1,00			
Temperatura	-0,048	**0,486**	**0,432**	1,00		
Umidade	0,170	**-0,474**	**-0,430**	-0,856	1,00	
Precipitação	0,028	-0,284	-0,232	-0,745	0,669	1,00

Os resultados observados em Santarém apresentam comportamento semelhante ao descrito por Almeida et al. (2025), que identificaram associação entre variáveis meteorológicas e concentrações de $PM_{2,5}$. No presente estudo, observou-se aumento das concentrações de poluentes atmosféricos durante a estação menos chuvosa, associado à redução da umidade relativa do ar e ao aumento da temperatura. Esse comportamento pode estar relacionado às condições atmosféricas predominantes durante a estação seca na Amazônia, caracterizadas pela menor ocorrência de precipitação e redução dos mecanismos de remoção úmida de partículas da atmosfera. Além disso, temperaturas mais elevadas e menores valores de umidade relativa favorecem a permanência e dispersão de partículas em suspensão, contribuindo para a deterioração da qualidade do ar. Dessa forma, os resultados evidenciam a influência da sazonalidade climática sobre a variabilidade das concentrações de poluentes atmosféricos.

Diferentemente das concentrações de PM_{10} e $PM_{2,5}$, que apresentaram comportamento sazonal associado às condições meteorológicas, a taxa de mortalidade por doenças do aparelho circulatório não apresentou um padrão sazonal bem definido. Esse resultado é consistente com os baixos coeficientes de correlação observados entre a mortalidade e os poluentes atmosféricos, sugerindo que outros fatores, além das variáveis ambientais analisadas, podem influenciar a ocorrência de óbitos por doenças circulatórias na população estudada. A variabilidade observada na série anual de mortalidade indica que esse desfecho pode estar associado à interação de múltiplos fatores, incluindo características demográficas, condições de acesso aos serviços de saúde e fatores socioambientais não contemplados nesta análise. Dessa forma, a mortalidade por doenças circulatórias parece responder a um conjunto mais complexo de determinantes do que aquele representado apenas pelas concentrações de material particulado e pelas variáveis meteorológicas avaliadas.

5. CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram influência da sazonalidade climática sobre a concentração de material particulado na região de estudo em Santarém, especialmente durante o período de menor precipitação. Apesar das fracas correlações observadas com a mortalidade por doenças circulatórias, o estudo reforça a importância do monitoramento ambiental em pesquisas relacionadas à saúde pública. Embora não tenha sido observada associação linear expressiva entre os poluentes atmosféricos e a mortalidade analisada, recomenda-se a realização de estudos futuros utilizando séries temporais mais detalhadas e técnicas estatísticas mais robustas, capazes de considerar possíveis efeitos defasados da exposição aos poluentes e a influência de fatores socioambientais adicionais sobre a ocorrência desses óbitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MURARA, P. G.; AMORIM, M. C. C. T. Clima e saúde: variações atmosféricas e óbitos por doenças circulatórias. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 79-96, 2010.

SALDIVA, P. H. N. et al. Air pollution and health in cities. Clinics, São Paulo, v. 66, n. 10, p. 1811-1816, 2011.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Óbitos por ocorrência por ano do óbito segundo município: Santarém (PA), Capítulo IX – Doenças do aparelho circulatório, faixa etária de 60 anos ou mais, período de 2010 a 2024. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025. Disponível em: https://datasus.saude.gov.br/.

CORRÊA, A. V. S. Relação das queimadas e os casos de doenças respiratórias em crianças e idosos na época da seca no Tocantins. Revista de Patologia do Tocantins, Palmas, v. 8, n. 1, p. 69-73, 2021.

ALMEIDA, D. O. et al. Variabilidade na Qualidade do Ar: Uma Abordagem Comparativa entre Zonas Urbana e Periurbana em Santarém, Pará. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 18, n. 2, p. 863-879, 2025.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, Recife, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009

.BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAN). Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025. Disponível em: https://sisam.saude.gov.br/. .

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) pelo suporte acadêmico, à Professora Doutora Ana Carla dos Santos Gomes pela orientação no desenvolvimento deste trabalho, e ao projeto “Rede Piloto de Inovação e Monitoramento da Qualidade do Ar na Região do Oeste do Pará, Cuidadores do Ar” pela concessão da bolsa e apoio à pesquisa.