



ANÁLISE DA AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DAS TAXAS DE INTERNAÇÃO POR DOENÇAS DO APARELHO RESPIRATÓRIO PARA O BRASIL ENTRE 1999 E 2022

Gabriela Gomes¹

Liliane Moreira Nery²

Bethânia Santos Carvalho³

Luis Armando de Oro Arenas⁴

Leopoldo André Dutra Lusquino Filho⁵

Darllan Collins da Cunha e Silva⁶

Estudo dos efeitos da degradação ambiental, poluição e mudanças climáticas na saúde humana, incluindo doenças respiratórias, alergias e outros problemas de saúde.

Resumo

As Doenças do Aparelho Respiratório (DAR), tanto agudas quanto crônicas, afetam pessoas de todas as idades e se manifestam de diversas formas. No Brasil, essas doenças representam a segunda maior causa de internações hospitalares. Geotecnologias têm se mostrado ferramentas essenciais na identificação dessas enfermidades, pois permitem mapear sua ocorrência e analisar os fatores que influenciam sua disseminação. O objetivo do estudo é analisar a autocorrelação espacial das taxas de internação por Doenças do Aparelho Respiratório nos municípios brasileiros entre 1999 e 2022 por meio do Índice de Moran Global. Verifica-se a existência de uma autocorrelação espacial positiva de fraca a levemente moderada entre os municípios brasileiros nos anos analisados. O ano de 2008 se destacou por apresentar a autocorrelação mais baixa (0,15), enquanto o ano de 2016 registrou a mais alta (0,37). Observa-se que entre 2019 e 2021 houve uma redução considerável nos valores do Índice de Moran, podendo estar relacionada a ocorrência da pandemia do Covid-19. A exposição a fatores de risco, como poluição ambiental, tabagismo, condições socioeconômicas, agentes biológicos e variações climáticas, contribui para o aumento das internações por doenças respiratórias. Uma análise de autocorrelação espacial envolvendo variáveis climáticas e socioeconômicas pode revelar como esses fatores estão relacionados e influenciam a saúde respiratória nos municípios brasileiros.

Palavras-chave: Geotecnologias; Saúde Coletiva; Análise Espacial; Índice de Moran

¹ Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, Departamento de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, gabriela.gomes98@unesp.br

² Doutoranda em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, Departamento de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, liliane.nery@unesp.br

³ Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, Departamento de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, bethania.santos@unesp.br

⁴ Prof. Dr. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, Departamento de Engenharia Ambiental, luis.arenas@unesp.br

⁵ Prof. Dr. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, Departamento de Engenharia de Controle e Automação, leopoldo.lusquino@unesp.br

⁶ Prof. Dr. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, Departamento de Engenharia Ambiental, darllan.collins@unesp.br

REALIZAÇÃO



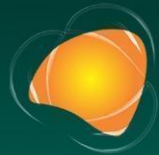
INTRODUÇÃO

As Doenças do Aparelho Respiratório (DAR), sendo elas agudas ou crônicas, acomete todas as faixas etárias e se manifestam de diferentes formas. Dentre as crônicas, as doenças das vias aéreas inferiores são as mais frequentes, como a bronquite, o enfisema e a asma. Quanto as agudas, se destaca as doenças das vias aéreas superiores, como a influenza (gripe) e a pneumonia (Alexandrino et al., 2022; Dias et al., 2020).

As doenças respiratórias, apesar de menos letais que as cardiovasculares, foram a segunda principal causa de anos de vida perdidos por incapacidade no Brasil, atrás apenas das doenças neuropsiquiátricas, exercendo impacto significativo tanto nas condições de saúde quanto no sistema de saúde brasileiro (Antunes et al., 2013). No Brasil, as doenças respiratórias representam a segunda maior razão para internações hospitalares, com um total de 5.928.712 hospitalizações entre 2013 e 2017 (Dias et al., 2017). Em relação aos óbitos, as complicações respiratórias são a principal causa de morte durante internações, correspondendo a 19,5% dos casos (Dias et al., 2017).

A poluição do ar, as mudanças climáticas e as infecções microbianas são os principais fatores responsáveis por doenças respiratórias (Almetwally et al., 2020). As mudanças climáticas representam um problema global urgente, impactando vários aspectos da vida humana, incluindo a saúde. Uma das principais consequências é sua influência na qualidade do ar, que afeta diretamente a saúde respiratória (Chang et al., 2023).

As geotecnologias têm se mostrado ferramentas fundamentais na identificação de doenças, uma vez que permite mapear suas ocorrências e analisar os fatores que influenciam sua disseminação. A visualização da distribuição espacial e geográfica das doenças, frequentemente relacionada ao contexto ambiental da área, auxiliam na tomada de decisões para mitigar ou resolver os problemas em questão (Lemos et al., 2024). Portanto o objetivo do estudo é analisar a autocorrelação espacial das taxas de internação por Doenças do Aparelho Respiratório nos municípios brasileiros entre 1999 e 2022 por meio do Índice de Moran Global.



METODOLOGIA

A presente pesquisa concentra-se no território brasileiro, que se estende por aproximadamente 8,51 milhões de km² e inclui sua aplicação a nível municipal, abrangendo todos os 5.570 municípios do país. Com uma população estimada em cerca de 203.080.756 habitantes (IBGE, 2022), o Brasil classifica-se entre os dez países mais populosos do mundo, destacando-se como o maior da América do Sul.

Por meio do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), foram coletados dados anuais de internação por Doenças do Aparelho Respiratório (DAR) para todos os 5.570 municípios analisados, abrangendo o período de 1999 a 2022. Em seguida, foi criada uma taxa de morbidade por internação para cada 100.000 habitantes (Equação 1), utilizando como referência a população municipal de cada ano, conforme os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

$$Taxa = \frac{Internação_{município}}{Pop_{município}} \times 100.000 \quad (1)$$

Sendo:

Taxa: é a taxa de internação por DAR para cada município brasileiro;

Internação_{município}: é o número bruto de internação por DAR ocorrido durante o período de um ano para cada município brasileiro;

Pop_{município}: é o número bruto da população de cada município divulgado pelo IBGE.

O Índice de Moran Global (Equação 2) é utilizado para medir a autocorrelação espacial. Valores positivos indicam uma correlação direta entre os atributos dos objetos e seus vizinhos (> 0 e ≤ 1), enquanto valores negativos refletem uma correlação inversa (< 0 e ≥ -1) (Silva et al., 2014), enquanto valores próximos a 0 indicam a inexistência de um padrão espacial.

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \text{ para } i \neq j \quad (2)$$

Onde:

I é o índice de Moran Global para DAR;



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

n corresponde ao número de áreas (municípios);

y_i é o valor do atributo considerado na área i ;

y_j é o valor do atributo considerado na área j ;

y representa o valor médio do atributo na região de estudo;

w_{ij} são os pesos atribuídos na determinação da matriz de proximidade conforme a conexão entre as áreas i e j .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Índice de Moran Global variou entre 0,15 (mínimo) e 0,37 (máximo) entre 1999 e 2022 (Tabela 1), esses dados mostram que existe uma autocorrelação espacial positiva de fraca a levemente moderada entre os municípios brasileiros nos anos analisados.

Tabela 1: Índice de Moran Global.

1999-2022	Moran Global	Índice Esperado	Variância	z-score	p-value
Máximo	0,37145	-0,00018	0,00006	47,15186	0,00
Médio	0,28925	-0,00018	0,00006	36,66128	0,00
Mínimo	0,15272	-0,00018	0,00006	19,35125	0,00

Em todos os anos analisados, foi obtido um valor de p de aproximadamente 0,00 ($< 0,05$), indicando que os resultados foram estatisticamente significativos e levando à rejeição da hipótese nula. Isso demonstra que as diferenças observadas não são resultado do acaso. O z-score calculado para o Índice de Moran Global em todos os anos foram superiores a 2,58, correspondendo a um nível de confiança de 99%. Esse resultado indica que o valor observado do Índice de Moran apresenta um desvio significativo em relação ao valor esperado sob a hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial, corroborando a existência de padrões espaciais relevantes.

O Moran Global obteve uma média de aproximadamente 0,29, evidenciando que existe uma autocorrelação espacial positiva relativamente fraca, onde os municípios vizinhos podem tender a apresentar taxas de internação por DAR semelhantes. Esse resultado mostra que apesar de existir padrões espaciais e temporais, nem todos os municípios (vizinhos) apresentam características



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

semelhantes, existindo variações significativas. Figura 1 apresenta o Índice de Moran Global para os anos analisados.

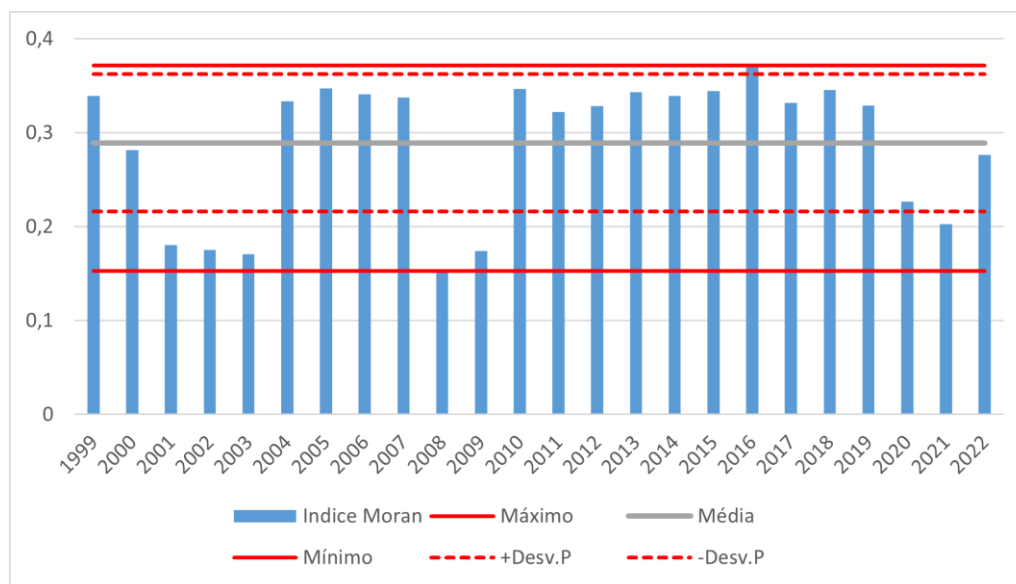


Figura 1: Índice de Moran Global para os municípios brasileiros entre 1999 e 2022.

Os resultados mostram que os dados estão concentrados em torno da média e com baixa dispersão, pois o desvio padrão acima da média foi de aproximadamente 0,36, enquanto o que o desvio padrão abaixo da média foi de 0,22.

O ano de 2008 se destacou por apresentar a autocorrelação mais baixa (0,15), enquanto o ano de 2016 registrou a mais alta (0,37). Verifica-se que em alguns intervalos de anos o Índice de Moran Global foi acima da média, como entre 2004 e 2007 e entre 2010 e 2019.

Observa-se que entre 2019 e 2021 houve uma redução considerável nos valores do Índice de Moran, podendo estar relacionada a ocorrência da pandemia do Covid-19, onde houve uma redução nas internações por outras doenças respiratórias. Pois, a pandemia causou um aumento significativo nas internações por Covid-19 e síndrome respiratória aguda grave (SRAG), ao mesmo tempo que as hospitalizações por outras doenças respiratórias diminuíram temporariamente, devido tanto às medidas preventivas quanto à hesitação das pessoas em buscar atendimento médico.

Exposição a fatores de risco contribuem para internação hospitalar por doenças respiratórias, como exposição a poluentes ambientais, tabagismo, condições socioeconômicas, exposição a agentes



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

biológicos e condições climáticas (Antunes et al., 2019; Rosa et al., 2008). A redução da umidade relativa do ar para níveis abaixo de 30% é vista como um fator de risco para a saúde das vias respiratórias, prejudicando a homeostase interna do sistema respiratório (Antunes et al., 2019; Azevedo et al., 2017).

Eventos climáticos extremos, que se tornaram mais frequentes com o aquecimento global, como ondas de calor intensas e prolongadas, secas generalizadas, incêndios florestais graves e temporadas de alergias mais antecipadas e intensas, colocam em risco a saúde pulmonar de adultos e crianças (Lewy et al., 2024). Projeções futuras sugerem que as mudanças climáticas e a poluição do ar terão um impacto significativo nas doenças respiratórias, especialmente entre populações vulneráveis (Tran et al., 2023). Essas ameaças são preocupantes para grupos vulneráveis, como crianças, gestantes, idosos e pessoas com doenças pulmonares, além de impactar aqueles que enfrentaram desigualdades econômicas e sociais ao longo da história, ampliando sua suscetibilidade aos efeitos das mudanças climáticas (Lewy et al., 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do Índice de Moran Global entre 1999 e 2022 evidenciou uma autocorrelação espacial positiva de fraca a levemente moderada, indicando que os municípios vizinhos tendem a apresentar taxas de internação por doenças do aparelho respiratório semelhantes. Apesar da presença de padrões espaciais e temporais identificadas na autocorrelação, existem diferenças marcantes entre os municípios vizinhos, demonstrando a complexidade e a variabilidade das características analisadas.

Recomenda-se abordagens mais detalhadas que possam explorar aspectos ainda não contemplados neste estudo, como identificar regiões de *clusters* e/ou *outliers* onde essa autocorrelação ocorre no Brasil e como ela se comporta ao longo do tempo.

Exposição a poluentes ambientais, condições socioeconômicas e mudanças climáticas, favorecem o aumento e internação por doenças respiratórias. Uma análise de autocorrelação espacial envolvendo variáveis climáticas e socioeconômicas poderiam evidenciar como essas variáveis está relacionada e afetam a saúde respiratória nos municípios brasileiros.

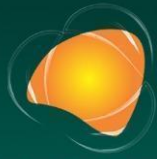


A AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Processo: 444734/2023-6.

R REFERÊNCIAS

- Almetwally, A. A.; Bin-Jumah, M.; Allam, A. A. Ambient air pollution and its influence on human health and welfare: an overview. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 24815–24830, 2020. doi:10.1007/s11356-020-09042-2
- Antunes, F. P.; Costa, M. C. N.; Paim, J. S.; Vieira-da-Silva, L. M.; Cruz, A. A.; Natividade, M.; Barreto, M. L. Desigualdades sociais na distribuição espacial das hospitalizações por doenças respiratórias. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, n. 7, p. 1349-1356, 2013. doi: 10.1590/S0102-311X2013000700009
- Chang, J-H.; Lee, Y-L.; Chang, L-T.; Chang, T-Y.; Hsiao, T-C.; Chung, K. F.; Ho, K. F.; Kuo, H-P.; Lee, K. Y.; Chuang, K-J.; Chuang, H-C. Climate change, air quality, and respiratory health: a focus on particle deposition in the lungs. **Annals of Medicine**, v. 55, p. 2, 2023. doi:10.1080/07853890.2023.2264881
- Dias, F. L. T.; Mendonça, F. D.; Pinto, G. M.; Borges, I. S. C.; Oliveira, S. V. Doenças respiratórias no Triângulo Mineiro: Análise epidemiológica e projetiva com a pandemia de COVID-19. **Journal of Health and Biological Sciences**, v. 8, n.1, p. 1-6, 2020. doi: 10.12662/2317-3076jhbs.v8i1.3219.p1-6.2020
- Dias, S. M.; Gomes, M. S.; Gomes, H. G.; Medeiros, J. S. N.; Ferraz, L. P.; Pontes, F. L. Perfil das internações hospitalares no Brasil no período de 2013 a 2017. **Revista Interdisciplinar**, v. 9, n. 4, p. 96-104, 2017.
- Lemos, J. E.; Souza, S. S.; Ramos, R. P. S.; Lima, E. R. V. Geotecnologias, sistemas de informação geográfica e suas aplicações na Geografia da saúde. **Revista Multidisciplinar Humanidades e Tecnologias**, v. 49, n. 1, 2024. doi: 10.5281/zenodo.12682741
- Lewy, J. R.; Karim, A. N.; Lokotola, C. L.; Shannon, C.; Prescott, H. C.; Rice, M. B.; Nadeau, K. C.; Shankar, H. M.; Rabin, A. S. The impact of climate change on respiratory care: A scoping review. **The Journal of Climate Change and Health**, v. 17, 2024. doi: 10.1016/j.joclim.2024.100313
- Silva, D. C. C.; Lourenço, R. W.; Cordeiro, R. C.; Cordeiro, M. R. D. Análise da relação entre a distribuição espacial das morbidades por obesidade e hipertensão arterial para o estado de São Paulo, Brasil, de 2000 a 2010. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.19, n. 6, p. 1709-1719, 2014. doi: 10.1590/1413 81232014196.15002013



21º Congresso Nacional de
MEIO AMBIENTE

de Poços de Caldas
22 a 25 DE OUTUBRO | 2024

EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Tran, H. M.; Tsai, F-J.; Lee, Y-L.; Chang, J-H.; Chang, L-T.; Chang, T-Y.; Chung, K. F.; Kuo, H-P.; Lee, K-Y.; Chuang, K-J.; Chuang, H-C. The impact of air pollution on respiratory diseases in an era of climate change: A review of the current evidence. **Science of the Total Environment**, v. 898, 2023. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166340