

CONCENTRAÇÃO E AGLOMERADOS DE RISCO PARA CÂNCER DE PULMÃO EM UM ESTADO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

CONCENTRATION AND CLUSTERS OF RISK FOR LUNG CANCER IN A STATE IN THE BRAZILIAN AMAZON

Bruna Rafaela Leite Dias

Universidade do Estado do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, PA, Brasil
bruna.dias@uepa.br

Laura Maria Vidal Nogueira

Universidade do Estado do Pará, Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Belém, PA, Brasil
lauravidal@uepa.br

Ivaneide Leal Ataíde Rodrigues

Universidade do Estado do Pará, Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Belém, PA, Brasil
ivaneide.rodrigues@uepa.br

Maria Liracy Batista de Souza

Universidade do Estado do Pará, Departamento de Enfermagem Comunitária, Belém, PA, Brasil
liracy.souza@uepa.br

Bruna Puty

Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Belém, PA, Brasil
brunaputy@gmail.com

Altem Nascimento Pontes

Universidade do Estado do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, PA, Brasil
altempontes@gmail.com

RESUMO

Objetivo: caracterizar a concentração e os aglomerados de risco para casos novos de câncer de pulmão no estado do Pará, no período de 2017 a 2021. Método: trata-se de um estudo ecológico, utilizando dados secundários, estimativa de densidade de Kernel e estatística de varredura. Resultados: foram identificados 700 casos novos de câncer de pulmão, que mostraram maior concentração e risco em alguns municípios das mesorregiões: Baixo Amazonas, Marajó, Metropolitana de Belém, Nordeste e Sudeste Paraense. Conclusão: o estudo evidenciou aglomerados que requerem prioridade em ações de saúde e do controle da exposição ambiental, com vistas à redução dos casos novos.

Palavras-chave: Doenças não transmissíveis. Neoplasias pulmonares. Análise espacial. Análise espaço-temporal.

ABSTRACT

Objective: To characterize the concentration and risk clusters for new cases of lung cancer in the state of Pará between 2017 and 2021. Method: This is an ecological study using secondary data, Kernel density estimation and scan statistics. Results: 700 new cases of lung cancer were identified, which showed a higher concentration and risk in some municipalities in the mesoregions: Baixo Amazonas, Marajó, Metropolitana de Belém, Nordeste and Sudeste Paraense. Conclusion: the study revealed clusters that require priority in health actions and the control of environmental exposure, with a view to reducing new cases.

Keywords: Noncommunicable diseases. Lung neoplasms. Spatial analysis. Spatio-temporal analysis.

INTRODUÇÃO

A análise espacial tem se consolidado como uma ferramenta essencial na vigilância e gestão em saúde pública, permitindo a identificação de padrões geográficos e fatores associados à distribuição de doenças, como o câncer de pulmão. Essa neoplasia maligna é um dos cânceres diagnosticados com mais frequência e a principal causa de morte relacionada ao câncer em todo o mundo (Lee; Kazerooni, 2022). Apesar de a incidência e a mortalidade estarem em declínio em países desenvolvidos, a exemplo dos Estados Unidos, globalmente, continuam a aumentar, tornando-se um grande desafio de saúde pública, remetendo à necessidade de identificação de grupos populacionais sob maior risco, visando implantação de medidas intervencionistas (Luo *et al.*, 2023).

O impacto do câncer no mundo, em 2022, baseado nas estimativas do Observatório Global do Câncer (Globocan), elaboradas pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), aponta que ocorreram 2.480.675 casos novos de neoplasias malignas pulmonares no mundo (OMS, 2020). No Brasil, para cada ano do triênio 2023 a 2025, estimam-se 32.560 casos novos de cânceres respiratórios, correspondendo ao risco estimado de 15,06 casos por 100 mil habitantes, sendo 18.020 casos entre os homens e 14.540 casos entre as mulheres (Brasil, 2022).

Acredita-se que a carga global de câncer de pulmão está em ascensão devido ao crescimento e envelhecimento populacional, assim como às mudanças na prevalência de fatores de risco, como o tabagismo e a poluição do ar, que têm exercido pressão sobre as populações e os sistemas de saúde em todo o mundo (Ebrahimi *et al.*, 2021). Além disso, observa-se que a neoplasia maligna pulmonar é fortemente influenciada por características territoriais socioeconômicas e políticas (Cabrera *et al.*, 2022).

Nessa perspectiva, para melhor compreender o agravo em estudo, é salutar a aplicação de técnicas de análise espacial, como feito em Portugal e nos Estados Unidos, onde a estatística de varredura foi utilizada para identificar a distribuição espacial do câncer de pulmão, levando em consideração diferenças sexuais e aspectos territoriais (Guerreiro *et al.*, 2020; Christian *et al.*, 2019). Não obstante, em busca por evidências científicas, no Brasil, constatou-se que estudos sobre câncer de pulmão, que utilizam estas técnicas, ainda são raros, tendo sido identificados, no período de 2018 a 2022, apenas dois artigos que aplicaram o método de análise espacial (Lima; Cancela; Souza, 2022; Rodrigues *et al.*, 2021).

Outrossim, no estado do Pará e em sua capital, Belém, a neoplasia maligna pulmonar está entre as cinco com maiores estimativas de casos novos para o ano de 2023 (Brasil, 2022). No ano de 2020, foram registrados 191 casos novos de câncer de pulmão no Estado, representando um incremento de, aproximadamente, 8%, se comparado ao ano anterior (Brasil, 2023). A análise desse cenário epidemiológico deve considerar os fatores ambientais e ocupacionais associados à incidência da doença. No contexto das atividades econômicas predominantes no Pará, trabalhadores envolvidos na extração mineral, vegetal e madeireira, bem como na indústria de transformação, podem estar expostos a agentes carcinogênicos, como poeira de sílica, metais pesados, compostos orgânicos voláteis e emissões particuladas. Além disso, a população pode ser impactada pela poluição atmosférica, resultante da queima de combustíveis fósseis, emissões industriais e práticas agrícolas, como queimadas (Pará, 2019).

Dessa forma, com o intuito de identificar padrões epidemiológicos fundamentais para a compreensão da dinâmica do câncer de pulmão na região, este estudo se propôs a caracterizar a distribuição espaço-temporal dos casos novos no estado do Pará. Para tanto, buscou-se delimitar áreas de maior concentração e risco do agravo, possibilitando a análise de suas associações com fatores ambientais e ocupacionais, contribuindo para o aprofundamento do conhecimento sobre os determinantes envolvidos em sua ocorrência.

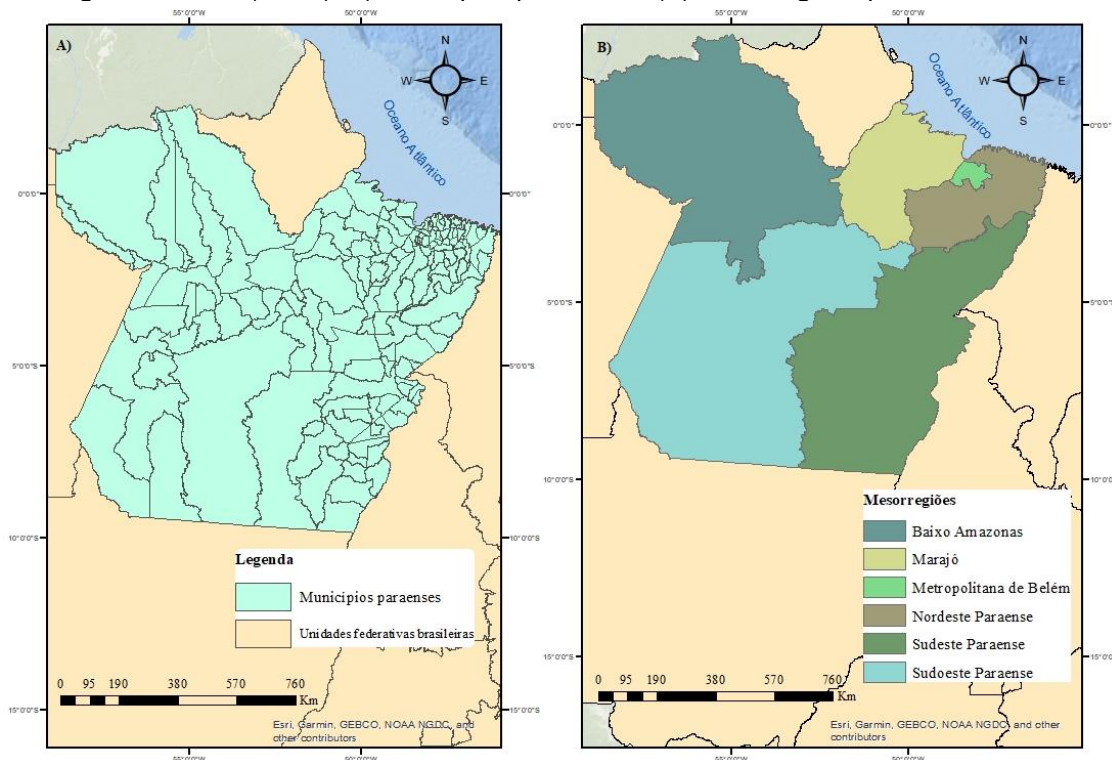
METODOLOGIA

Trata-se de um estudo ecológico, utilizando dados referentes aos casos novos de câncer de pulmão do estado do Pará, do período de 2017 a 2021.

O cenário de estudo foi o estado do Pará, que tem uma área de 1.245.871 km², população estimada de 8.116.132 habitantes (IBGE, 2023a) e um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) considerado médio (0,69) (IBGE, 2023b). Como unidade de análise, foram considerados seus 144 municípios

(Figura 1A), os quais estão agrupados em seis mesorregiões políticas: o Baixo Amazonas, Sudoeste, Marajó, Nordeste, Metropolitana de Belém e Sudeste (Figura 1B) (IBGE, 2023a).

Figura 1 – Pará (Brasil): A) Municípios paraenses. (B) Mesorregiões paraenses, 2023



Os dados foram extraídos do IntegradorRHC, um sistema Web desenvolvido pelo Instituto Nacional do Câncer (INCA) para consolidação dos Registros Hospitalares de Câncer (RHC) de todo o Brasil.

Dessa forma, com o auxílio da base de endereços do Google Maps e do *software* ArcGis® 10.8, todos os casos foram georreferenciados e geocodificados para a análise espacial, usando o sistema de coordenadas geográficas graus decimais para latitude e longitude.

A técnica de estimativa de densidade de Kernel foi utilizada para avaliar o comportamento do evento durante o período do estudo. Trata-se de uma técnica de interpolação exploratória, que produz uma superfície de densidade, onde os resultados são apresentados em uma escala de cores. O aumento da intensidade da cor indica um evento mais concentrado no espaço (Brasil, 2007). A construção do mapa coroplético se deu utilizando o *software* ArcGis® 10.8.

Para buscar aglomerados de risco para o câncer de pulmão, foi aplicada a análise estatística de varredura (Kulldorff, 2018) através do *software* SaTScan™ 10.1.2, sendo identificados aglomerados de alto risco espacial e espaço-temporal a partir do modelo discreto de Poisson. Isto é, para a análise de risco espacial, foram adotados os seguintes critérios: *clusters* de forma circular, sem sobreposição geográfica, com tamanho máximo igual a 50% da população exposta e 999 replicações. Para a análise de risco espaço-temporal, foram utilizados os mesmos critérios, com exceção da dimensão máxima do *cluster* temporal, que foi considerada como sendo 50% do período de estudo.

Revela-se que o método supracitado permite a identificação de aglomerados primários e secundários a partir de testes estatísticos de razão de verossimilhança, onde um *cluster* primário é aquele caracterizado pela máxima verossimilhança, sendo este o que tem a menor probabilidade de ter ocorrido ao acaso. Além disso, calcula-se um importante medidor da presença ou da ausência do evento em estudo, que é o risco relativo (RR), representando a susceptibilidade à presença do evento em determinada área. Considerou-se aglomerado de alto risco aqueles com RR igual ou superior a 1,

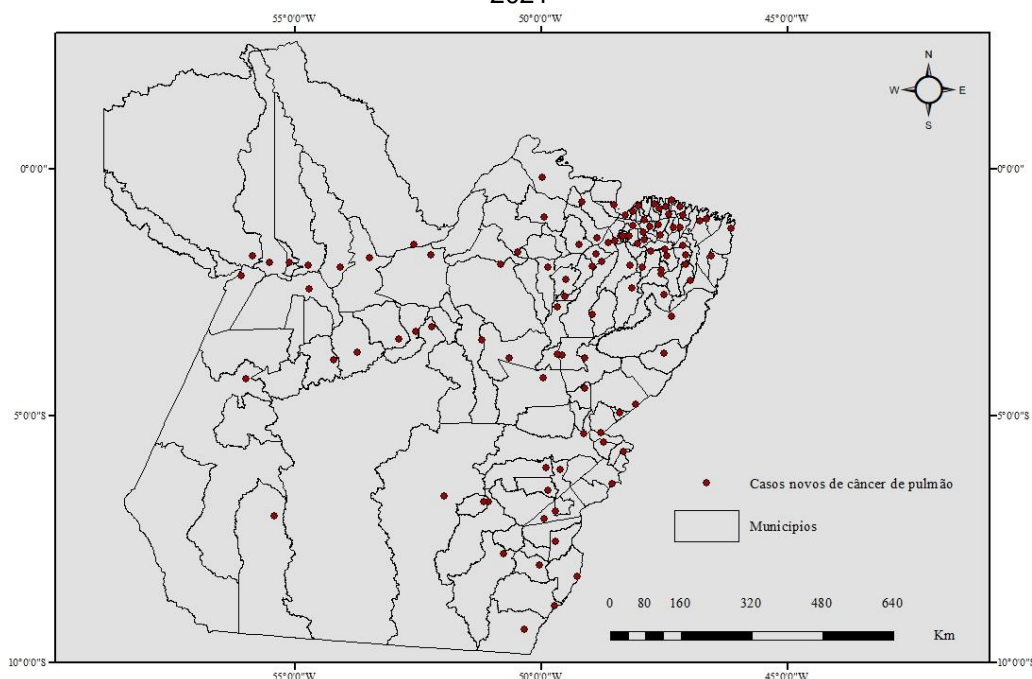
com valor de $p \leq 0,05$. Os mapas temáticos foram produzidos com o auxílio do *software* ArcGis® 10.8.

Por se tratar de um estudo empreendido exclusivamente com dados secundários de domínio público, não foi necessária a submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa.

RESULTADOS

No período de 2017 a 2021, foram identificados 700 casos novos de câncer de pulmão, com concentração nas regiões Metropolitana de Belém e Nordeste Paraense (Figura 2). A análise da distribuição etária dos casos revelou que a faixa etária de 65 a 69 anos apresentou a maior frequência.

Figura 2 – Pará (Brasil): Casos novos de câncer de pulmão georreferenciados por municípios, 2017 – 2021

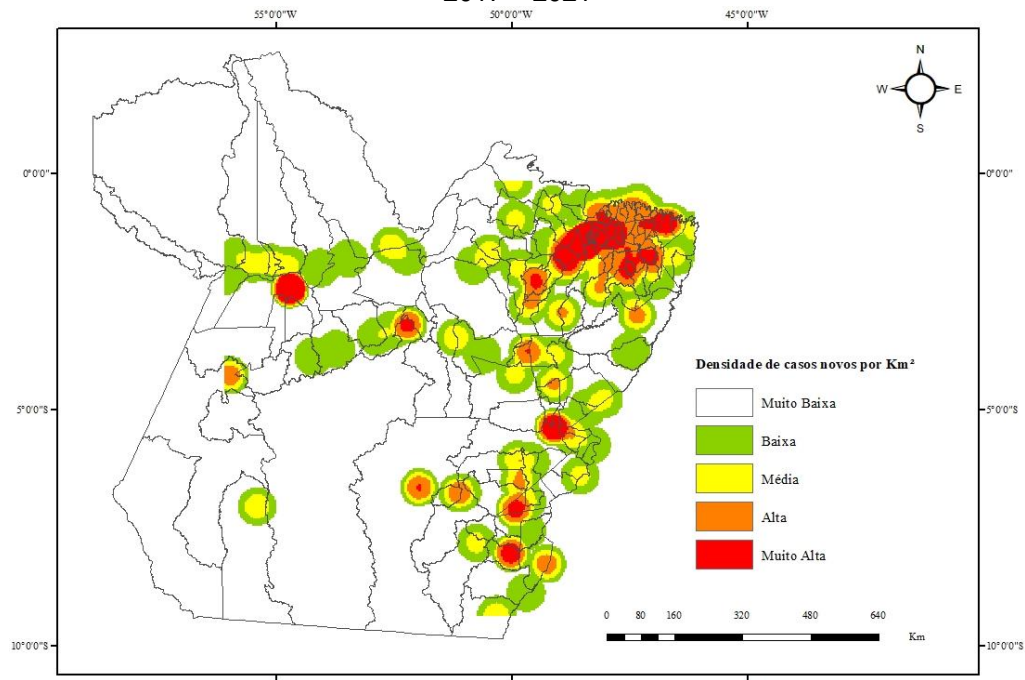


Fonte: Elaborado pelos autores a partir de IntegradorRHC, 2023.

Observa-se maior densidade de casos em municípios do Baixo Amazonas, Região Metropolitana de Belém (RMB), no Nordeste e Sudeste Paraense (Figura 3).

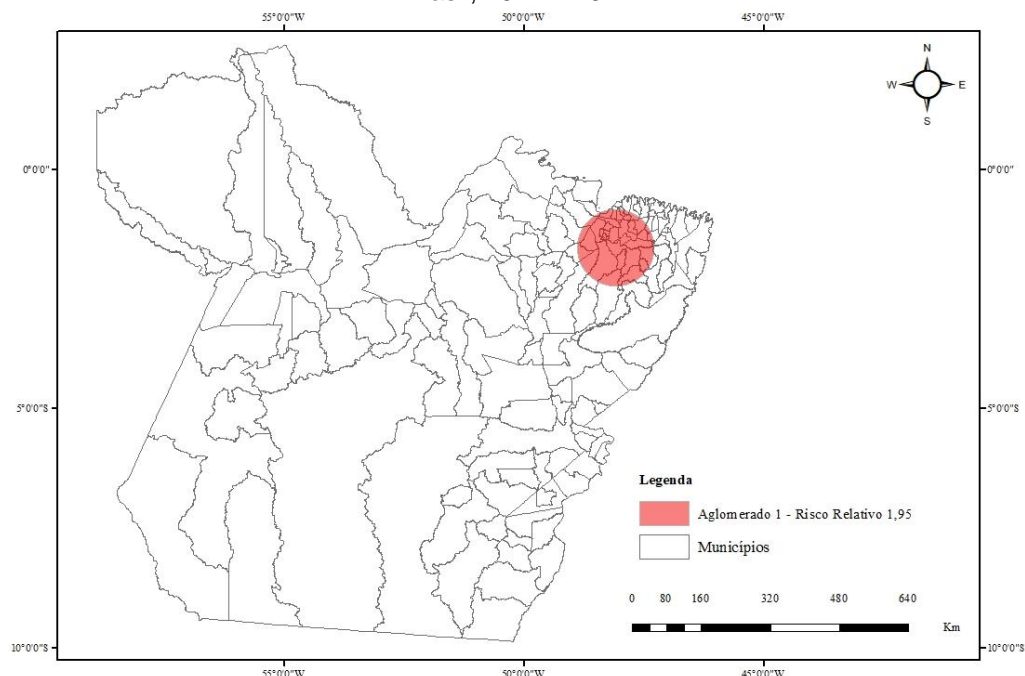
A análise espacial de varredura dos casos novos de câncer de pulmão possibilitou a detecção de uma área de risco espacial estatisticamente significativa no estado (Figura 4). O aglomerado 1 ($p < 0,0001$), considerado de alto risco, foi formado por 27 municípios, população de 2.993.070 habitantes, 392 casos novos de câncer de pulmão, taxa de 2,6 casos novos por 100.000 habitantes e RR de 1,95.

Figura 3 – Pará (Brasil): Mapa da distribuição da densidade dos casos novos de câncer de pulmão, 2017 – 2021



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de IntegradorRHC, 2023.

Figura 4 – Pará (Brasil): *Cluster* de alto risco espacial para casos novos de câncer de pulmão. Pará, Brasil, 2017 – 2021

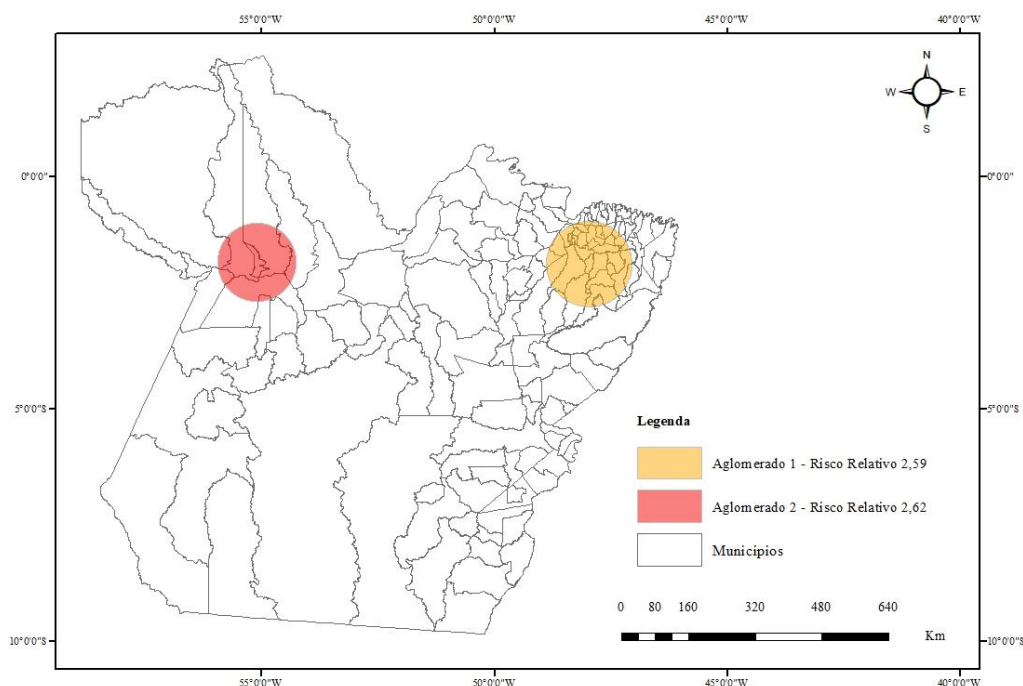


Fonte: Elaborado pelos autores a partir de IntegradorRHC, 2023.

No caso da análise espaço-temporal, foram observadas duas áreas de alto risco estatisticamente significativas (Figura 5). O *cluster* 1 ($p < 0,0001$), compreendendo o período de 2018 a 2019, apresenta 27 municípios, população de 3.049.996 habitantes, 232 casos novos de câncer de pulmão,

3,8 casos novos por 100.000 habitantes e RR de 2,59. Já o *cluster* 2 ($p = 0,03$), referente aos anos de 2019 e 2020, com oito municípios, 306.834 habitantes, 29 casos novos, taxa de incidência de 4,7 casos por 100.000 habitantes e RR de 2,62.

Figura 5 – Pará (Brasil): *Clusters* de alto risco espaço-temporal para casos novos de câncer de pulmão, 2017 – 2021



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de IntegradorRHC, 2023.

DISCUSSÃO

Os resultados apresentaram distribuição heterogênea dos casos novos de câncer de pulmão no estado do Pará. Houve maior concentração e risco para o evento em alguns municípios das seguintes mesorregiões: Baixo Amazonas, Marajó, Metropolitana de Belém, Nordeste e Sudeste Paraense.

Acredita-se que estes achados sejam reflexo do contexto histórico da Região Amazônica, haja vista a transição urbana iniciada na década de 60, que culminou em modificações abruptas no território, como o aumento da população pelo processo migratório, a sobreposição de estradas à navegação e, consequentemente, o abandono de estruturas hidroviárias e a desvalorização de práticas produtivas que aconteciam nas margens dos rios (Côrtes; Silva Júnior, 2021).

Todavia, as modificações urbanas, implementadas na Amazônia, não foram acompanhadas por investimentos proporcionais em infraestrutura e camuflavam a pobreza das grandes metrópoles, privilegiando as classes mais ricas da população a partir de suas demandas e acentuando a desigualdade já existente entre as classes (Gonçalves, 2022). Infere-se, portanto, que assim como na Pensilvânia (Camiña *et al.*, 2022), as condições sociodemográficas do Pará são fatores predisponentes às elevadas concentrações de casos novos de câncer de pulmão no Estado.

Isto é compatível também com achados de estudo desenvolvido no Marrocos, onde características demográficas e socioeconômicas foram importantes para realçar as condições de vida mal controladas, que favorecem o aumento do câncer de pulmão. Os principais resultados deste estudo mostraram que os homens parecem ser mais afetados que as mulheres, e exibem baixo nível de escolaridade, por vezes desempregados ou trabalhando nos setores primário e secundário (Harkati *et al.*, 2020).

Para além da associação com a situação socioeconômica, destaca-se também o acesso aos serviços de saúde. No Pará, assim como na África do Sul (Lubuzo; Ginindza; Hlongwana, 2020), o diagnóstico

de câncer de pulmão é confirmado em serviços de saúde públicos de nível terciário, que no caso do Pará, conta com três, localizados em Belém e um em Santarém (Brasil, 2023). Desse modo, o acesso desigual a cuidados de saúde de alta qualidade também pode contribuir para as disparidades regionais nos resultados do câncer de pulmão (Haddad *et al.*, 2020).

Do mesmo modo, nos Estados Unidos, já foram identificadas disparidades no acesso geográfico aos centros de triagem de câncer de pulmão, indicando concentração em perímetros urbanos e a necessidade de expansão dos serviços e de rastreamento em algumas regiões. Isto porque as barreiras geográficas podem ser um fator primário na decisão de não aderir as medidas de rastreamento do agravo, contribuindo para o aumento exponencial dos casos de neoplasia maligna pulmonar (Niranjan *et al.*, 2021).

Outrossim, as concentrações e o risco identificados na RMB se assemelham aos resultados encontrados em Taiwan (Lin *et al.*, 2019), onde o câncer de pulmão se desenvolveu com mais frequência em indivíduos residentes em áreas urbanas, sendo correlacionado à maior poluição do ar e exposição ambiental à fumaça nessas áreas. Com o crescimento desordenado e maior distância entre um local e outro, emerge a necessidade de mais transportes públicos coletivos e/ou dependência de automóveis particulares, sendo inevitável o aumento da quantidade de veículos em circulação e maior emissão de dióxido de carbono e outros poluentes, como monóxido de carbono, dióxido de enxofre e materiais particulados (Valente Filho *et al.*, 2019).

Nessa perspectiva, na Califórnia, também foram evidenciadas associações positivas para exposições a poluentes atmosféricos relacionados ao tráfego com risco de câncer de pulmão. Foram observadas concentrações de dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e benzeno, cabendo destaque a este último por ser um leucemógeno bem conhecido, encontrado na fumaça do cigarro. Contudo, no estudo em questão, a associação com a exposição regional ao benzeno foi observada tanto em fumantes atuais quanto em nunca fumantes, ressaltando a importância do benzeno como um dos poluentes atmosféricos mais comuns, relacionados com o tráfego no ambiente (Cheng *et al.*, 2022).

Nesse cenário, destacam-se ainda as exposições ambientais secundárias às atividades econômicas do estado. Em municípios da mesorregião do Marajó, as fontes de renda incluem a pesca, o extrativismo vegetal e a agricultura (Assis *et al.*, 2020). Nesta última, por sua vez, implementa-se o uso de agrotóxicos, que, após serem aplicados na lavoura, penetram nos ciclos naturais da terra e das águas, comprometendo não somente a microfauna do solo, como também insetos, peixes, aves e a saúde humana (Nazaré *et al.*, 2022). Estudo anterior já identificara que a exposição a pesticidas está altamente correlacionada a patologias respiratórias (Kim *et al.*, 2022).

No Caribe, foi observado aumento de câncer de pulmão em trabalhadores agrícolas do cultivo de cana-de-açúcar e da banana. No tocante à cana-de-açúcar, o aumento pode estar relacionado à presença de fibras biogênicas de sílica amorfa nas folhas da cana-de-açúcar, que possuem características semelhantes às do amianto. Assim como pode ser decorrente da exposição a herbicidas, prática comum também no cultivo da banana (Cabrera *et al.*, 2022).

Ainda na América do Norte, a magnitude dos impactos adversos na saúde causados pelos incêndios florestais se constitui em um problema sério, e provavelmente crescente, para grande parte dos Estados Unidos. Em especial, para as regiões oeste e sul do país, onde os incêndios florestais contribuem com uma parcela considerável do total de partículas finas, também responsáveis pelo cenário de morbidade e mortalidade respiratória (Ocaña *et al.*, 2023).

No contexto da Amazônia, o desenvolvimento do agronegócio é uma das causas de desmatamento e aumento dos focos de queimadas na região, nos anos de 2019 e 2020 (IPAM, 2019), o que pode estar relacionado ao *cluster* de alto risco espaço-temporal identificado no Baixo Amazonas, região prioritária para a consolidação de um corredor de exportação da produção de grãos do Brasil Central (Fernandes; Hacon; Novais, 2019). No Canadá, a exposição prolongada a incêndios florestais foi associada ao aumento da incidência de câncer de pulmão não apenas pela poluição do ar, mas também pela contaminação de água, solo e ambientes internos por radicais livres e metais pesados (Korsiak *et al.*, 2022).

Ademais, residentes de áreas produtoras de alumínio também apresentam maior risco de desenvolvimento de câncer de pulmão devido à exposição a compostos resultantes da combustão de materiais orgânicos. O mesmo acontece com os trabalhadores da produção de alumínio, expostos às emissões de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, considerados potencialmente cancerígenos

(Moubarz *et al.*, 2023). Nessa perspectiva, considerando que a exploração de minério tem grande importância para o Produto Interno Bruto (PIB) do estado do Pará, o município de Barcarena, aqui identificado como de risco para o evento em estudo, abriga o Complexo Portuário de Vila do Conde, que tem o objetivo de atender o escoamento das empresas de beneficiamento mineral localizadas no município (Lemos; Pimentel, 2021).

Em Marabá, município localizado no Sudeste Paraense, os principais empreendimentos minerais estão ligados à exploração do minério de cobre e de manganês (Caitano; Morales, 2022), o que pode justificar a concentração de casos novos de câncer de pulmão identificados na área. Sabe-se que o cobre é um elemento essencial para uma série de funções celulares, incluindo respiração mitocondrial, defesa antioxidante e biossíntese de hormônios, neurotransmissores e pigmentos (Ge *et al.*, 2022). Contudo, conforme estudo chinês, níveis sanguíneos elevados de metais essenciais podem induzir estresse oxidativo e citotoxicidade (Bai *et al.*, 2019).

CONCLUSÃO

As maiores concentrações e os aglomerados de risco para câncer de pulmão foram identificados em municípios das mesorregiões Baixo Amazonas, Marajó, Metropolitana de Belém, Nordeste e Sudeste Paraense, podendo estarem relacionados às modificações territoriais, condições sociodemográficas, assim como à poluição do ar e à exposição ambiental.

Ressalta-se a importância da abordagem espacial nos estudos sobre a ocorrência e distribuição dos casos novos de neoplasia maligna pulmonar, contribuindo para a compreensão dos fatores territoriais envolvidos na incidência da doença no estado do Pará. A identificação de padrões espaciais pode auxiliar gestores e profissionais de saúde na delimitação de áreas de maior concentração de casos, favorecendo o direcionamento de ações para o aprimoramento do acesso ao diagnóstico e tratamento, alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Assim, revela-se o avanço no conhecimento ao apresentar o cenário dos casos novos de câncer de pulmão em um estado da Amazônia brasileira, posto que há poucos estudos sobre o objeto, ainda mais com as diferentes abordagens aplicadas, que se complementam e se validam. Nesse sentido, agora, estudos adicionais e mais detalhados devem ser feitos para o diagnóstico situacional em regiões, grupos de risco e faixas etárias específicas.

Este estudo, por sua natureza ecológica, apresenta limitações inerentes a essa abordagem, notadamente a falácia ecológica, que impede a extrapolação dos resultados para nível individual. Além disso, a utilização de dados secundários pode introduzir viés de informação, decorrente da qualidade do preenchimento dos registros, impactando a precisão das estimativas. A ausência de informações específicas sobre determinantes individuais reconhecidos, como tabagismo, exposição ocupacional e histórico familiar, limita a capacidade de estabelecer relações causais mais precisas, restringindo a análise a padrões populacionais.

Outro aspecto crítico a ser considerado é a subnotificação de casos, uma fragilidade comum em sistemas de vigilância epidemiológica, que pode resultar em estimativas subdimensionadas da carga da doença. As diferenças na infraestrutura de saúde, acesso ao diagnóstico precoce e disponibilidade de exames especializados entre os municípios podem acentuar desigualdades regionais, afetando a identificação e notificação dos casos. Esse cenário reforça a necessidade de aperfeiçoamento dos sistemas de registro e da ampliação do acesso ao diagnóstico, garantindo maior representatividade dos dados e permitindo análises epidemiológicas mais robustas.

Apesar dessas limitações, a aplicação de técnicas de análise espacial neste estudo possibilita a identificação de áreas com maior risco para o câncer de pulmão, contribuindo para o entendimento da distribuição geográfica da doença. Os achados fornecem subsídios para investigações futuras que aprofundem a relação entre fatores ambientais e ocupacionais na incidência da neoplasia, auxiliando na formulação de estratégias de prevenção e controle mais direcionadas.

REFERÊNCIAS

ASSIS, D. M. S. *et al.* Percepção ambiental em comunidades tradicionais: um estudo na Reserva Extrativista Marinha de Soure, Pará, Brasil. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 23, 2020.
<https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190148r1vu2020L6AO>

BAI, Y. *et al.* Circulating essential metals and lung cancer: risk assessment and potential molecular effects. **Environment International**, v. 127, p. 685-693, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.021>

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. **Câncer**. Tratamento do Câncer. Onde tratar pelo SUS. Região Norte. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer, 2023. Disponível em: <http://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tratamento/onde-tratar-pelo-sus/regiao-norte>. Acesso em: 09 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. **Estimativa 2023**: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer, 2022. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/estimativa-2023-incidencia-de-cancer-no-brasil>. Acesso em: 27 mai. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. **Introdução à estatística espacial para a saúde pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Banco de dados do Sistema Único de Saúde: DATASUS**. Brasília: Ministério da Saúde, 2023. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/dhdat.exe?PAINEL_ONCO/PAINEL_ONCOLOGIABR.def. Acesso em: 18 mar. 2023.

CABRÉRA, L. *et al.* Lung cancer in the French West Indies: role of sugarcane work and other occupational exposures. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 20, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013444>

CAITANO, T. B. S.; MORALES, G. P. Potencial dos royalties minerais na promoção do desenvolvimento socioeconômico de municípios do estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 3, p. 104-118, 2022. <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v18i3.5861>

CAMIÑA, N. *et al.* Identification of spatio-temporal clusters of lung cancer cases in Pennsylvania, USA: 2010-2017. **BMC Cancer**, v. 22, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12885-022-09652-8>

CHENG, I. *et al.* Traffic-related air pollution and lung cancer incidence: the California multiethnic cohort study. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 206, n. 8, p. 1008-1018, 2022. <https://doi.org/10.1164%2Frccm.202107-1770OC>

CHRISTIAN, W. J. *et al.* Spatiotemporal analysis of lung cancer histological types in Kentucky, 1995-2014. **Cancer Control**, v. 26, n. 1, 2019. <https://doi.org/10.1177/1073274819845873>

CÔRTEZ, J. C.; SILVA JÚNIOR, R. D. A interface entre desmatamento e urbanização na Amazônia Brasileira. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 24, 2021. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190182r1vu2021L1AO>

EBRAHIMI, H. *et al.* Global, regional, and national burden of respiratory tract cancers and associated risk factors from 1990 to 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. **The Lancet Respiratory Medicine**, v. 9, n. 9, p. 1030-1049, 2021. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(21\)00164-8](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(21)00164-8)

ELLIOTT, P.; WARTENBERG, D. Spatial epidemiology: Current approaches and future challenges. **Environmental Health Perspectives**, v. 112, n. 9, p. 998-1006, 2004. <https://doi.org/10.1289/ehp.6735>

FERNANDES, T.; HACON, S. S.; NOVAIS, J. W. Z. Dinâmica temporal de focos de calor e seus condutores de pressão no território do sudeste paraense. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 681-692, 2019. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i6.7909>

GE, E. J. *et al.* Connecting copper and cancer: from transition metal signalling to metalloplasia. **Nature Reviews Cancer**, v. 22, n. 2, p. 102-113, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41568-021-00417-2>

GONÇALVES, A. M. O processo de urbanização na cidade de Belém do Pará durante a Belle Époque e seus impactos. **Oficina do Historiador**, v. 15, n. 1, e37865, 2022. <https://doi.org/10.15448/2178-3748.2022.1.37865>

GUERREIRO, T. *et al.* Lung cancer: a nationwide study to characterize sex differences, incidence, and spatial patterns in Portugal. **In Vivo**, v. 34, n. 5, p. 2711–2719, 2020. <https://doi.org/10.21873/invivo.12092>

HADDAD, D. N. *et al.* Disparities in lung cancer screening: a review. **Annals of the American Thoracic Society**, v. 17, n. 4, p. 399–405, 2020. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201907-556CME>

HARKATI, I. *et al.* Lifestyle and sociodemographic and economic characteristics of patients with lung cancer in Morocco. **Canadian Respiratory Journal**, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8031541>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/.html>. Acesso em: 18 mar. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 18 mar. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama do censo 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/index.html?localidade=BR&tema=2>. Acesso em: 18 mar. 2023.

INCA - Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Integrador RHC**. Registro Hospitalar de Câncer. Rio de Janeiro: INCA, 2023. Disponível em: <https://irhc.inca.gov.br/RHCNet/>. Acesso em: 27 mai. 2023.

IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **Fogo em área recém-desmatada na Amazônia disparou em 2019**. Belém: IPAM, 2019. Disponível em: <https://ipam.org.br/fogo-em-area-recem-desmatada-na-amazonia-disparou-em-2019/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

KIM, B. *et al.* Occupational exposure to pesticides and lung cancer risk: a propensity score analyses. **Cancer Research and Treatment**, v. 54, n.1, p. 130-139, 2022. <https://doi.org/10.4143/crt.2020.1106>

KORSIAK, J. *et al.* Long-term exposure to wildfires and cancer incidence in Canada: a population-based observational cohort study. **The Lancet Planetary Health**, v. 6, n. 5, p. 400-409, 2022. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00067-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00067-5)

KULLDORFF, M. **SaTScanTM user guide for version 9.4**. 2018. Disponível em: https://www.satscan.org/cgi-bin/satscan/register.pl/SaTScan_Users_Guide.pdf?todo=process_userguide_download. Acesso em: 27 mai. 2023.

LEE, E.; KAZEROONI, E. A. Lung Cancer Screening. **Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 43, n. 6, p. 839-850, 2022. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1757885>

LEMOS, M. A. Q.; PIMENTEL, M. A. S. Mineração e desastres ambientais com rejeitos de bauxita e caulim no município de Barcarena-Pará-Brasil-Amazônia. **Territorium**, v. 28, n. 1, p. 137-156, 2021. https://doi.org/10.14195/1647-7723_28-1_8

LIMA, K. Y. N.; CANCELA, M. C.; SOUZA, D. L. B. Spatial assessment of advanced-stage diagnosis and lung cancer mortality in Brazil. **PLoS One**, v. 17, n. 3, e0265321, 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265321>

LIN, H. T. *et al.* Epidemiology and survival outcomes of lung cancer: a population-based study. **BioMed Research International**, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8148156>

LUBUZO, B.; GININDZA, T.; HLONGWANA, K. The barriers to initiating lung cancer care in low-and middle-income countries. **The Pan African Medical Journal**, v. 35, n. 38, 2020. <https://doi.org/10.11604/pamj.2020.35.38.17333>

LUO, G. *et al.* Projections of lung cancer incidence by 2035 in 40 countries worldwide: population-based study. **JMIR Public Health and Surveillance**, v. 9, e43651, 2023. <https://doi.org/10.2196/43651>

MOUBARZ, G. *et al.* Lung cancer risk in workers occupationally exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons with emphasis on the role of DNA repair gene. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 96, n. 2, p. 313–329, 2023.

<https://doi.org/10.1007/s00420-022-01926-9>

NAZARÉ, M. L. *et al.* Fatores de risco para a saúde humana e ambiental, decorrentes do uso de agrotóxicos na monocultura de arroz irrigado na ilha do Marajó – Pa. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 4, p. 114-132, 2022.

<https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/saude/fatores-de-risco>

NIRANJAN, S. J. *et al.* Distribution and geographic accessibility of lung cancer screening centers in the United States. **Annals of the American Thoracic Society**, v. 18, n. 9, p. 1577-1580, 2021.

<https://doi.org/10.1513%2FAnnalsATS.202010-1313RL>

OCAÑA, S. C. *et al.* ERS International Congress 2022: highlights from the basic and translational science assembly. **ERJ Open Research**, v. 9, n. 2, p. 00561-2022, 2023.

<https://doi.org/10.1183%2F23120541.00561-2022>

OMS - Organização Mundial da Saúde. Agência Internacional de Pesquisa em Câncer. **Global Cancer Observatory: Cancer Today**. 2020. Disponível em: <https://gco.iarc.fr/today/home>. Acesso em: 27 mai. 2023.

PARÁ. Secretaria de Saúde Pública. Núcleo de Informação em Saúde e Planejamento. **Plano Estadual de Saúde do Pará 2020-2023**. Belém: SESPA, 2019.

RODRIGUES, N. C. P. *et al.* The effect of continuous low-intensity exposure to electromagnetic fields from radio base stations to cancer mortality in Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 3, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031229>

VALENTE FILHO, A. J. M. *et al.* Análise de impactos atmosféricos gerados durante a obra BRT (bus rapid transit) na Avenida Augusto Montenegro, Belém-PA. **Espaço & Geografia**, v. 22, n. 2, p. 609-645, 2019. <https://doi.org/10.26512/2236-56562019e40228>