

MÉTODOS DE ANÁLISE ESPACIAL APLICADOS À EPIDEMIOLOGIA DA HANSENÍASE NO BRASIL: REVISÃO SISTEMÁTICA

SPATIAL ANALYSIS METHODS APPLIED TO THE EPIDEMIOLOGY OF LEPROSY IN BRAZIL: A SYSTEMATIC REVIEW

MÉTODOS DE ANÁLISIS ESPACIAL APLICADOS A LA EPIDEMIOLOGÍA DE LA LEPRO EN BRASIL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Cristina Rosângela do Nascimento Carneiro¹

Ana Hélia de Lima Sardinha²

Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues³

RESUMO: O estudo tem como objetivo identificar os métodos de análise espacial empregados em estudos epidemiológicos sobre hanseníase no Brasil, considerando as características metodológicas e os principais achados das investigações. Trata-se de uma revisão sistemática conduzida conforme as recomendações PRISMA. A busca foi realizada nas bases PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Biblioteca Virtual em Saúde e SciELO, contemplando publicações entre 2016 e 2026. Foram incluídos estudos originais de abrangência nacional que utilizaram métodos de análise espacial, totalizando nove estudos na síntese final. Observou-se predomínio de delineamentos ecológicos baseados em dados secundários, com destaque para o uso do Índice de Moran e da varredura espacial na identificação de clusters. Os resultados evidenciam padrões territoriais persistentes e a concentração da doença em áreas de maior vulnerabilidade. Verificou-se ainda limitada utilização de abordagens analíticas mais integradas. Conclui-se que a análise espacial contribui para a compreensão da distribuição da hanseníase, sendo estratégica para o planejamento em saúde e o enfrentamento das desigualdades.

1

Palavras-chave: Hanseníase. Análise espacial. Epidemiologia.

ABSTRACT: This study aims to identify the spatial analysis methods employed in epidemiological studies on leprosy in Brazil, considering the methodological characteristics and main findings of the investigations. This is a systematic review conducted in accordance with PRISMA guidelines. The literature search was performed in the PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Virtual Health Library, and SciELO databases, covering publications from 2016 to 2026. Original studies with nationwide scope that applied spatial analysis methods were included, totaling nine studies in the final synthesis. A predominance of ecological designs based on secondary data was observed, with emphasis on the use of Moran's Index and spatial scan statistics for cluster identification. The results reveal persistent territorial patterns and a concentration of the disease in areas of greater vulnerability. A limited use of more integrated analytical approaches was also identified. It is concluded that spatial analysis contributes to understanding the distribution of leprosy and represents a strategic tool for health planning and for addressing inequalities.

Keywords: Leprosy. Spatial analysis. Epidemiology.

¹Discente do Doutorado na Rede Nordeste de Formação em Saúde da Família (RENASF/UFMA)..

²Docente do Mestrado e Doutorado na Rede Nordeste de Formação em Saúde da Família (RENASF/UFMA).

³Docente do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Maranhão.

RESUMEN: El estudio tiene como objetivo identificar los métodos de análisis espacial empleados en estudios epidemiológicos sobre la lepra en Brasil, considerando las características metodológicas y los principales hallazgos de las investigaciones. Se trata de una revisión sistemática realizada conforme a las recomendaciones PRISMA. La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Biblioteca Virtual en Salud (BVS) y SciELO, incluyendo publicaciones entre 2016 y 2026. Se incluyeron estudios originales de alcance nacional que utilizaron métodos de análisis espacial, totalizando nueve estudios en la síntesis final. Se observó un predominio de diseños ecológicos basados en datos secundarios, destacándose el uso del Índice de Moran y del análisis de barrido espacial para la identificación de conglomerados (clusters). Los resultados evidencian patrones territoriales persistentes y la concentración de la enfermedad en áreas de mayor vulnerabilidad. Asimismo, se verificó una utilización limitada de enfoques analíticos más integrados. Se concluye que el análisis espacial contribuye a la comprensión de la distribución de la lepra y constituye una herramienta estratégica para la planificación en salud y el enfrentamiento de las desigualdades.

Palabras clave: Lepra. Análisis espacial. Epidemiología.

INTRODUÇÃO

A hanseníase é uma doença infecciosa crônica causada pelo *Mycobacterium leprae*, classificada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma Doença Tropical Negligenciada (DTN), em razão de sua associação com contextos de vulnerabilidade social e baixa prioridade em agendas globais de saúde (WHO, 2024). Apesar dos avanços no diagnóstico precoce e no tratamento, a doença permanece como um importante problema de saúde pública em diversos países, com maior concentração de casos em nações como Índia, Brasil e Indonésia, que respondem por grande parte da carga global (Pescarini *et al.*, 2018). Esse cenário evidencia os desafios relacionados à interrupção do ciclo de transmissão, ao enfrentamento das desigualdades sociais e ao fortalecimento das ações de vigilância e controle da doença.

No Brasil, a hanseníase permanece como uma doença endêmica e um importante desafio para a saúde pública, apresentando distribuição espacial heterogênea entre as regiões do país. Em 2023, foram registrados cerca de 22.773 casos novos da doença, mantendo o país entre aqueles com maior carga global (Brasil, 2024).

A epidemiologia da hanseníase tem sido amplamente investigada ao longo das últimas décadas, com diferentes abordagens metodológicas voltadas à compreensão de sua distribuição espacial, tendência temporal e fatores associados à ocorrência da doença (Chen *et al.*, 2022). Nesse panorama, diversos métodos têm sido empregados, incluindo análises descritivas, estudos de séries temporais e modelos analíticos que buscam identificar determinantes individuais e coletivos da doença, evidenciando a complexidade do seu comportamento em diferentes contextos

populacionais (Tanwar; Naagar; Maity, 2024). Não obstante, a incorporação da dimensão espacial nos estudos epidemiológicos tem se mostrado fundamental para compreender a distribuição da hanseníase, uma vez que sua ocorrência está diretamente relacionada às características do território. A análise geoespacial permite identificar padrões de ocorrência, áreas de maior concentração de casos e possíveis relações com fatores socioeconômicos e ambientais, contribuindo para uma compreensão mais abrangente da dinâmica espaço-temporal da doença.

Nesse cenário, a Geografia da Saúde contribui ao incorporar o território como elemento central na análise dos processos saúde-doença, permitindo compreender como fatores sociais, econômicos e estruturais se articulam na produção da hanseníase (Morais *et al.*, 2024). No Brasil, a utilização de pesquisas epidemiológicas com abordagens espaciais tem sido progressivamente ampliada, especialmente a partir do uso de sistemas de informação em saúde e ferramentas de geoprocessamento.

Apesar da crescente utilização das análises espaciais na investigação da hanseníase, observa-se que os estudos empregam diferentes técnicas e abordagens, variando quanto aos métodos, às unidades de análise e às escalas territoriais adotadas (Niitsuma *et al.*, 2021). Essa diversidade metodológica, embora contribua para o avanço do conhecimento, pode dificultar a comparação entre os resultados e a compreensão integrada dos padrões de distribuição espacial da doença (Gonçalves *et al.*, 2024). Diante dessa circunstância, considerando a heterogeneidade dos métodos empregados e a importância da análise espacial para a compreensão da hanseníase, emerge a seguinte questão de investigação: quais métodos de análise espacial têm sido utilizados em estudos epidemiológicos sobre hanseníase no Brasil? torna-se relevante sistematizar a produção científica sobre o uso de métodos de análise espacial aplicados à epidemiologia da hanseníase, a fim de compreender como essas abordagens têm sido utilizadas e quais contribuições oferecem para a identificação de padrões territoriais da doença. Assim, este estudo tem como objetivo identificar os métodos de análise espacial empregados em pesquisas epidemiológicas sobre hanseníase no Brasil, considerando as características metodológicas e abordagens analíticas.

MÉTODOS

Trata-se de uma revisão sistemática voltada à identificação e descrição dos métodos de análise espacial empregados em estudos epidemiológicos sobre hanseníase no Brasil. A condução do estudo seguiu as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Randles; Finnegan, 2023). O protocolo da revisão foi

prospectivamente registrado na plataforma PROSPERO (*International Prospective Register of Systematic Reviews*), sob o número de registro CRD420261334102.

A pergunta de pesquisa foi estruturada com base no modelo PCC (População, Conceito e Contexto):

P: Hanseníase e seus indicadores epidemiológicos;

C: Métodos de análise espacial aplicados à epidemiologia;

C: Brasil.

Assim, a pergunta norteadora delimitada para o presente estudo foi: “Quais métodos de análise espacial têm sido empregados para investigar a epidemiologia da hanseníase no Brasil?”

A busca bibliográfica foi realizada, no período de fevereiro e março de 2026, de forma sistemática nas bases PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS/LILACS) e SciELO, utilizando estratégias de busca avançadas e priorizando os campos de título, resumo e palavras-chave. Em todas as bases, foi aplicado filtro temporal correspondente ao período de 2016 a 2026, e foram considerados estudos publicados nos idiomas inglês, português ou espanhol. As estratégias de busca específicas utilizadas em cada base estão detalhadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Estratégias de busca utilizadas nas bases de dados.

Base de dados	Estratégia de busca	Campos pesquisados
PubMed/MEDLINE	(leprosy[Title/Abstract]) AND (spatial analysis[Title/Abstract]) AND (Brazil[Title/Abstract])	Título e resumo
Embase	('leprosy':ti,ab,kw AND 'spatial analysis':ti,ab,kw AND 'Brazil':ti,ab,kw)	Título, resumo e palavras-chave
Scopus	(TITLE-ABS-KEY(leprosy) AND TITLE-ABS-KEY('spatial analysis') AND TITLE-ABS-KEY(Brazil))	Título, resumo e palavras-chave
BVS/LILACS	(leprosy OR hanseníase) AND ('análise espacial' OR 'spatial analysis') AND Brazil	Título, resumo e assunto
SciELO	(leprosy OR hanseníase) AND ('análise espacial' OR 'spatial analysis') AND Brazil	Título, resumo e palavras-chave

Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

As estratégias de busca foram construídas a partir da combinação de descritores controlados (MeSH, Emtree e DeCS) e termos livres relacionados aos eixos “hanseníase” e

“análise espacial”. Foram considerados como “análise espacial” aqueles em que o método de análise incorporado foi descrito como dependência espacial, autocorrelação espacial, detecção de clusters, suavização de taxas, análise de densidade, estatística espacial local ou global, modelagem espacial ou espaço-temporal. Adicionalmente, foram realizadas buscas manuais nas listas de referências dos estudos incluídos e em periódicos relevantes da área de saúde coletiva e geografia da saúde.

Após a realização das buscas, todas as referências identificadas foram exportadas para o *software* Mendeley, utilizado para o gerenciamento das referências e para a exclusão de registros duplicados. O processo de seleção dos estudos ocorreu em duas etapas: triagem de títulos e resumos e leitura do texto completo. Ambas as etapas foram realizadas de forma independente por duas pesquisadoras. Em caso de discordância, uma terceira pesquisadora foi consultada.

Foram incluídos estudos originais com abordagem epidemiológica, realizados exclusivamente no Brasil, que analisaram a hanseníase em escala nacional, contemplando todo o território brasileiro, e que aplicaram ao menos um método de análise espacial. Foram excluídos estudos multinacionais, estudos restritos a recortes subnacionais, revisões, editoriais, cartas ao editor e estudos sem aplicação analítica espacial, ademais, foram excluídos estudos que aplicaram apenas distribuição espacial.

5

A extração dos dados foi realizada por meio de formulário padronizado, contemplando características dos estudos, unidades espaciais, indicadores analisados, métodos de análise espacial, estratégias de suavização, análises espaço-temporais e softwares utilizados. Os métodos foram organizados em categorias de visualização espacial, exploração espacial e detecção de clusters, e modelagem estatística espacial e espaço-temporal.

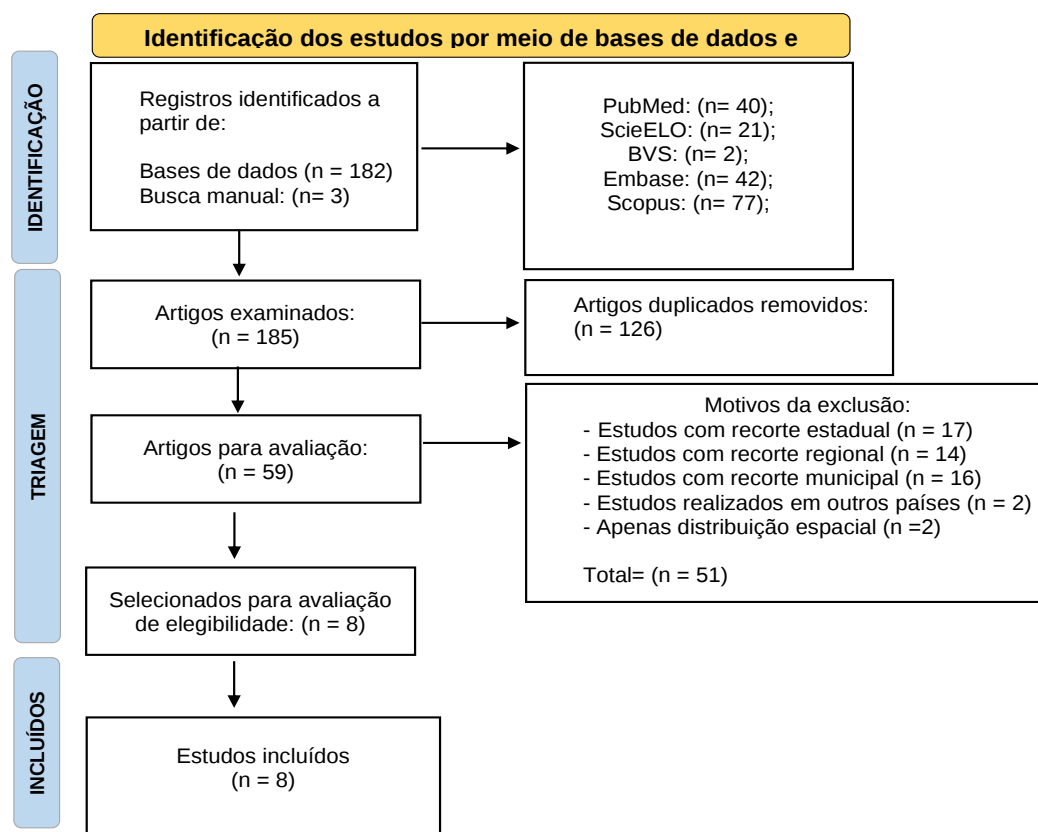
A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada por meio do instrumento do Joanna Briggs Institute (JBI), adequado para estudos observacionais ecológicos. Cada item do checklist foi classificado como “sim”, “não” ou “incerto”. A classificação final foi baseada no percentual de critérios atendidos: $\geq 80\%$ (alta qualidade metodológica e baixo risco de viés), 60-79% (qualidade moderada e risco de viés moderado) e $< 60\%$ (baixa qualidade e alto risco de viés) (Santos *et al.*, 2018).

Em razão da heterogeneidade metodológica entre os estudos incluídos, não foi possível realizar meta-análise, sendo os achados sintetizados por meio de análise descritiva e narrativa.

RESULTADOS

A estratégia de busca resultou na identificação de 179 registros, provenientes de bases de dados eletrônicas e busca manual. Após a remoção de duplicatas, procedeu-se à triagem dos estudos por meio da leitura de títulos e resumos, seguida da avaliação do texto completo quanto aos critérios de elegibilidade. Nessa etapa, foram excluídos estudos que não atendiam ao escopo territorial definido, bem como aqueles conduzidos fora do contexto nacional. Ao final do processo, oito estudos atenderam integralmente aos critérios estabelecidos e foram incluídos na síntese qualitativa (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma de seleção dos estudos, elaborado a partir da recomendação *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*



Fonte: Dados da pesquisa, 2026

Após a inclusão dos estudos, observou-se predomínio de delineamentos ecológicos baseados em dados secundários, com aplicação de técnicas consolidadas de análise espacial, evidenciando a incorporação dessas abordagens na identificação de padrões territoriais

relevantes para a vigilância e o controle da hanseníase no país, conforme pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 - Características metodológicas dos estudos incluídos.

Autores	Período	Unidade espacial	Métodos de análise espacial	Categorias	Softwares
Rodrigues <i>et al.</i> , 2020	2001-2015	Municípios do Brasil	Varredura espacial	Detecção de clusters	SaTScan
Lima <i>et al.</i> , 2022	2011-2021	UFs (Brasil)	LISA (Moran global e local);	Exploração espacial; detecção de clusters	GeoDa; QGIS
Paz <i>et al.</i> , 2023	2001-2020	Municípios do Brasil	LISA (Moran global e local); Varredura espacial	Exploração espacial; detecção de clusters; análise espaço-temporal	TerraView; QGIS; SaTScan
Boigny <i>et al.</i> , 2024	2001-2021	Municípios do Brasil	Varredura espacial; Modelo de Poisson	Detecção de clusters; análise espaço-temporal	SaTScan; ArcGIS
Matos <i>et al.</i> , 2025	2001-2022	Municípios, UFs e regiões do Brasil	LISA (Moran global e local)	Exploração espacial; detecção de clusters; análise espaço-temporal	TerraView; QGIS
Souza <i>et al.</i> , 2025	2001-2022	Municípios do Brasil	LISA (Moran global e local)	Exploração espacial; detecção de clusters; análise espaço-temporal	R
Paz <i>et al.</i> , 2025	2001-2021	Municípios do Brasil	LISA (Moran global e local)	Exploração espacial; detecção de clusters; análise espaço-temporal	TerraView; QGIS
Ferreira <i>et al.</i> , 2026	2001-2023	Municípios do Brasil	Varredura espacial; Modelo de Poisson	Detecção de clusters; análise espaço-temporal	SaTScan; QGIS

Legenda: LISA (*Local Indicators of Spatial Association*).

Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

Os estudos incluídos apresentam abordagens convergentes quanto à análise da hanseníase no Brasil, com ênfase na utilização de métodos espaciais para compreensão da distribuição da doença. De modo geral, observa-se a presença de padrões territoriais persistentes e a manutenção de áreas prioritárias para vigilância, ao longo dos diferentes períodos analisados.

Destaca-se que dos oito estudos incluídos, cinco foram publicados entre o período de 2024 e 2026, demonstrando o crescimento do emprego da análise espacial nas pesquisas epidemiológicas da hanseníase. Em todos foram utilizados delineamento ecológico baseado em dados secundários do

agravo. A unidade espacial que apareceu com mais frequência foi a municipal (n=7), enquanto apenas um estudo utilizou exclusivamente as unidades federativas.

Além disso, as investigações contemplam diferentes desfechos epidemiológicos e escalas de análise, evidenciando a complexidade do comportamento da doença no país. Quanto aos aspectos metodológicos, predomina elevada qualidade dos estudos e baixo risco de viés, conferindo maior consistência às evidências apresentadas. As principais características e achados dos estudos estão sintetizados no Quadro 3.

Quadro 3 – Características, principais resultados e qualidade metodológica dos estudos incluídos.

Autores	Objetivos	Principais resultados	Qualidade metodológica	Risco de viés
Rodrigues <i>et al.</i> , 2020	Identificar áreas de alto risco da hanseníase no Brasil (2001-2015)	Identificação de 26 clusters espaciais, concentrando grande parte dos casos na Amazônia Legal	Moderada (60-79%)	Moderado
Lima <i>et al.</i> , 2022	Caracterizar a tendência temporal e comportamento espacial da hanseníase no Brasil (2011-2021)	Tendência crescente até 2019 e redução no período pandêmico, com clusters nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste	Alta (≥80%)	Baixo
Paz <i>et al.</i> , 2023	Analisar padrões espaço-temporais da hanseníase no Brasil	Identificação de clusters espaciais e espaço-temporais em áreas de maior vulnerabilidade	Alta (≥80%)	Baixo
Boigny <i>et al.</i> , 2024	Analisar tendências temporais e distribuição espaço-temporal da recidiva da hanseníase no Brasil (2001-2021)	Tendência crescente de recidiva e identificação de clusters espaço-temporais distribuídos de forma heterogênea	Alta (≥80%)	Baixo
Matos <i>et al.</i> , 2025	Analisar tendência temporal e clusters espaciais de hanseníase com incapacidade grau 2 no Brasil (2001-2022)	Redução dos casos ao longo do tempo, com persistência de clusters de alto risco	Alta (≥80%)	Baixo
Souza <i>et al.</i> , 2025	Identificar áreas de concentração e persistência da hanseníase no Brasil por	Redução das taxas de prevalência com forte autocorrelação espacial e	Alta (≥80%)	Baixo

	análise espaço-temporal da prevalência (2001-2022)	clusters nas regiões Norte e Centro-Oeste		
Paz <i>et al.</i> , 2025	Estimar a carga da hanseníase (DALYs) e analisar padrões temporais e espaciais no Brasil (2001-2021)	Redução global da carga, com maior concentração nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e maior impacto em homens e idosos	Alta ($\geq 80\%$)	Baixo
Ferreira <i>et al.</i> , 2026	Analisar clusters espaço-temporais de alto risco para hanseníase no Brasil (2001-2023)	Identificação de clusters persistentes e emergentes, com cerca de 23% dos municípios inseridos em áreas de risco ao longo do tempo	Alta ($\geq 80\%$)	Baixo

Legenda: DALYs: *Disability-Adjusted Life Years* (Anos de Vida Ajustados por Incapacidade).

Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

DISCUSSÃO

Nesta revisão sistemática, observou-se que a análise espacial tem sido progressivamente incorporada ao estudo da hanseníase, com predominância de delineamentos ecológicos baseados em dados secundários e aplicação de técnicas consolidadas, como o Índice de Moran (global e local) e a varredura espacial (Tango, 2021). Esse padrão evidencia a consolidação dessas abordagens na investigação da distribuição territorial da doença em estudos que consideram todo o território brasileiro.

Constatou-se ainda a predominância do uso de softwares livres, como TerraView, QGIS e R, demonstra assim a crescente democratização da aplicação nas análises espaciais em saúde, permitindo maior replicabilidade das pesquisas e ampliação de suas aplicações em diferentes contextos institucionais e acadêmicos. Quanto ao maior número dos estudos ecológicos, uma possível explicação seria a disponibilidade dos bancos de dados como o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) e a facilidade de agregação especial dos dados.

Em conjunto, os estudos analisados demonstram que a epidemiologia da hanseníase no Brasil tem sido investigada predominantemente por meio de técnicas exploratórias de autorcorrelação espacial e detecção de clusters, com baixo emprego de modelos explicativos capazes de incorporar fatores socioeconômicos e ambientais. Esse padrão ilustra que o campo

de pesquisa se encontra fortemente orientado para a descrição da distribuição espacial da doença, carecendo de abordagens mais analíticas.

Esse cenário encontra respaldo em revisões que destacam o uso recorrente dessas técnicas na epidemiologia de doenças infecciosas negligenciadas, especialmente para identificação de autocorrelação espacial e detecção de clusters de risco (Shaweno *et al.*, 2018).

Com isso, esse padrão também é reforçado por revisões que evidenciam a importância da integração entre fatores espaciais, sociais e sorológicos na compreensão da dinâmica da hanseníase, destacando o papel dos sistemas de informação geográfica na identificação de clusters e na priorização de intervenções, bem como a influência de condições socioeconômicas, como pobreza e saneamento inadequado, no risco de adoecimento (Lages *et al.*, 2025). Apesar do avanço no uso de ferramentas espaciais, observa-se que a maioria dos estudos ainda se concentra em abordagens descritivas, com menor incorporação de modelos analíticos mais complexos que integrem fatores sociais, ambientais e operacionais, evidenciando lacunas na compreensão da dinâmica territorial da doença (Oliveira *et al.*, 2025).

No contexto brasileiro, embora a análise espacial venha sendo progressivamente incorporada à epidemiologia da hanseníase, sua aplicação em estudos de abrangência nacional ainda é incipiente. A distribuição da hanseníase no Brasil caracteriza-se por forte desigualdade territorial, com persistência de áreas de maior endemicidade, especialmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, com um foco na Amazônia Legal (Mendonça-Cavalcante *et al.*, 2026).

A articulação entre análises temporais e espaciais mostra-se, portanto, essencial para compreensão da dinâmica da doença, permitindo identificar territórios onde a transmissão permanece ativa e onde os desfechos mais graves continuam a ocorrer (Tesema *et al.*, 2023). Do ponto de vista metodológico, a utilização de diferentes técnicas de análise espacial implica desafios interpretativos, uma vez que métodos como o Índice de Moran e a varredura espacial operam a partir de pressupostos distintos e podem gerar resultados não coincidentes quando aplicados ao mesmo conjunto de dados (Teibo *et al.*, 2023). Além disso, a influência da escala territorial, expressa no problema da unidade espacial modificável, pode alterar os padrões observados, exigindo cautela na interpretação dos resultados.

Os resultados desta revisão encontram respaldo em evidências provenientes de diferentes contextos regionais do Brasil, que demonstram a persistência de padrões espaciais heterogêneos da hanseníase. Estudos realizados no Maranhão evidenciam manutenção de clusters e autocorrelação espacial positiva, mesmo diante de tendências de redução dos

indicadores (Moreira *et al.*, 2024; Pereira *et al.*, 2025). De forma semelhante, análises conduzidas na Bahia indicam que a doença se organiza no espaço segundo determinantes estruturais, com presença de autocorrelação espacial significativa (Souza *et al.*, 2020).

Quando se amplia a análise para o contexto internacional, observa-se que esse padrão de heterogeneidade espacial também se manifesta em regiões de fronteira, como no caso de estudos realizados entre Brasil e Argentina, que evidenciam interdependência epidemiológica e presença de clusters compartilhados entre territórios adjacentes (Silva-Sobrinho *et al.*, 2022). Esse cenário sugere que a hanseníase não respeita limites político-administrativos, sendo influenciada por fluxos populacionais, mobilidade territorial e desigualdades estruturais.

Nesse contexto, o território não pode ser analisado apenas como uma delimitação geográfica, mas como um espaço marcado por desigualdades sociais que influenciam a distribuição da hanseníase (Mártires *et al.*, 2024). Assim, os padrões espaciais observados refletem não somente a dinâmica de transmissão da doença, mas também diferenças no acesso e na capacidade de resposta dos serviços de saúde, especialmente da atenção primária, o que pode impactar diretamente na detecção precoce dos casos (Pertiwi; Syahrul, 2024).

No geral, os estudos analisados revelaram que a análise espacial é uma ferramenta consolidada para identificação de áreas endêmicas no Brasil. Entretanto, observa-se a presença majoritária de estudos exploratórios e descritivos e limitada incorporação de modelos mais explicativos, apontando oportunidades para o avanço metodológicos das futuras pesquisas.

As limitações desta revisão sistemática devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Observa-se a predominância de estudos baseados em dados secundários de notificação, os quais estão sujeitos a subnotificação e inconsistências no preenchimento das informações, podendo influenciar a identificação de padrões espaciais. Nesse sentido, áreas com menor capacidade operacional dos serviços de saúde podem apresentar registros incompletos, o que tende a distorcer a distribuição espacial da hanseníase.

Adicionalmente, a heterogeneidade metodológica entre os estudos incluídos, aliada ao reduzido número de investigações de abrangência nacional, limita a comparabilidade dos resultados e restringe a generalização dos padrões espaciais identificados. Soma-se a isso a predominância de abordagens fundamentadas em técnicas de autocorrelação espacial e detecção de clusters, evidenciando uma concentração metodológica nas análises realizadas. Em contrapartida, observa-se a limitada utilização de métodos analíticos mais robustos, como modelos de regressão espacial — a exemplo do modelo autorregressivo espacial (Spatial

Autoregressive Model – SAR), do modelo autorregressivo condicional (Conditional Autoregressive Model – CAR) e da regressão ponderada geograficamente (Geographically Weighted Regression – GWR) —, bem como de abordagens bayesianas e modelos espaço-temporais avançados.

Diante dessas lacunas, destaca-se a necessidade de ampliação de estudos que utilizem abordagem espacial em escala nacional, incorporando diferentes dimensões analíticas, como fatores sociais, ambientais e operacionais. Investigações futuras podem avançar ao integrar essas abordagens analíticas e ao empregar estratégias que articulem diferentes bases de dados, visando uma compreensão mais abrangente da dinâmica territorial da hanseníase no Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática permitiu identificar como a epidemiologia da hanseníase tem sido analisada espacialmente no Brasil, demonstrando o predomínio das pesquisas ecológicas baseadas em dados secundários e com a aplicação de técnicas consolidadas, como o Índice de Moran (global e local) e o uso da estatística de varredura espacial. Esses métodos de análise espaciais têm possibilitado a identificação de padrões territoriais, clusters de risco e áreas de demandas prioritárias para a vigilância em saúde, contribuindo para o aprimoramento da compreensão das desigualdades na distribuição espacial do agravo no país.

12

Os estudos incluídos na revisão demonstram que a análise espacial constitui uma ferramenta importante para a investigação da hanseníase e que tem sido aplicada nos estudos epidemiológicos. Contudo, também revelaram a maior frequência das abordagens exploratórias e descritivas, com limitada aplicação de modelos analíticos mais complexos, com capacidade para integrar as multicausalidades da hanseníase como os indicadores econômicos, sociais, ambientais e operacionais; além do reduzido número de pesquisas com abrangência na escala nacional.

Compreende-se que a persistência de desigualdades socioespaciais na distribuição da hanseníase evidencia a necessidade de fortalecimento das ações de vigilância em saúde e da organização dos serviços, especialmente no âmbito da atenção primária, com foco na detecção precoce dos casos. Nesse contexto, a análise espacial se apresenta como um método estratégico para o planejamento em saúde, contribuindo para o direcionamento de intervenções mais eficientes e para o enfrentamento das iniquidades associadas à doença no Brasil.

Em suma, espera-se que este estudo possa contribuir para produção científica na interface entre Saúde Pública, Epidemiologia, Geografia da Saúde e áreas afins, ao sistematizar os estudos nacionais que utilizam modelos espaciais que são aplicados para a compreensão da dinâmica territorial da hanseníase e fortalecer o enfrentamento das doenças negligências, no Brasil.

REFERÊNCIAS

- BOIGNY, R. N. *et al.* Temporal trends and space-time distribution of leprosy relapse in Brazil from 2001 to 2021. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 118, p. 537–549, 2024. <https://doi.org/10.1093/trstmh/trae021>
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico Hanseníase 2024**. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/especiais/2024/boletim-hansenia-se-2024>. Acesso em: 18 mar. 2026.
- CHEN, K.-H. *et al.* Leprosy: a review of epidemiology, clinical diagnosis, and management. **Journal of Tropical Medicine**, v. 2022, n. 1, p. 8652062, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8652062>
- FERREIRA, A. F. *et al.* Persistent and emerging high-risk clusters of leprosy detection in Brazil: a nationwide spatiotemporal analysis, 2001–2023. **Tropical Medicine & International Health**, 2026. <https://doi.org/10.1111/tmi.70104>
- GONÇALVES, B. E. *et al.* Prevalence of paucibacillary cases of leprosy in Brazil: a 20-year systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Medicine**, v. 11, p. 1401685, 2024. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1401685>
- LAGES, Daniele dos Santos *et al.* Spatial, Social and Serological Factors in the Prevalence and Risk of Leprosy in Areas of High Endemicity: An Integrative Review. **Infectious Disease Reports**, v. 17, n. 3, p. 57, 2025. <https://doi.org/10.3390/idr17030057>
- LIMA, L. V. *et al.* Tendência temporal, distribuição e autocorrelação espacial da hanseníase no Brasil: estudo ecológico, 2011 a 2021. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 25, e220040, 2022. <https://doi.org/10.1590/1980-549720220040.2>
- MÁRTIRES, G. S. *et al.* Quality of healthcare services to reduce leprosy in Brazil: a trend analysis from 2001 to 2020. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 27, e240034, 2024. <https://doi.org/10.1590/1980-549720240034>
- MATOS, T. S. *et al.* Time trend and identification of risk areas for physical disability due to leprosy in Brazil: an ecological study, 2001–2022. **BMC Infectious Diseases**, v. 25, p. 320, 2025. <https://doi.org/10.1186/s12879-025-10586-2>
- MENDONÇA-CAVALCANTE, P. A. *et al.* Temporal trends and regional heterogeneity of leprosy in an Amazonian Brazilian state: Tocantins, 2014–2024. **Brazilian Journal of Biology**, v. 86, p. e304249, 2026. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.304249>

MORAIS, C. A. *et al.* Análise espacial dos indicadores epidemiológicos de hanseníase e de serviços da atenção primária à saúde bucal do Norte e Nordeste do Brasil, 2012 a 2021. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 20, 2024. <https://doi.org/10.14393/Hygeia2072288>

MOREIRA, R. J. O. *et al.* Características clínico-epidemiológicas e tendência temporal de casos novos de hanseníase com grau 2 de incapacidade física, no estado do Maranhão, 2011–2020. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 32, p. e2022435, 2023. <https://doi.org/10.1590/S2237-96222023000200026>

NIITSUMA, E. N. A. *et al.* Factors associated with the development of leprosy in contacts: a systematic review and meta-analysis. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 24, p. e210039, 2021. <https://doi.org/10.1590/1980-549720210039>

PAZ, W. S. *et al.* Temporal trend, high-risk spatial and spatiotemporal clustering of leprosy indicators in Brazil: a 20-year ecological and population-based study. **Tropical Medicine & International Health**, v. 28, p. 517–529, 2023. <https://doi.org/10.1111/tmi.13901>

PAZ, W. S. *et al.* Temporal trends and identification of risk areas related to the burden of leprosy in Brazil: an ecological study from 2001 to 2021. **Clinical and Experimental Dermatology**, 2025. <https://doi.org/10.1093/ced/llaf508>

PEREIRA, D. L. M. *et al.* Distribuição espacial da hanseníase na Amazônia Legal maranhense no período de 2011–2021. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 21, 2025. <https://doi.org/10.14393/Hygeia2173692>

PESCARINI, J. M. *et al.* Socioeconomic risk markers of leprosy in high-burden countries: a systematic review and meta-analysis. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 12, n. 7, p. e0006622, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006622>

PERTIWI, A. N. A. M.; SYAHRUL, F. Risk factors for leprosy: a systematic review. **The Indonesian Journal of Public Health**, v. 19, n. 3, p. 575–589, 2024. <https://doi.org/10.20473/ijph.v19i3.2024.575-589>

RANDLES, R.; FINNEGAN, A. Guidelines for writing a systematic review. **Nurse Education Today**, v. 125, p. 105803, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105803>

RODRIGUES, R. N. *et al.* Áreas de alto risco de hanseníase no Brasil, período 2001–2015. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 73, n. 3, e20180583, 2020. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0583>

SANTOS, W. M. *et al.* The Joanna Briggs Institute approach for systematic reviews. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 26, e3074, 2018. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.2885.3074>

SHAWENO, D. *et al.* Methods used in the spatial analysis of tuberculosis epidemiology: a systematic review. **BMC Medicine**, v. 16, n. 1, p. 193, 2018. <https://doi.org/10.1186/s12916-018-1178-4>

SILVA-SOBRINHO, R. A. *et al.* Risk areas for the occurrence of leprosy in border countries of South America - Brazil and Argentina. **PLoS ONE**, v. 17, n. 11, p. e0276977, 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276977>

SOUZA, C. D. F. *et al.* Modelagem espacial da hanseníase no estado da Bahia, Brasil (2001–2015) e determinantes sociais da saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 2915–2926, 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020258.21522018>

SOUZA, N. K. M. *et al.* Persistence of leprosy prevalence rates in Brazil: a temporal and spatial approach between 2001 and 2022. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 21, 2025. <https://doi.org/10.14393/Hygeia2174977>

TANGO, T. Spatial scan statistics can be dangerous. **Statistical Methods in Medical Research**, v. 30, n. 1, p. 75–86, 2021. <https://doi.org/10.1177/0962280220930562>

TANWAR, P.; NAAGAR, M.; MAITY, M. K. A review on leprosy: etiology, epidemiology, pathophysiology, risk factors, differential diagnosis, management strategies and treatment modalities. **International Journal of Pharmaceutical Research**, v. 6, n. 2, p. 39–48, 2024. <https://doi.org/10.33545/26646862.2024.v6.i2a.58>

TEIBO, T. K. A. *et al.* Geo-spatial high-risk clusters of Tuberculosis in the global general population: a systematic review. **BMC Public Health**, v. 23, n. 1, p. 1586, 2023. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16493-y>

TESEMA, G. A. *et al.* A systematic review of joint spatial and spatiotemporal models in health research. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 7, p. 5295, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijerph20075295>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global leprosy update, 2024**: accelerating towards a leprosy-free world. Weekly Epidemiological Record, Genebra, 2024. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/who-wer9926>. Acesso em: 02 abr. 2026.