








ARTIGO ORIGINAL

Geoespacialização, tendência e fatores relacionados à interrupção do tratamento da tuberculose: um estudo ecológico

Geospatial mapping, trends, and factors associated with tuberculosis treatment interruption: an ecological study

HIGHLIGHTS

1. Identificou-se aumento da interrupção do tratamento no Centro-Oeste e Norte.
2. Foram encontrados agrupamentos relevantes no Sudeste e Mato Grosso.
3. Vulnerabilidade social mostrou associação com a perda de seguimento do tratamento.
4. A maior cobertura da atenção primária reduziu a descontinuidade no tratamento.

Maria Izabel Félix Rocha¹ 
Thatiana Araújo Maranhão² 
Maria Madalena Cardoso da Frota³ 
Jaiana Nascimento Albuquerque² 
Joana Nágila Ribeiro Figueira⁴ 
Aline Miranda de Abreu⁵ 
George Jó Bezerra Sousa⁶ 

RESUMO

Objetivo: Analisar os padrões espaciais, temporais e os fatores associados à interrupção do tratamento da tuberculose no Brasil entre 2010 e 2020. **Método:** Estudo ecológico com uso de geoprocessamento. O método Joinpoint foi utilizado para análise temporal. A autocorrelação espacial e a varredura scan identificaram aglomerados. Modelos de regressão espacial e não espacial, considerando $p < 0,05$, detectaram fatores associados ao desfecho. **Resultados:** Observou-se tendência estacionária da interrupção do tratamento da tuberculose no país, com crescimento nas regiões Centro-Oeste e Norte. Os indicadores socioeconômicos associados foram: Índice de Gini, densidade domiciliar > 2 , taxa de retratamento, índice de vulnerabilidade social, taxa de analfabetismo, percentual de pessoas extremamente pobres e cobertura da Estratégia de Saúde da Família. **Conclusão:** A interrupção do tratamento apresentou tendência estacionária. A regressão espacial mostrou que indicadores de vulnerabilidade socioeconômica influenciam o desfecho, positiva ou negativamente, conforme o território, o que demanda intensificação das ações de prevenção e controle nesses locais.

DESCRITORES: Tuberculose; Epidemiologia; Interrupção do Tratamento; Análise Espacial; Determinantes Sociais da Saúde.

COMO REFERENCIAR ESTE ARTIGO:

Rocha MIF, Maranhão TA, da Frota MMC, Albuquerque JN, Figueira JNR, de Abreu AM, et al. Geoespacialização, tendência e fatores relacionados à interrupção do tratamento da tuberculose: um estudo ecológico. Cogitare Enferm [Internet]. 2026 [cited "insert year, month and day"];31:e100798pt. Available from: <https://doi.org/10.1590/ce.v31i0.100798pt>

¹Universidade Federal do Piauí, Programa de Residência em Enfermagem Obstétrica, Teresina, PI, Brasil.

²Universidade Estadual do Piauí, Departamento de Enfermagem, Parnaíba, PI, Brasil.

³Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, São Luis, MA, Brasil.

⁴Universidade Estadual do Piauí, Residência Multiprofissional em Saúde da Família, Teresina, PI, Brasil.

⁵Universidade Federal do Ceará, Programa Uniprofissional em Enfermagem Obstétrica, Fortaleza, CE, Brasil.

⁶Ministério da Saúde, Coordenação Geral de Vigilância da Hanseníase e Doenças em Eliminação, Brasília, DF, Brasil.

INTRODUÇÃO

A Tuberculose (TB) é uma doença infecciosa de notificação compulsória, causada pelo bacilo *Mycobacterium tuberculosis*, que se apresenta na forma pulmonar e extrapulmonar. Essa infecção apresenta prevenção e cura; entretanto, ainda é prevalente em condições sociais de vulnerabilidade, além de contribuir para a manutenção da desigualdade social¹⁻².

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que, em 2023, 10,8 milhões de pessoas adoeceram por TB e 1,25 milhão morreram no mundo. Nas Américas, estima-se que ocorram cerca de 900 casos e 100 óbitos diários de TB, sendo o Brasil um dos únicos países de alta carga da doença na região³⁻⁴.

Destaca-se que, em 2024, o Brasil apresentou mais de 84 mil casos novos e coeficiente de incidência de 39,7 casos por 100.000 habitantes. Ademais, foram registrados 6.025 óbitos e coeficiente de mortalidade de 2,8 óbitos por 100.000 habitantes⁵. Comparado a 2023, a incidência e a mortalidade cresceram 5% e 40%, respectivamente, revelando tendência crescente no país⁶.

A interrupção do tratamento da TB é uma das principais limitações para o controle e a cura da doença, pois, além de elevar os custos do tratamento, contribui para o aumento da morbimortalidade, da recidiva e da resistência medicamentosa do bacilo. Além disso, reflete barreiras sociais e estruturais, evidenciando possíveis falhas nas estratégias de prevenção e tratamento, bem como no desempenho dos serviços de saúde. No Brasil, considera-se interrupção do tratamento quando o paciente se ausenta da unidade de saúde por mais de 30 dias consecutivos após a data prevista para retorno⁷.

No Brasil, o tratamento anti-TB é padronizado, dura seis meses e é oferecido gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Em 2023, 15,3% dos casos novos de TB por critério laboratorial foram encerrados como interrupção do tratamento, mais que o dobro do limite de 5,0% definido pela Estratégia Global pelo Fim da TB. Os maiores percentuais ocorreram nas regiões Sudeste (15,6%) e Norte (15,0%), ambos acima da média nacional (14,2%)⁵.

Embora haja um número crescente de estudos sobre a incidência e as implicações da TB em algumas regiões brasileiras^{1-2,4,7}, poucos trabalhos nacionais utilizam a abordagem ecológica para verificação dos fatores associados. Nesse contexto, estudos temporais e espaciais são essenciais para identificar aglomerados com elevados números de casos de interrupção do tratamento e compreender os fatores socioeconômicos associados, fornecendo subsídios para orientar estratégias de enfrentamento nos territórios mais afetados. Assim, este estudo teve como objetivo analisar os padrões espaciais e temporais, bem como os fatores associados à interrupção do tratamento da TB no Brasil de 2010 a 2020.

MÉTODO

Trata-se de um estudo ecológico que teve como área geográfica de interesse os municípios do Brasil. O país é composto por 5.570 municípios, 27 unidades federativas e cinco macrorregiões (Nordeste, Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Sul)⁸

A população do estudo incluiu todos os casos de interrupção do tratamento da TB notificados no Brasil no período 2010-2020, em cada município. Ressalta-se que a interrupção

das séries em 2020 está relacionada ao fato de a pesquisa ter sido iniciada em 2022 e, durante a coleta de dados, ter-se observado que 2021 apresentava um número inferior de notificações, possivelmente relacionado à ausência de consolidação das notificações no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) para o ano completo.

Os critérios de inclusão adotados foram: o caso ter sido notificado no período de 2010 a 2020 e inserido no sistema no período analisado, de acordo com o município de residência, e apresentar a categoria abandono na variável situação de encerramento. A população sob risco utilizada no denominador é aquela que estava em tratamento para TB no momento da coleta de dados. Não foram incluídos os casos cuja situação de encerramento foi óbito, bem como os seguintes tipos de entrada: recidiva, reingresso após interrupção do tratamento e transferência.

Foram utilizados dados secundários oriundos do SINAN para TB, compilados no sítio eletrônico do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Os casos foram estratificados por sexo (masculino; feminino), faixa etária (0 a 19 anos; 20 a 39 anos; 40 a 59 anos; ≥ 60), escolaridade (em anos de estudo completos: nenhum; 1 a 4; 5 a 8; 9 a 12; 12 ou mais), raça/cor (branca; amarela; parda ou preta; indígena), região de notificação (Sudeste; Nordeste; Sul; Norte; Centro-Oeste), tipo de entrada (caso novo), forma da doença (pulmonar; extrapulmonar; pulmonar + extrapulmonar), realização dos exames de HIV e aids (sim; não), diabetes (sim; não), alcoolismo (sim; não) e doença mental (sim; não).

As variáveis sociodemográficas, de natureza categórica, foram descritas em função das frequências absolutas e relativas. Em seguida, para a análise temporal simples, calculou-se a proporção de casos ano a ano da interrupção do tratamento da TB para o Brasil e suas cinco regiões, conforme a fórmula a seguir:

$$\text{Proporção de interrupção do tratamento da TB} = \frac{\text{Nº de casos de interrupção do tratamento da TB}}{\text{Nº de casos de TB}} \times 100$$

Para a análise temporal, utilizou-se o *software Joinpoint Regression Program* versão 4.6.0.0[®], o qual testa se um ou mais pontos de inflexão devem ser adicionados ao modelo linear pela permutação de Monte Carlo. O mesmo software foi utilizado para calcular a Variação Percentual Anual (Annual Percentage Change - APC) e a Variação Percentual Anual Média (Average Annual Percentage Change - AAPC), considerando intervalo de confiança de 95% (IC95%).

A APC é uma medida estatística utilizada para avaliar a tendência temporal de uma taxa ao longo de vários anos. Ela expressa, em média, o quanto essa taxa aumenta ou diminui por ano, em termos percentuais. Enquanto a APC mostra a variação anual dentro de um trecho específico da série temporal, a AAPC resume o período em um único valor, a partir de uma média ponderada, mesmo que tenham ocorrido mudanças nas tendências ao longo dos anos.

O modelo foi ajustado considerando de zero (um segmento) a dois pontos de inflexão (três segmentos), avaliando se múltiplos segmentos descrevem melhor a tendência do que uma única reta. Em todos os modelos, considerou-se a autocorrelação de primeira ordem (AR=1) dos erros, uma vez que dados em saúde apresentam dependência temporal.

Valores negativos de APC e da AAPC indicam tendência decrescente e, quando positivos, tendência crescente. Quando não há significância estatística ($p > 0,05$), a

tendência é classificada como estacionária. Cada ponto de inflexão adicionado ao modelo indica uma mudança na tendência linear⁹.

Definiu-se como variável independente o ano de ocorrência dos casos de interrupção da terapêutica anti-TB e, como dependente, a proporção de perda de seguimento entre os casos, calculadas no programa e padronizadas por logaritmização.

Para a análise espacial, calculou-se a taxa média padronizada da interrupção do tratamento anti-TB em cada município brasileiro. A padronização ajusta diferenças demográficas, permitindo comparações mais precisas¹⁰. Para tanto, utilizou-se como numerador o número de casos novos de TB encerrados com a denominação abandono, dividido pela quantidade de anos estudados (11 anos), dividido pela população do ano central da série temporal (2015) e multiplicado por 100. A partir desse cálculo, a variável dependente foi expressa em percentual (%), uma vez que os valores foram calculados com base em 100 habitantes.

$$\text{Taxa Média Padronizada} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de casos de interrupção do tratamento da TB} / \text{N}^\circ \text{ de anos estudados (11 anos)} \times 100}{\text{População do ano central (2015)}}$$

Convém destacar que os intervalos das classes do mapa da Taxa Média Padronizada foram definidos manualmente, com base na distribuição dos valores observados e em critérios de clareza visual, a fim de facilitar a interpretação dos padrões espaciais. Especial ênfase foi dada à primeira categoria da legenda, que identifica os municípios que não notificaram a interrupção do tratamento da TB e, portanto, apresentam proporção de casos igual a zero.

Para identificar aglomerados espaciais, construiu-se, inicialmente, a matriz de vizinhança espacial. Para isso, foi adotado o critério de contiguidade tipo rook, atribuindo-se valor 1 aos municípios que compartilham fronteiras e 0 àqueles que não as compartilham. Desse modo, consideraram-se apenas fronteiras compartilhadas entre polígonos adjacentes.

Em seguida, foram aplicados os Índices de Moran Global e Local e a técnica *Getis-Ord Gi**. Após a constatação da autocorrelação global, utilizou-se o Índice de Moran Local (LISA) para identificar agregados e quantificar a associação espacial em cada município brasileiro. Os resultados foram apresentados em dois mapas: o primeiro ilustra graficamente a similaridade entre municípios vizinhos, com quatro padrões: alto/alto e baixo/baixo (associação positiva, entre vizinhos com valores semelhantes) e alto/baixo e baixo/alto (associação negativa, entre vizinhos com valores diferentes)¹¹.

Por sua vez, a técnica *Getis-Ord Gi** cria z-scores que permitem identificar aglomerados. Valores elevados de z-scores indicam áreas com altas proporções de casos agrupadas com áreas semelhantes (áreas quentes - hotspots); enquanto valores baixos de z-scores identificam áreas com baixa proporção de casos rodeadas de áreas semelhantes (áreas frias - coldspots)¹².

Ressalta-se que, nesta pesquisa, optou-se por não aplicar a suavização das taxas pelo método bayesiano empírico global ou local, a fim de preservar a variabilidade observada nas taxas originais. Além disso, esclarece-se que os testes de associação espacial local (LISA e *Getis-Ord Gi**) não foram ajustados para controle de múltiplos testes.

Aplicou-se, ainda, a estatística Scan puramente espacial, cuja janela de varredura envolveu 50% da população sob risco e clusters circulares. Utilizou-se o município como unidade espacial mínima na análise de varredura, por meio do software SaTScan, configurado para o modelo de Poisson discreto, o qual ajusta automaticamente a análise pela população residente, assumindo como esperado o número de casos proporcional à população de cada unidade. Esse ajuste visa controlar a influência da variação populacional entre os municípios, evitando que clusters sejam identificados apenas em função de maiores contingentes populacionais. A estatística Scan possibilitou o cálculo do risco relativo (RR), no qual municípios com valores > 1 apresentam risco relativo de interrupção do tratamento anti-TB superior ao do país como um todo¹³.

Para investigar os fatores relacionados à interrupção do tratamento da TB, utilizou-se o modelo de regressão não espacial Ordinary Least Squares (OLS). Os indicadores extraídos do Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil foram: taxa de analfabetismo em pessoas com 18 anos ou mais (T_ANALF18M), Índice de Gini (GINI), proporção (%) de pessoas extremamente pobres (PIND), percentual (%) da população em domicílios com densidade >2 (T_DENS), Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), renda per capita (RDPC) e percentual (%) da população em domicílios com banheiro e água encanada (T_BANAGUA). Por meio do DATASUS, obteve-se a Cobertura da Estratégia de Saúde da Família (COBERT_ESF) e a Taxa de retratamento (TX_RETRATAMENTO). O índice brasileiro de privação (IBP) foi obtido do Centro de Integração de Dados e Conhecimentos para Saúde (CIDACS) e o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) foi retirado do sítio eletrônico do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

No modelo OLS, as variáveis explicativas foram selecionadas por backward selection, e a multicolinearidade foi avaliada pelo Variance Inflation Factor (VIF). As variáveis que permaneceram no modelo final com $p < 0,05$ foram incluídas nos modelos geográficos globais (Spatial Lag e Spatial Error). Foram verificados os pressupostos da regressão linear e o teste de Moran dos resíduos não indicou autocorrelação espacial, confirmando a adequação do modelo OLS.

O modelo Spatial Lag atribui autocorrelação espacial à variável dependente, enquanto o Spatial Error pressupõe dependência espacial decorrente de variáveis não incluídas no modelo¹⁴. Os modelos OLS, Spatial Lag e Spatial Error referem-se a toda a região analisada (Brasil)¹⁵. A comparação entre os modelos baseou-se no maior R^2 ajustado e no menor Akaike Information Criterion (AIC).

Convém ressaltar que, nas análises sociodemográficas, foram excluídos os registros cujas variáveis de interesse estavam classificadas como ignorado ou não informado nas fichas de notificação, sendo realizada análise por casos completos, sem imputação de valores. Nas análises espaciais e temporais, foram excluídos os registros sem informação sobre o município de residência, uma vez que essa variável é essencial para a geocodificação e a construção das unidades espaço-temporais de análise.

O teste de autocorrelação espacial foi calculado no software TerraView 4.2.2[®]. A técnica *Getis-Ord Gi** e as regressões Spatial Lag e Spatial Error foram realizadas no programa GeoDa 1.14[®]. A regressão OLS foi realizada no software Stata v.13[®]. Todos os mapas foram produzidos no software QGIS 3.16[®].

Por se tratar de estudo com dados secundários de domínio público, não foi necessária a submissão deste estudo à apreciação por um Comitê de Ética, conforme o disposto na Resolução 674/2022 do Conselho Nacional de Saúde.

RESULTADOS

Foram registrados 82.594 casos de interrupção do tratamento anti-TB no período estudado. A maior frequência ocorreu entre homens 61.791 (74,8%) e na faixa etária de 20 a 39 anos 47.527 (57,6%). Mais da metade era parda ou preta 52.848 (69,8%) e apresentava até oito anos de escolaridade 23.528 (70,0%). A maior proporção dos casos concentrou-se na região Sul do Brasil 39.202 (47,5%) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização sociodemográfica dos casos de interrupção do tratamento da Tuberculose no Brasil, 2010-2020. Parnaíba, Piauí, Brasil, 2023

Características	n	%
Sexo*		
Masculino	61.791	74,8
Feminino	20.797	25,2
Faixa etária(anos)**		
0 a 19	7.191	8,7
20 a 39	47.527	57,6
40 a 59	22.186	26,9
≥60	5.649	6,8
Escolaridade(anos)***		
Nenhuma	3.018	5,2
1 a 4 anos	14.090	24,3
5 a 8 anos	23.528	40,5
9 a 12 anos	14.938	25,7
≥ 12	2.517	4,3
Cor da pele****		
Branca	21.702	28,7
Parda ou preta	52.848	69,8
Amarela	569	0,8
Indígena	563	0,7
Região de notificação*****		
Sudeste	9.296	11,3
Nordeste	20.025	24,3
Sul	39.202	47,5
Norte	10.196	12,3
Centro-Oeste	3.840	4,6

Legenda: (N = 82.594*).

Nota: *Foram excluídos seis casos por constarem o sexo como "Ignorado". **Foram excluídos 41 casos por constarem a faixa etária como "Ignorado". ***Foram excluídos 24.503 casos por constarem a escolaridade como "Ignorado". ****Foram excluídos 6.912 casos por constarem a cor da pele como "Ignorado". *****Foram excluídos 35 casos por constarem a região de notificação como "Ignorado".

Fonte: Os autores (2023).

A forma pulmonar representou 71.917 (87,1%) dos casos. Cerca de 11.157 (13,5%) indivíduos estavam vivendo com HIV, dos quais 10.128 (14,6%) apresentavam critérios compatíveis com Aids. Aproximadamente uma em cada quatro pessoas fazia uso prejudicial de álcool 20.083 (28,2%), utilizava drogas ilícitas 14.566 (29,1%) e fazia uso de tabaco 14.746 (29,4%). Proporções menores foram observadas entre pessoas com

diabetes 3.563 (4,8%), pessoas com transtorno mental 1.993 (2,7%), pessoas privadas de liberdade 5.083 (9,9%) e pessoas em situação de rua 4.018 (7,9%).

A proporção média de interrupção da terapêutica, segundo a fórmula descrita anteriormente, foi de 10,4%, com aumento de 10,3% em 2010 para 11,5% em 2020. As regiões Sudeste (10,8%) e Sul (10,6%) apresentaram as maiores médias regionais de casos.

A análise por Joinpoint evidenciou tendência estacionária (AAPC: 0,7; IC95%: -0,6 – 2,1; $p < 0,1$) da interrupção do tratamento da TB no país. Observou-se ainda aumento expressivo da interrupção do tratamento no Centro-Oeste (AAPC: 3,9; IC95%: 3,0 – 4,8; $p < 0,001$), seguido da região Norte (APC: 2,6; IC95%: 1,6 – 3,8; $p < 0,001$) (Tabela 2).

Tabela 2. Variação percentual anual (APC) e Variação Percentual Anual Média (AAPC) da interrupção do tratamento da tuberculose no Brasil, 2010-2020. Parnaíba, Piauí, Brasil, 2023

Localidade	Período	APC ^a (IC 95%*) ^b	Valor de p ^c	AAPC ^d (IC 95%*)	Valor de p	Tendência
Brasil	2010-2020	0,7 (-0,6 – 2,1)	0,255	0,7 (-0,6 – 2,1)	0,255	Estacionária
Norte	2010-2020	2,6* (1,6 – 3,8)	< 0,001	2,6* (1,6 – 3,8)	<0,001	Crescente
Nordeste	2010-2020	-0,9 (-2,2 – 0,4)	0,138	-0,9 (-2,2 – 0,4)	0,138	Estacionária
Sudeste	2010-2016	-1,2 (-4,1 – 1,8)	0,362	1,4 (-0,9 – 3,7)	0,1	Estacionária
	2016-2020	5,3 (-0,3 – 11,3)	0,061			
Sul	2010-2020	-1,3 (- 4,1 – 1,6)	0,328	-1,3 (- 4,1 – 1,6)	0,328	Estacionária
Centro-Oeste	2010-2020	3,9* (3,0 – 4,8)	< 0,001	3,9* (3,0 – 4,8)	<0,001	Crescente

Legenda: ^aAPC: Annual Percentage Change, variação percentual anual.

^bIC95%: Intervalo de Confiança de 95%.

^cp-valor: probabilidade de significância.

^dAAPC: Average Annual Percentage Change, variação percentual anual média.

Fonte: Os autores (2023).

A Figura 1 apresenta os resultados das técnicas de detecção de aglomerados espaciais. O mapa da taxa de incidência média padronizada (Mapa A) aponta dispersão irregular, formando uma imagem com aparência de mosaico, com a maioria dos municípios apresentando taxas que variaram de 0,0 a 11,1% (Mapa A).

Após a constatação da autocorrelação espacial global significativa ($I=0,1$; $p=0,001$), procedeu-se ao cálculo do Índice de Moran Local. A análise dos aglomerados de interrupção indicou padrão Alto/Alto de distribuição em municípios localizados, principalmente, na região Norte, no estado do Mato Grosso do Sul (Centro-Oeste) e no litoral da região Sudeste (Mapa B). O mapa C mostra a significância estatística dos municípios que exibiram algum padrão espacial.

Pela técnica *Getis-Ord Gi** (Mapa D), confirmaram-se *hotspots* nos territórios com padrão Alto/Alto do Mapa B e sua significância estatística (Mapa E). Os mapas F e G mostram *clusters* espaciais e risco relativo (RR) da interrupção da terapêutica no Brasil, calculados pela varredura *Scan* puramente espacial. Foram identificados 26 *clusters*, dos quais 20 apresentaram significância estatística ($p < 0,05$). O cluster primário, com menor probabilidade de ocorrência ao acaso, incluiu 201 municípios, principalmente na região Sudeste, abrangendo Minas Gerais, o litoral do Rio de Janeiro e São Paulo. Os clusters secundários significativos localizam-se nos estados do Amazonas, Mato

Grosso do Sul e Pará (Mapa F). No mapa G, alguns municípios do Mato Grosso do Sul (vinho) apresentaram os maiores RR do Brasil para interrupção da terapêutica anti-TB (RR=1,7-2,6).

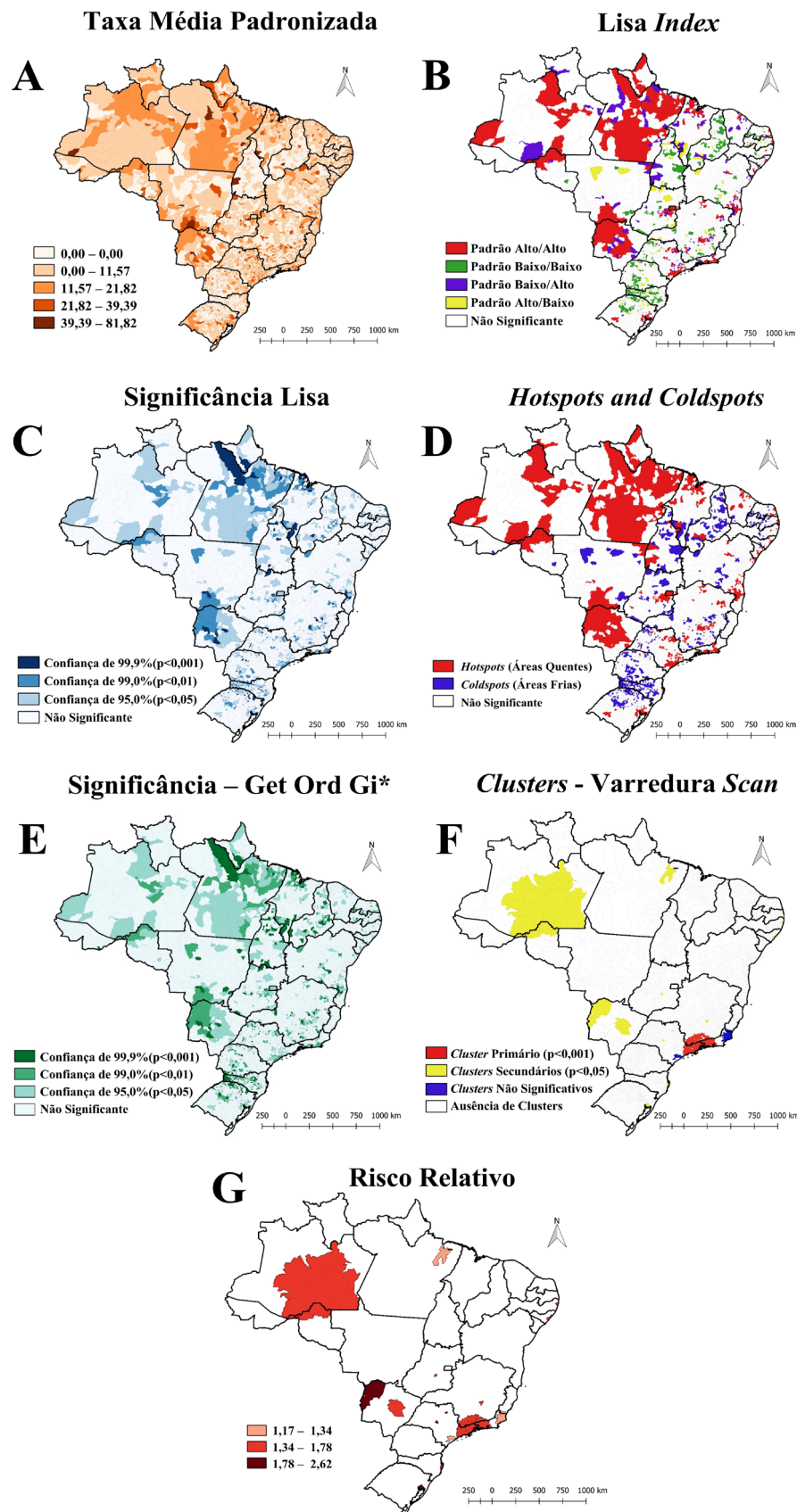


Figura 1. Distribuição da taxa de incidência média padronizada (A), Índice de Moran Local – Lisa Index (B), Significância Lisa (C), Áreas quentes (*hotspots*) e áreas frias (*coldspots*) (D), Significância – *Getis-Ord Gi** (E), *Clusters - varredura Scan* (F), Risco relativo (G), 2010-2020. Parnaíba, Piauí, Brasil, 2023

Fonte: Os autores (2023).

A Tabela 3 descreve as informações detalhadas dos 26 aglomerados de interrupção do tratamento da TB no Brasil, dos quais 20 obtiveram significância estatística e seis não, segundo a varredura Scan. O cluster primário possui raio de 199,3 km, e os municípios que o compõem apresentam, em média, 1,5 vez mais risco de casos de interrupção do tratamento da TB em comparação aos demais municípios do Brasil.

Tabela 3. Aglomerados espaciais dos casos de interrupção do tratamento da tuberculose, definidos pela estatística de varredura Scan puramente espacial no Brasil, 2010-2020. Parnaíba, Piauí, Brasil, 2023

Cluster	Nº de Municípios	Raio (Km)	Nº de casos	Nº esperado de casos	RR	LLR**	Valor de p
1	201	199,3	2747	19820,8	1,5	1801	<0,001
2	5	12,8	3987	1901	2,1	894	<0,001
3	3	10,4	9761	6378,9	1,6	846,1	<0,001
4	1	0	3191	1411,7	2,3	842,6	<0,001
5	2	13,9	9120	6113,5	1,5	700,9	<0,001
6	6	9,9	3451	1893,7	1,8	528,7	<0,001
7	5	13,6	3769	2392	1,6	348,5	<0,001
8	30	44,7	3997	2790,9	1,4	238,6	<0,001
9	4	13,5	1345	870,3	1,5	112,1	<0,001
10	3	13,2	666	375,3	1,7	91,7	<0,001
11	1	0	384	184	2	82,7	<0,001
12	1	0	1247	860,5	1,4	76,9	<0,001
13	5	19,6	1759	1324,6	1,3	65,6	<0,001
14	1	0	477	270,3	1,7	64,4	<0,001
15	4	90,6	638	414,4	1,5	51,9	<0,001
16	7	26,7	835	582,1	1,4	48,7	<0,001
17	1	0	524	330,5	1,5	48,2	<0,001
18	1	0	160	67,5	2,3	45,5	<0,001
19	1	0	79	30,1	2,6	27,3	<0,001
20	10	67,8	1923	1620,1	1,1	27,2	<0,001
21	1	0	41	17,9	2,2	10,8	0,085
22	1	0	169	121,3	1,3	8,3	0,507
23	1	0	25	9,7	2,5	8,2	0,535
24	1	0	211	157,9	1,3	8	0,586
25	7	46,8	175	131	1,3	6,6	0,966
26	20	83,5	527	452,6	1,1	5,8	0,997

Legenda: *Risco Relativo; **Razão de Verossimilhança.

Fonte: Os autores (2023).

Para testar a influência de indicadores socioeconômicos na interrupção do tratamento anti-TB, compararam-se os resultados das análises dos modelos de regressão OLS ($R^2=0,062$; $AIC=38.397,72$), Spatial Lag ($R^2=0,069$; $AIC=38.408,8$) e Spatial Error ($R^2=0,068$; $AIC=38.414,4$). Os modelos OLS e Spatial Lag se mostraram melhor ajustados, uma vez que o OLS apresentou menor AIC e o Spatial Lag, maior R^2 .

A Tabela 4 mostra as variáveis independentes que apresentaram correlação positiva com a variável desfecho no modelo OLS: Índice de Gini (GINI) ($\beta=4,1$; $p=0,042$), proporção da população em domicílios com densidade >2 ($\beta=0,1$; $p<0,001$), Taxa de retratamento (TX_RETRATAMENTO) ($\beta=0,0$; $p=0,001$) e Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) ($\beta=11,2$;

$p=0,001$). Desse modo, quando um indicador aumenta, os casos de interrupção do tratamento aumentam na mesma proporção. Por outro lado, os indicadores Taxa de analfabetismo em pessoas com 18 anos ou mais (T_ANALF18M) ($\beta=-0,1$; $p<0,001$), Percentual de pessoas extremamente pobres (PIND) ($\beta=-0,1$; $p<0,001$) e Cobertura da Estratégia Saúde da Família (COBERT_ESF) ($\beta=-1,3$; $p=0,002$) apresentaram correlação negativa com o desfecho. Assim, quando um indicador aumenta, os casos de interrupção da terapêutica diminuem.

Tabela 4. Modelos de regressão OLS, Spatial Lag e Spatial Error dos indicadores socioeconômicos que influenciam a proporção de casos de interrupção do tratamento da TB no Brasil, 2010-2020. Parnaíba, Piauí, Brasil, 2023

Indicadores	OLS ^a			Spatial Lag ^b			Spatial Error ^c		
	Coef.	Erro Padrão	p	Coef.	Erro Padrão	p	Coef.	Erro Padrão	p
Constante	0	1	0,938	0,2	1	<0,001	0,4	1	0,66
T_ANALF18M	-0,1	0	<0,001	-0,1	0	0,84	-0,1	0,2	<0,001
GINI	4,1	2	0,042	3,2	1,9	<0,001	3,6	2	0,071
PIND	0	0	<0,001	0	0	0,09	-0,1	0	<0,001
T_DENS	0	0	<0,001	0,1	0	<0,001	0,1	0	<0,001
TX_ RETRATAMENTO	0	0	0,001	0	0	<0,001	0	0	0,001
COBERT_ESF	-1	0,4	0,002	-1,2	0,4	0,001	-1,2	0,4	<0,001
IVS	11,2	1,9	<0,001	9,7	1,9	0,004	9,9	1,9	<0,001
LAMBDA ^d (Spatial Error)	-	-	-	-	-	-	0	0	0

Legenda: ^aOLS: ordinary least squares regression, método de regressão linear.

^bSpatial Lag: modelo de autocorrelação espacial da variável dependente.

^cSpatial Error: modelo de erro espacial influenciado por variáveis independentes.

^dLAMBDA: dependência espacial inerente aos dados da amostra.

Fonte: Os autores (2023).

DISCUSSÃO

O presente estudo evidenciou, por meio da análise temporal, tendência estacionária na proporção de casos de interrupção do tratamento da TB no Brasil ao longo do período analisado.

De forma convergente, as análises espaciais identificaram aglomerados com elevadas proporções de casos de interrupção concentrados principalmente na região Norte, no litoral da região Sudeste e no estado de Mato Grosso do Sul, localizado na região Centro-Oeste.

A partir dos modelos de regressão, observou-se correlação positiva entre a interrupção do tratamento e os seguintes indicadores socioeconômicos: índice de Gini, proporção de população residente em domicílios com densidade superior a dois moradores por dormitório, taxa de retratamento e IVS. Esses achados indicam que, à medida que tais condições se intensificam, o desfecho aumenta em magnitude proporcional.

A análise por *Joinpoint* identificou tendência estacionária na proporção dos casos de interrupção do tratamento anti-TB no conjunto do país; entretanto, as regiões Norte e Centro-Oeste apresentaram tendência crescente. Um estudo brasileiro aponta que

a região Norte possui a segunda menor média do índice de desenvolvimento humano (0,701) e a menor cobertura de atenção primária à saúde (APS), estimada em 59,5%. Essas condições contribuem para o atraso no diagnóstico, dificultam a identificação e o acompanhamento dos contatos e comprometem a adesão terapêutica, favorecendo a manutenção da cadeia de transmissão da doença¹⁶.

A compreensão dos *clusters* identificados exige a análise das determinações estruturais e históricas que moldam as condições de vulnerabilidade social e o acesso desigual aos serviços de saúde. A região Norte apresenta proporções de interrupção do tratamento da TB persistentemente superiores ao preconizado pelo Programa Nacional de Controle da Tuberculose, que busca a cura de, no mínimo, 85% e o tratamento correto de 100% dos casos, evidenciando fragilidades na continuidade do cuidado e no acompanhamento longitudinal dos pacientes¹⁷. Tal cenário é agravado pelas barreiras geográficas, pelas extensas distâncias e pelas limitações da Atenção Primária à Saúde da região, que comprometem a implementação efetiva do Tratamento Diretamente Observado (TDO)¹⁸.

Nas regiões Sudeste e Sul, apesar da maior concentração econômica, persistem desigualdades urbanas e processos de segregação socioespacial que condicionam maior incidência da TB e elevam o risco de interrupção do tratamento. Esses achados reforçam que o desenvolvimento regional não se traduz necessariamente em equidade sanitária^{13,19}. Uma análise nacional referente ao período de 2012 a 2018 demonstrou que as regiões Sudeste (10,78%), Sul (10,70%) e Norte (10,35%) apresentaram as maiores médias da proporção de interrupção terapêutica no país²⁰.

Essa situação relaciona-se às condições de vida da população e à organização espacial das cidades, sobretudo nas regiões Sudeste e Sul, que concentram produção de riqueza e reprodução de desigualdades sociais. Esses contextos favorecem maior exposição a vulnerabilidades, contribuindo para o aumento da incidência da doença e, conseqüentemente, do risco de interrupção do tratamento da TB^{1,2,19}. Tais evidências reforçam que a superação da descontinuidade terapêutica requer políticas intersetoriais capazes de enfrentar, simultaneamente, desigualdades estruturais e pressões demográficas recentes.

Na região Centro-Oeste, a persistência de elevadas taxas de interrupção pode ser explicada por vulnerabilidades estruturais relacionadas à desigualdade de renda, à segregação racial, à precariedade habitacional e à heterogeneidade territorial. Estudos indicam que municípios com maior segregação racial e de renda apresentam piores desfechos terapêuticos, incluindo interrupção do tratamento, independentemente da renda média local^{16,19}.

No estado de Mato Grosso do Sul, o elevado coeficiente de TB entre pessoas em situação de rua evidencia barreiras de acesso aos serviços de saúde e fragilidades na cobertura das políticas públicas²⁰. Além disso, áreas mais populosas enfrentam maior demanda por serviços e maior risco de descontinuidade terapêutica, enquanto municípios menores tendem a manter maior proximidade entre serviços e comunidade, favorecendo a adesão ao tratamento. Esses fatores auxiliam na compreensão da formação dos *clusters* identificados e reforçam a necessidade de políticas intersetoriais integradas²¹.

A taxa de analfabetismo em pessoas com 18 anos ou mais e o percentual de indivíduos em extrema pobreza apresentaram associação negativa com o desfecho, resultado aparentemente paradoxal em face da literatura, que aponta maior escolaridade como fator protetor contra a interrupção do tratamento, uma vez que baixos níveis de instrução comprometem a compreensão das orientações terapêuticas^{2,7,13}.

Essa associação inversa pode estar relacionada à subnotificação e ao preenchimento incompleto das fichas de encerramento, especialmente em contextos de maior vulnerabilidade social. Nesses cenários, indivíduos que interrompem o tratamento tendem a apresentar registros incompletos no SINAN, o que pode subestimar tanto a magnitude do desfecho quanto o impacto de benefícios sociais e ações programáticas²².

Outro aspecto relevante é que municípios com piores indicadores educacionais e econômicos frequentemente são priorizados por políticas públicas e programas de controle da TB, recebendo maior suporte por meio do TDO e acompanhamento mais próximo das equipes da atenção básica^{12,22}. Dessa forma, a associação negativa observada pode refletir o efeito de intervenções direcionadas, e não necessariamente menor vulnerabilidade individual.

A literatura aponta que a TB possui raízes profundas na pobreza, favorecendo sua transmissão, o diagnóstico tardio e a interrupção do tratamento^{1,2,23-24}. Embora os resultados possam parecer paradoxais, eles se articulam à organização espacial das cidades, uma vez que áreas que concentram riqueza e desigualdade social apresentam maior exposição a vulnerabilidades, elevando tanto a incidência quanto o risco de interrupção, como observado nas regiões Sul (22,94%) e Sudeste (19,61%)²³.

Um estudo realizado no Peru identificou fatores associados à interrupção do tratamento da TB distribuídos em diferentes dimensões da vida do paciente, incluindo distância até a unidade de saúde, ausência de melhora clínica percebida, desconhecimento sobre a doença e falta de apoio familiar ou social. Além disso, foram identificados fatores relacionados aos serviços de saúde, como relações interpessoais inadequadas com os profissionais, longos tempos de espera e explicações insuficientes sobre o tratamento²⁵.

Observou-se que o aumento da cobertura da Estratégia Saúde da Família (ESF) contribui para a redução da interrupção do tratamento da TB. Um estudo brasileiro identifica a APS como marcador essencial de acesso aos serviços, especialmente considerando que grande parte da população depende exclusivamente desse nível de atenção. Na região Norte, a baixa cobertura da APS e a escassez de profissionais retardam o diagnóstico e o início do tratamento, favorecendo a interrupção terapêutica¹⁶.

A ampliação da APS, particularmente por meio da ESF, constitui fator protetor fundamental no controle da TB em sistemas públicos universais. Evidências indicam que territórios com maior cobertura apresentam menores taxas de incidência e mortalidade, além de maior adesão ao tratamento e menor interrupção²⁶. Esses resultados refletem a capilaridade dos serviços e o vínculo longitudinal estabelecido entre as equipes e as comunidades.

Nesse contexto, a enfermagem desempenha papel central na coordenação do cuidado e na vigilância dos casos, atuando na identificação precoce, no manejo clínico, na supervisão terapêutica e no apoio psicossocial²⁶. Revisões da literatura destacam que a atuação ativa do enfermeiro nas equipes da ESF favorece a continuidade do cuidado, a efetividade das ações de controle e o acompanhamento de grupos vulneráveis^{24,27}. Ampliar a cobertura da APS e fortalecer o protagonismo da enfermagem são, portanto, estratégias essenciais para uma resposta integrada, equitativa e sustentável à TB.

Embora amplamente recomendado, o TDO apresenta efetividade variável, dependente da organização dos serviços e do engajamento comunitário. Modelos comunitários de TDO demonstram melhores resultados quando comparados àqueles realizados exclusivamente em unidades de saúde, por fortalecerem vínculos territoriais e reduzirem barreiras de acesso²⁶.

Tecnologias digitais, como a terapia observada por vídeo, também se mostram promissoras. Ensaios clínicos indicam eficácia não inferior à do TDO presencial, com maior aceitabilidade, flexibilidade e menor constrangimento para os pacientes²⁷⁻²⁸. A integração de estratégias comunitárias e digitais à APS representa avanço relevante na superação dos desafios históricos do TDO, especialmente entre populações vulneráveis.

O índice de Gini apresentou correlação positiva com a interrupção do tratamento anti-TB. Um estudo realizado no Peru demonstrou que indivíduos de baixa renda enfrentam maiores barreiras de acesso aos serviços de saúde, incluindo perda de dias de trabalho e custos com transporte, o que dificulta a adesão ao tratamento²⁵. A desigualdade social também se associa à alta densidade populacional e aos fluxos migratórios intensos, fenômenos que contribuem para a criminalidade, a favelização, a pobreza e o desemprego, agravando as condições de vida²⁹.

No presente estudo, a condição de moradia configurou-se como fator de risco para a interrupção do tratamento da TB. Esses achados corroboram investigações que apontam maior incidência da doença em habitações superlotadas, cenário compatível com a natureza infecciosa e de transmissão aérea da TB²⁹.

A taxa de retratamento apresentou correlação positiva com a interrupção terapêutica. Estudos nacionais indicam que o tipo de entrada no sistema está associado ao aumento do abandono, especialmente entre indivíduos previamente curados ou que reingressam após interrupção, os quais apresentam maior risco de novos episódios e descontinuidade do tratamento^{6,22,24}. Essas situações favorecem a transmissão e o surgimento de cepas resistentes, dificultando o manejo clínico³⁰.

Identificou-se, ainda, correlação positiva entre o IVS e a interrupção do tratamento. Esse índice contempla dimensões relacionadas ao capital humano, à renda, à infraestrutura urbana e ao trabalho, sendo que a ausência ou insuficiência dessas condições indica baixo padrão de vida e dificuldade de acesso a direitos sociais²⁹⁻³⁰. Estudos nacionais reforçam que fatores socioeconômicos impactam a qualidade dos serviços de saúde, resultando em diagnóstico tardio, maior risco de interrupção e óbitos por TB, o que constitui importante barreira ao controle da doença^{1-2,7,21}.

Este estudo apresenta limitações decorrentes do uso de dados agregados, o que dificulta inferências individuais a partir dos resultados. Ressalta-se que não foi possível incluir dados posteriores a 2020 nas análises. Durante a etapa de coleta de informações (realizada em 2022), identificou-se que o ano de 2021 apresentava um volume de notificações aquém do esperado, possivelmente porque o sistema ainda não dispunha do registro completo para esse período. Essa defasagem poderia comprometer a consistência dos resultados, motivo pelo qual se optou por não utilizar esse intervalo.

Ademais, a utilização de dados secundários pode estar sujeita a inconsistências decorrentes de subnotificações e preenchimentos inadequados. Por basear-se no preenchimento da ficha de notificação, algumas variáveis clínicas relevantes para a análise não constam da ficha ou não são devidamente preenchidas, o que limita os resultados.

Além disso, os resultados da análise multivariada devem ser interpretados com cautela, dada a natureza proporcional da variável dependente. Existem restrições teóricas quanto ao seu uso em modelos lineares, uma vez que o desfecho é limitado entre 0 e 100, o que pode afetar a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade. Todavia, os percentuais observados variaram em uma faixa intermediária, sem valores extremos, o que reduz o risco de distorções associadas à natureza limitada da variável;

a análise dos resíduos também não indicou violações graves de normalidade ou homocedasticidade.

A opção pela regressão linear (OLS) teve finalidade essencialmente exploratória, visando identificar associações e padrões espaciais globais e locais, e não estimar efeitos marginais precisos nem realizar inferências preditivas. Desse modo, os coeficientes devem ser interpretados principalmente quanto à direção e à significância das associações, e não como medidas exatas de magnitude do efeito. Estudos futuros poderão empregar modelos mais adequados a desfechos proporcionais, como GLM binomial ou beta, a fim de aprofundar e refinar as estimativas observadas neste estudo. Por fim, embora a Taxa de retratamento tenha apresentado significância no modelo OLS, seus coeficientes próximos de zero indicam efeito reduzido sobre o desfecho.

Por fim, ressalta-se a necessidade de cautela na interpretação dos resultados, uma vez que o uso de dados agregados pode levar a inferências que não representam necessariamente relações válidas em nível individual.

CONCLUSÃO

A proporção dos casos de interrupção do tratamento da TB manteve-se estacionária nos anos analisados, exceto nas regiões Centro-Oeste e Norte, que apresentaram tendência de aumento. As análises espaciais identificaram aglomerados de casos na região Norte, no Mato Grosso do Sul e no litoral do Sudeste. A regressão espacial mostrou que indicadores de vulnerabilidade socioeconômica influenciam o desfecho, positiva ou negativamente, conforme o território.

Diante disso, recomendam-se intervenções práticas voltadas aos fatores socioeconômicos que afetam a saúde, sobretudo das populações mais atingidas, com vistas a prevenir a propagação da TB e a interrupção do tratamento. É fundamental que os profissionais de saúde compreendam as influências territoriais e identifiquem vulnerabilidades no processo saúde-doença, de modo a tornar as ações mais eficazes. Também é essencial investir em ações educativas na atenção primária sobre a importância do tratamento e os riscos de sua interrupção, aumentando as chances de cura.

Sugere-se, ainda, o desenvolvimento de pesquisas futuras que adotem diferentes abordagens metodológicas, como modelos GLM binomial ou beta, capazes de aprofundar a compreensão sobre os fatores que influenciam a interrupção do tratamento da TB. Ressalta-se, também, a necessidade de explicitar essa limitação metodológica na presente discussão, a fim de orientar investigações posteriores e contribuir para o aprimoramento das estratégias de vigilância, prevenção e controle da doença.

REFERÊNCIAS

1. Sousa GJB, Maranhão TA, Leitão TMJS, de Souza JT, Moreira TMM, Pereira MLD. Prevalence and associated factors of tuberculosis treatment abandonment. *Rev Esc Enferm USP* [Internet]. 2021 [cited 2024 Mar 20];55:e03767. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1980-220X2020039203767>
2. Santos DAS, Marques ALA, Goulart LS, Mattos M, de Olinda RA. Factors associated with abandonment of pulmonary tuberculosis treatment. *Cogitare Enferm* [Internet]. 2021 [cited 2024 Mar 20];26:e72794. Available from: <https://doi.org/10.5380/ce.v26i0.72794>
3. World Health Organization (WHO). Global Tuberculosis Report 2024 [Internet]. Geneva: WHO; 2024 [cited 2025 Jan 30]. Available from: <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb->

[reports/global-tuberculosis-report-2024](#)

4. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Organização Mundial da Saúde (OMS). Dia Mundial da Tuberculose 2025 [Internet]. Washington, DC: OPAS; 2025 [cited 2025 Nov 2]. Available from: <https://www.paho.org/pt/campanhas/dia-mundial-da-tuberculose-2025#mensajes>
5. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de HIV, Aids, Tuberculose, Hepatites Virais e Infecções Sexualmente Transmissíveis. Boletim epidemiológico: tuberculose 2025 [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde (BR); 2025 [cited 2025 Nov 2]. Available from: <https://www.gov.br/aids/pt-br/central-de-conteudo/boletins-epidemiologicos/2025/boletim-epidemiologico-tuberculose-2025/view>
6. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de HIV, Aids, Tuberculose, Hepatites Virais e Infecções Sexualmente Transmissíveis. Boletim epidemiológico: tuberculose 2024 [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde (BR); 2024 [cited 2024 Jun 28]. 72 p. Available from: <https://www.gov.br/aids/pt-br/central-de-conteudo/boletins-epidemiologicos/2024/boletim-epidemiologico-tuberculose-2024/view>
7. Poersch K, Costa JSD. Fatores associados ao abandono do tratamento da tuberculose: estudo de casos e controles. Cad Saúde Colet [Internet]. 2022 [cited 2024 Mar 28];29(4):485-95. Available from: <https://doi.org/10.1590/1414-462X202129040>
8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Conheça o Brasil - território [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2022 [cited 2022 Mar 25]. Available from: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/20644-clima.html>
9. Division of Cancer Control & Population Sciences. Joinpoint Trend Analysis Software [Internet]. Bethesda (MD): National Cancer Institute; 2022 [cited 2024 Jun 28]. Available from: <https://surveillance.cancer.gov/joinpoint/>
10. Sousa GJB, Garces TS, Pereira MLD, Moreira TMM, da Silveira GM. Temporal pattern of tuberculosis cure, mortality, and treatment abandonment in Brazilian capitals. Rev Latino-Am Enfermagem [Internet]. 2019 [cited 2024 Apr 5];27:e3218. Available from: <https://doi.org/10.1590/1518-8345.3019.3218>
11. Vach W, Wehberg S, Luta G. Do common risk adjustment methods do their job well if center effects are correlated with the center-specific mean values of patient characteristics? Med Care [Internet]. 2024 [cited 2024 Apr 6];62(11):773-81. Available from: <https://doi.org/10.1097/mlr.0000000000002008>
12. Arcêncio RA, Berra TZ, Terena NFM, Rocha MP, Alecrim TFA, Kihara FMS, et al. Spatial clustering and temporal trend analysis of international migrants diagnosed with tuberculosis in Brazil. PLoS One [Internet]. 2021 [cited 2024 Apr 10];16(6):e0252712. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252712>
13. Silva TL, Maranhão TA, Sousa GJB, da Silva IG, Lira Neto JCG, Araujo GAS. Spatial analysis of suicide in Northeastern Brazil and associated social factors. Texto Contexto Enferm. [Internet]. 2022 [cited 2024 Apr 12];31:e20210096. Available from: <https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2021-0096>
14. Anselin L. An Introduction to Spatial Data Science with GeoDa. Volume 1: exploring spatial data. New York: Chapman and Hall/CRC; 2024. 416 p.
15. Charlton M, Fotheringham S, Brunson C, Jacobs D. Geographically Weighted Regression [Internet]. 2006 [cited 2024 Apr 10];48(1). Available from: https://www.researchgate.net/publication/228709187_Geographically_weighted_regression
16. Cortez AO, de Melo AC, Neves LO, Resende KA, Camargos P. Tuberculosis in Brazil: one country, multiple realities. J Bras Pneumol. [Internet]. 2021 [cited 2024 Apr 12];47(2):e20200119. Available from: <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/DsDmc6KJFtcCxG8tfkBcGLz/?lang=en>
17. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Coordenação Geral de Doenças Endêmicas. Programa Nacional de Controle da Tuberculose. Plano Estratégico para o Controle da Tuberculose, Brasil 2007-2015. Brasília: MS; 2006. Available from: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/ProgramaTB.pdf>

18. Garrido MS, Penna ML, Perez-Porcuna TM, de Souza AB, Marreiro LS, Albuquerque BC et al. Factors associated with tuberculosis treatment default in an endemic area of the Brazilian Amazon: a case-control study. [Internet]. PLoS One. 2012 [cited 2024 Apr 29];7(6):e39134. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039134>
19. Hall Q, de Sousa Filho JF, Guimarães JMN, Malta DC, Romero-Sandoval NC, Hargreaves S, et al. Associations of municipality-level income and racial segregation with individual-level tuberculosis treatment outcomes in Brazil: a nationwide cohort study (2010-2019). J Epidemiol Community Health [Internet]. 2025 [cited 2025 May 4];79(10):779-786. Available from: <https://doi.org/10.1136/jech-2024-223465>
20. Prado PAM, Pequeto DCT, Pando SC, Oda JMM. Perfil socioepidemiológico de tuberculose em Mato Grosso do Sul (2018-2023). J Health NPEPS [Internet]. 2025 [cited 2025 May 4];10(1). Available from: <https://doi.org/10.30681/2526101013554>
21. Soeiro VMS, Caldas AJM, Ferreira TF. Abandono do tratamento da tuberculose no Brasil, 2012-2018: tendência e distribuição espaço-temporal. Ciênc Saúde Colet [Internet]. 2022 [cited 2024 May 4];27(3):825-36. Available from: <https://doi.org/10.1590/1413-81232022273.45132020>
22. Pavinati G, de Lima LV, Ferreira MRL, Zanatta STP, Magnabosco GT. Trends and clusters of tuberculosis treatment interruption among people experiencing homelessness in Brazil: influence of individual, social and programmatic factors. Rev Bras Epidemiol [Internet]. 2025 [cited 2025 May 4];28:e250041. Available from: <https://doi.org/10.1590/1980-549720250041>
23. de Lima LV, Pavinati G, Palmieri IGS, Vieira JP, Blasque JC, Higarashi IH, et al. Factors associated with loss to follow-up in tuberculosis treatment in Brazil: a retrospective cohort study. Rev Gaúcha Enferm [Internet]. 2023 [cited 2024 Apr 29];44:e20230077. Available from: <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2023.20230077.en>
24. de Lucena LA, Dantas GBS, Carneiro TV, Lacerda HG. Factors associated with the abandonment of tuberculosis treatment in Brazil: a systematic review. Rev Soc Bras Med Trop [Internet]. 2023 [cited 2024 Apr 29];56:e0155-2022. Available from: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0155-2022>
25. Rivera O, Benites S, Mendigure J, Bonilla CA. Abandono del tratamiento en tuberculosis multirresistente: factores asociados en una región con alta carga de la enfermedad en Perú. Biomédica [Internet]. 2019 [cited 2024 Apr 29];39(Suppl 2):44-57. Available from: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v39i3.4564>
26. Jesus GS, Pescarini JM, Silva AF, Torrens A, Carvalho WM, Junior EPP, et al. The effect of primary health care on tuberculosis in a nationwide cohort of 7.3 million Brazilian people: a quasi-experimental study. Lancet Glob Health [Internet]. 2022 [cited 2024 Apr 30];10(3):e390-e397. Available from: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(21\)00550-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(21)00550-7)
27. Makabayi-Mugabe R, Musaazi J, Zawedde-Muyanja S, Kizito E, Fatta K, Namwanje-Kaweesi H, et al. Community-based directly observed therapy is effective and results in better treatment outcomes for patients with multi-drug resistant tuberculosis in Uganda. BMC Health Serv Res [Internet]. 2023 [cited 2024 May 2];23:1248. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12913-023-10120-7>
28. Chen EC, Owaisi R, Goldschmidt L, Maimets IK, Daftary A. Patient perceptions of video directly observed therapy for tuberculosis: a systematic review. J Clin Tuberc Other Mycobact Dis [Internet]. 2023 [cited 2024 May 2];35:100406. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jctube.2023.100406>
29. Mendonça SA, Franco SC, Vieira CV, Do Prado RL. Análise espacial da tuberculose em Santa Catarina correlacionando com determinantes sociais e de saúde. Rev Bras Geog Fís [Internet]. 2020 [cited 2024 May 5];13(7):3159-76. Available from: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3159-3176>
30. de Almeida FA, Gonçalves MJF. Factors associated with unsuccessful tuberculosis treatment in Manaus, Amazonas, from 2011 to 2021. Rev Esc Enferm USP [Internet]. 2024 [cited 2026 Apr 7];58:e20240431. Available from: <https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2023-0431en>

Geospatial mapping, trends, and factors associated with tuberculosis treatment interruption: an ecological study

ABSTRACT

Objective: To analyze the spatial and temporal patterns and factors associated with tuberculosis treatment interruption in Brazil from 2010 to 2020. **Method:** Ecological study using geoprocessing. The Joinpoint method was used for temporal analysis. Spatial autocorrelation and scan statistics identified clusters. Spatial and non-spatial regression models, considering $p < .05$, detected factors associated with the outcome. **Results:** A stationary trend in tuberculosis treatment interruption was observed across the country, with increases in the Central-West and North regions. Associated socioeconomic indicators included the Gini index, household density > 2 , retreatment rate, social vulnerability index, illiteracy rate, percentage of individuals in extreme poverty, and Family Health Strategy coverage. **Conclusion:** Treatment interruption showed a stationary trend. Spatial regression showed that socioeconomic vulnerability indicators influence the outcome, positively or negatively, depending on the region, which calls for intensified prevention and control efforts in those areas.

DESCRIPTORS: Tuberculosis; Epidemiology; Treatment Interruption; Spatial Analysis; Social Determinants of Health.

Geoespacialização, tendência y factores relacionados con la interrupción del tratamiento de la tuberculosis: un estudio ecológico

RESUMEN

Objetivo: Analizar los patrones espaciales, temporales y los factores asociados con la interrupción del tratamiento de la tuberculosis en Brasil entre 2010 y 2020. **Método:** Estudio ecológico con uso de geoprocésamiento. Se utilizó el método Joinpoint para el análisis temporal. La autocorrelación espacial y el rastreo scan identificaron conglomerados. Modelos de regresión espacial y no espacial, considerando $p < 0,05$, detectaron factores asociados con el desenlace. **Resultados:** Se observó una tendencia estacionaria en la interrupción del tratamiento de la tuberculosis en el país, con crecimiento en las regiones Centro-Oeste y Norte. Los indicadores socioeconómicos asociados fueron: Índice de Gini, densidad domiciliaria > 2 , tasa de retratamiento, índice de vulnerabilidad social, tasa de analfabetismo, porcentaje de personas en situación de extrema pobreza y cobertura de la Estrategia de Salud de la Familia. **Conclusión:** La interrupción del tratamiento presentó una tendencia estacionaria. La regresión espacial mostró que los indicadores de vulnerabilidad socioeconómica influyen en el desenlace, positiva o negativamente, según el territorio, lo que demanda la intensificación de acciones de prevención y control en esos lugares.

DESCRIPTORES: Tuberculosis; Epidemiología; Interrupción del Tratamiento; Análisis Espacial; Determinantes Sociales de la Salud.

Recebido em: 08/08/2025

Aprovado em: 17/02/2026

Editor associado: Cremilde Aparecida Trindade Radovanovic

Autor Correspondente:

Jaiana Nascimento Albuquerque

Universidade Estadual do Piauí

Av. Nossa Sra. de Fátima, s/n - Nossa Sra. de Fátima, Parnaíba - PI, 64202-220

E-mail: jaiana.nascimento1920@gmail.com

Contribuição dos autores:

Contribuições substanciais para a concepção ou desenho do estudo; ou a aquisição, análise ou interpretação de dados do estudo -

Rocha MIF, Maranhão TA, da Frota MMC, Albuquerque JN, Sousa GJB. Elaboração e revisão crítica do conteúdo intelectual do estudo - **Rocha MIF, Maranhão TA, Sousa GJB.** Responsável por todos os aspectos do estudo, assegurando as questões de precisão ou integridade de qualquer parte do estudo - **Rocha MIF, Maranhão TA, da Frota MMC, Albuquerque JN, Figueira JNR, de Abreu AM.** Todos os autores aprovaram a versão final do texto.

Conflitos de interesses:

Os autores declaram não haver conflitos de interesse a serem divulgados.

Disponibilidade de dados:

Os autores declaram que os dados estão disponíveis de forma completa no corpo do artigo.

ISSN 2176-9133



Este obra está licenciada com uma [Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).