

Distribuição e dependência espacial da mortalidade por tuberculose em um município da região amazônica

Spatial distribution and dependence of mortality due to tuberculosis in a city in the Amazon region

Ricardo Alexandre Arcêncio¹ , Aylana de Souza Belchior¹ , Luiz Henrique Arroyo¹ , Alexandre Tadashi Inomata Bruce¹ , Felipe Lima dos Santos¹ , Mellina Yamamura² , Ana Angélica Rêgo de Queiroz³ , Danielle Talita dos Santos¹ , Severina Alice da Costa Uchôa⁴ , Carla Nunes⁵ 

¹Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (USP) - Ribeirão Preto (SP), Brasil.

²Departamento de Enfermagem, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - São Carlos (SP), Brasil.

³Departamento de Enfermagem, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Natal (RN), Brasil.

⁴Departamento de Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Natal (RN), Brasil.

⁵Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Nova de Lisboa - Lisboa, Portugal.

Como citar: Arcêncio RA, Belchior AS, Arroyo LH, Bruce ATI, Santos FL, Yamamura M, et al. Distribuição e dependência espacial da mortalidade por tuberculose em um município da região amazônica. *Cad Saúde Colet*, 2022;30(1)1-12. <https://doi.org/10.1590/1414-462X202230010308>

Resumo

Introdução: A mortalidade por tuberculose é um indicador sensível às desigualdades em saúde, considerando-se que o risco para sua ocorrência está relacionado à vulnerabilidade dos territórios.

Objetivo: Investigar se as variações espaciais dos determinantes sociais afetam as mortes por tuberculose em um município da região amazônica. **Método:** Estudo ecológico com medidas múltiplas de análise, composto por óbitos por tuberculose como causa básica em Manaus, Amazonas, Brasil, notificados no Sistema de Informação sobre Mortalidade (2006-2015). Nas análises, foram calculadas as taxas bruta e padronizada, e usado o Índice de Moran para verificar a autocorrelação espacial da mortalidade e, posteriormente, foi aplicada a regressão geograficamente ponderada para aferir a relação da desigualdade com as mortes por tuberculose. **Resultados:** Foram identificados 731 óbitos pela doença. A distribuição da mortalidade ocorreu de forma heterogênea, sendo que as altas taxas de óbito por tuberculose estavam em áreas mais socialmente vulneráveis. Foram confirmadas a autocorrelação e a dependência espacial. O modelo final apresentou as variáveis indicadoras de iniquidades (baixa renda, pobreza e escolaridade), mostrando relação destas com a mortalidade. **Conclusão:** Ficou evidente que os determinantes sociais no espaço urbano influenciam a mortalidade por tuberculose na região. Portanto, avançar em políticas públicas para corrigir as iniquidades em saúde pode influenciar positivamente esse cenário.

Palavras-chave: tuberculose; mortalidade; análise espacial; determinantes sociais da saúde; distribuição espacial da população.

Abstract

Background: Mortality from tuberculosis is a sensitive indicator of health inequalities, given that the risk for its occurrence is related to the vulnerability of the territories. **Objective:** To investigate whether the spatial variations of social determinants affect deaths from tuberculosis in a municipality in the Amazon region. **Method:** Ecological study with multiple measures of analysis. The study was composed of deaths



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Trabalho realizado em Manaus, AM, Brasil.

Correspondência: Ricardo Alexandre Arcêncio. E-mail: ricardo@eerp.usp.br

Fonte de financiamento: FAPEAM 062.00253.2014; FAPESP 2015/17586-3.

Conflito de interesses: nada a declarar.

Recebido em: Abr. 03, 2018. Aprovado em: Out. 10, 2020

from tuberculosis as a basic cause in Manaus, Amazonas, Brazil, reported in the Brazilian Mortality Information System (2006-2015). In the analyzes, the crude and standardized rate was calculated, Moran Index was used to verify the spatial autocorrelation of mortality, and subsequently, the geographically weighted regression was applied to assess the inequality relationship of deaths from tuberculosis. **Results:** 731 deaths from the disease were identified. The distribution of mortality was heterogeneous, with high rates of death from tuberculosis in more socially vulnerable areas. The autocorrelation and spatial dependence was confirmed. The final model presented variables that indicate inequities: low income, poverty and education, showing their relationship with mortality. **Conclusion:** It was evident that social determinants in the urban space influence mortality from tuberculosis in the region. Therefore, advancing public policies to correct health inequities can positively impact this scenario.

Keywords: tuberculosis; mortality; spatial analysis; social determinants of health; residence characteristics.

INTRODUÇÃO

A tuberculose (TB) é uma das doenças infecciosas que mais matam no mundo, superando o *Human Immunodeficiency Virus* (HIV), e se configura como um grave problema de saúde pública em nível global. Em 2017, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), ocorreram no mundo 10 milhões de novos casos da doença e ainda 1,6 milhão de mortes¹.

A Assembleia Mundial da Saúde da OMS, em 2014, aprovou a Estratégia *End TB*, que objetiva a redução em 95% das mortes por TB até o ano de 2035¹. Segundo dados do relatório da OMS, mais de 95% das mortes por TB ocorrem nos países em desenvolvimento, com políticas compensatórias frágeis de transferência de renda e proteção social, em um contexto de pobreza extrema².

As mortes por TB podem ser indicadores de desigualdade em saúde, sensível à qualidade dos serviços de saúde. Se elas acontecem, talvez os pacientes não tenham conseguido acessar esses serviços em tempo oportuno; ou, quando o fazem, é em uma fase tardia; ou mesmo não conseguem seguir o tratamento por causa da incapacidade de arcar com custos indiretos dele, dificuldades trabalhistas, ser imigrante, estar em situação de rua, entre outros fatores.

A literatura é vasta em termos da relação entre determinantes sociais e TB^{3,4}, todavia um questionamento é se a morte pela doença é um fenômeno que mais se relaciona às características clínicas dos indivíduos ou se é uma condição socialmente determinada.

Curiosamente, uma recente revisão sistemática com metanálise conduzida por Andrade et al.⁵ não encontrou evidências da relação entre proteção social e mortes por TB. Os autores concluíram que há escassez de estudos nessa área, mas isso foi diferente para a cura e o abandono, em que a proteção social impactou positivamente o primeiro, e a sua ausência impactou negativamente o segundo.

Se os determinantes sociais relacionados à incidência também são aqueles ligados às mortes, uma questão que se levanta é por que a proteção social não tem efeito sobre esses aspectos. Há duas hipóteses, que são as políticas frágeis e restritivas nos países em desenvolvimento de baixa amplitude/alcance, não modificando a estrutura social, e a própria compreensão do conceito de proteção social.

No Brasil, a proteção social tem sido compreendida como a garantia de inclusão a todos os cidadãos que se encontram em situação de vulnerabilidade e/ou em situação de risco, decorrente de pobreza, privação (ausência de renda, deficiência no acesso aos serviços de saúde) e/ou fragilidades de vínculos afetivo-relacionais e de pertencimento social⁶.

Por definição, é possível perceber a complexidade do conceito. Portanto, pelo grau de abstração, torna-se um desafio estudá-lo, apesar da sua relevância no entorno das políticas públicas e no enfrentamento da TB.

O estudo de Rocha e David (2015) é bem elucidativo quando faz distinção entre a teoria da determinação social e a proteção social. Segundo essa linha de pesquisa, a saúde das pessoas é de interesse da sociedade, isto é, quando esta é obrigada a proteger e assegurar a saúde de seus membros, tendo-se que as condições sociais e econômicas influenciam a saúde e a doença, e estas precisam ser estudadas cientificamente. Por fim, as medidas que devem ser tomadas para a proteção da saúde são tanto sociais quanto médicas, não sendo excludentes⁷.

Por meio de uma revisão da literatura, utilizando os descritores “mortes por TB” e “determinantes sociais”, foram observados alguns estudos que trabalharam esse objeto^{3,8,9}, mas ainda existem lacunas no conhecimento sobre a região amazônica. Partindo da hipótese de que a mortalidade por TB é um evento espacialmente determinado, havendo, portanto, dependência espacial, e considerando a proteção social como uma estratégia ou medida lançada por meio de uma situação de vulnerabilidade claramente evidenciada, este estudo tem por objetivo investigar se as variações espaciais das iniquidades sociais afetam as mortes por TB em Manaus, Amazonas, Brasil.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo ecológico com medidas múltiplas de análise¹⁰, realizado na área urbana de Manaus, que se situa no nordeste do estado do Amazonas (AM), a 1.525 km de Brasília. Com uma população de 2.057.711 habitantes, o município divide-se geograficamente em 63 bairros, distribuídos em seis distritos regionais administrativos: Norte, Sul, Leste, Oeste, Centro-Oeste e Centro-Sul. Além disso, Manaus está segmentada em 2.461 setores censitários¹¹.

Foram selecionados os casos de óbitos com causa básica por TB (Classificação Internacional de Doenças, versão 10, de A15.0 a A19.9), sendo utilizado o Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), notificados no período de 1º de janeiro de 2006 a 31 de dezembro de 2015 e residentes na área urbana de Manaus.

Inicialmente, foi feito uso do *software TerraView 4.2.2* para a geocodificação dos casos. Posteriormente, foram obtidas as taxas de mortalidade por ano e por Unidades de Desenvolvimento Humano (UDH). É possível destacar que as referidas taxas foram padronizadas por sexo e idade; para isso, a somatória dos óbitos padronizados pela idade foi dividida pela população da área no meio do período (população urbana de Manaus no meio do período de estudo) de cada UDH, multiplicada por 100.000 e, por fim, dividida pelo número de anos referente ao estudo (10 anos), conforme a Fórmula 1 a seguir:

$$Tx_{MTB} = \left(\frac{\sum O}{\sum Pop} \right) \times \frac{1}{10} \times 100.000 \quad (1)$$

Recorreu-se ao estimador bayesiano empírico global para minimizar a instabilidade causada pela flutuação aleatória das taxas¹². Essa técnica consiste na ponderação das taxas brutas por aplicação da média ponderada do município, criando uma terceira taxa corrigida.

Para a análise exploratória dos dados espaciais, aplicou-se o Índice de Moran Global e Local. O Índice de Moran Global foi calculado a partir de parâmetro de vizinhança preestabelecido para confirmar a existência de autocorrelação espacial dos casos. Seu resultado é definido no intervalo de -1 a +1, sendo que o valor mais próximo de 0 significa ausência de dependência espacial ou dependência espacial muito baixa, mais próximo a -1 representa dependência espacial negativa ou inversa e mais próximo a +1 indica dependência espacial positiva¹⁰. Aplicou-se ainda o Índice de Moran Local para verificar o padrão da distribuição espacial, a presença de cluster e a intensidade dos aglomerados segundo as UDHs. Em ambos os índices (Global e Local), foi considerado como significância estatística o valor de $p < 0,05$.

Com o propósito de verificar a relação entre a variável dependente (taxa padronizada de mortalidade por TB) e as variáveis independentes, foi aplicada a Regressão Linear Múltipla (OLS), optando-se pelo modelo que apresentasse o menor AIC (Critério de Informação de Akaike), conforme a técnica de *stepwise* aplicada pelo R. Foram seguidos os critérios quanto à detecção de *outliers*, homoscedasticidade da variável dependente, distribuição normal, relação de dependência entre variável mortalidade e marcadores de iniquidade social e a distribuição normal do resíduo¹³.

Uma vez que o modelo fosse estatisticamente significativo nessa fase, e tomando como referência estudos anteriores na temática, além da detecção de dependência espacial nos resíduos, foi feita a opção pelo uso do GWR por causa da possibilidade de apresentar modelos para as localidades estudadas.

A regressão GWR foi elaborada para ser aplicada aos processos observados em localizações fixas. Uma proximidade pode ser feita considerando o centroide do polígono como pontos fixos e o processo observado como sendo alguma medida realizada nesses polígonos¹⁴.

A regressão GWR é utilizada para modelar processos heterogêneos (não estacionários) espacialmente, isto é, processos que variam (seja na média, mediana, variância etc.) de região para região. A ideia básica da GWR é ajustar um modelo de regressão para cada região do conjunto de dados utilizando a localização geográfica das demais observações para ponderar as estimativas dos parâmetros¹⁵.

A partir do modelo GWR final, foram construídos os seguintes mapas: R2 local, valores observados para mortalidade e coeficientes do modelo. Ademais, foram construídos, para cada variável do modelo, mapas de acordo com os p-valores de cada beta local, ilustrando as áreas significantes¹⁶. Posteriormente, foi utilizado o Índice de Moran Local para verificar a existência de autocorrelação espacial dos resíduos do modelo.

As análises das modelagens estatísticas e a construção dos mapas foram realizadas pelo *software* R, versão 3.3.2, e *ArcGIS*, versão 10.2.2, respectivamente.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto (Protocolo 43409815.3.0000.5393, de 27/05/2015).

RESULTADOS

Foram identificados 731 óbitos por TB, sendo 39 casos excluídos por causa do não preenchimento completo das informações de local de residência. Para o estudo, foram estudadas 198 UDHS.

Entre os 731 óbitos, 692 foram eleitos para a etapa de análise espacial conforme os critérios definidos para o estudo, dos quais 666 foram geocodificados, sendo 92,9% por meio do *software TerraView* e 7,1% pela ferramenta *Google Earth*. A ocorrência das perdas (n = 26; 3,8%) se deve aos casos estarem localizados na área rural e/ou apresentaram inconsistências relacionadas ao endereço.

Quanto ao padrão de distribuição da mortalidade por TB, conforme a taxa padronizada, no cenário em estudo, foi observada uma variação importante entre as áreas, verificando-se maiores taxas de mortalidade na região sul do município, que variaram entre 0 e 30 casos/100.000 habitantes para a taxa bruta e entre 0 e 28,95 casos/100.00 habitantes para a taxa padronizada (Figura 1).

O Índice de Moran Global (I) para a taxa bruta foi de 0,135 ($p = 0,003$), enquanto para a taxa padronizada foi de 0,077 ($p = 0,043$), o que confirma a existência de autocorrelação espacial da taxa bruta de mortalidade por TB. No que se refere ao Índice de Moran Local, não houve diferença entre as taxas, pois elas apresentaram aglomerados estatisticamente significativos ($p < 0,05$) (Figura 2).

A partir da literatura, foram obtidas 17 variáveis do Atlas de Desenvolvimento Humano da ONU (Tabela 1), sendo selecionadas com menor colinearidade entre elas e também com mais relação às mortes por TB.

Posteriormente, foi feita a estatística multivariada, que, pelo modelo final OLS, pôde explicar 6% (R^2) da variação das taxas de mortalidade por TB, obtendo R^2 ajustado de 0,044 e AIC de 1189,19. Apenas a taxa padronizada obteve resultado satisfatório na associação com as variáveis. Na GWR, foram incorporadas como variáveis exploratórias aquelas que se apresentaram como melhor modelo conforme o critério de R^2 , R^2 ajustado e valor de AIC no modelo linear (OLS) (Tabela 2).

O modelo OLS permitiu a seleção das variáveis a serem testadas no modelo GWR, a saber: (V1), (V5), (V8) e (V12). O modelo final GWR com melhores parâmetros de R^2 (0,093), R^2 ajustado (0,037) e AIC (1178,36) incluiu as quatro variáveis citadas. Para esse modelo, o R2 local obteve variação de 0,023 a 0,358. As variáveis aplicadas no modelo GWR foram apresentadas segundo os parâmetros estimados de cada UDHS. Nesse sentido, para cada beta, erro-padrão e p-valor estimado, existiam 198 valores locais referentes a cada UDHS.

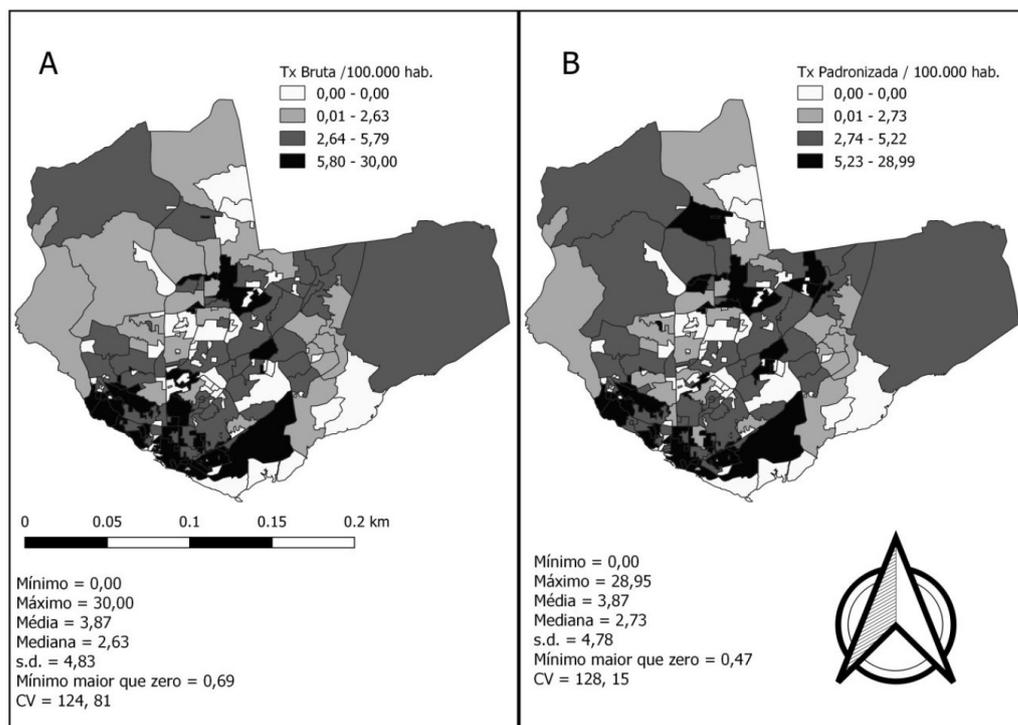


Figura 1. Distribuição das taxas bruta e padronizada para óbitos por tuberculose em Manaus, Amazonas, Brasil (2006 a 2015). Legenda: A – Mapa da taxa bruta para óbitos por tuberculose; B – Mapa da taxa padronizada para óbitos por tuberculose; Tx = Taxa; Hab. = Habitantes; s.d. = Desvio-padrão das taxas; CV = Coeficiente de variação de cada taxa. Fonte: elaborada pelos autores (2019)

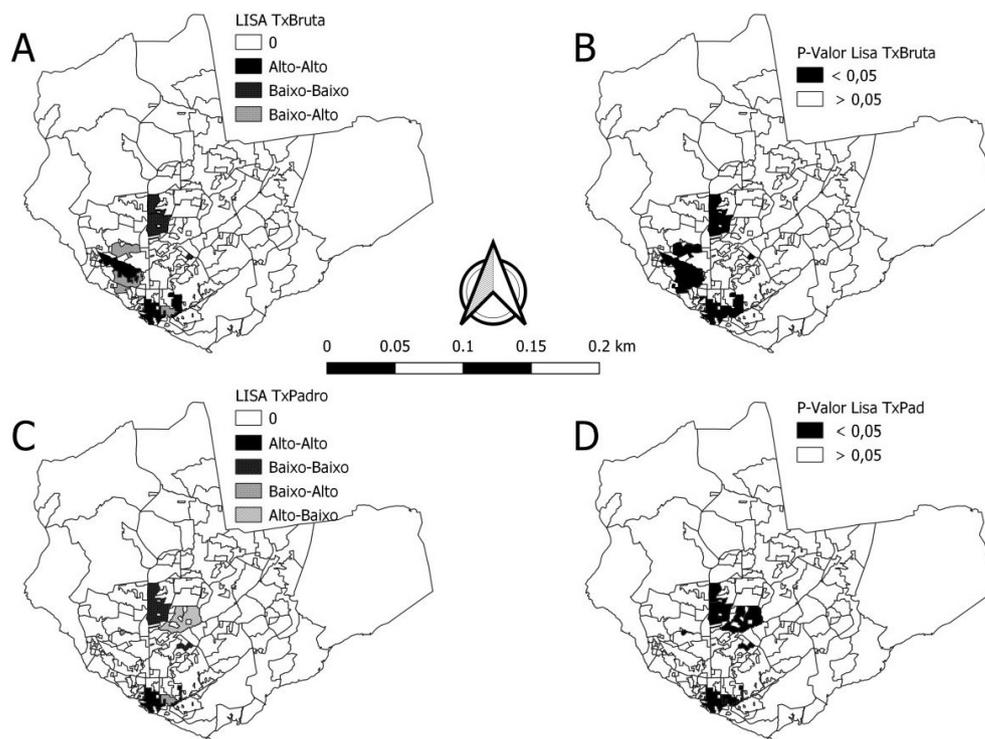


Figura 2. LISA para as taxas de óbito por tuberculose em Manaus, Amazonas, Brasil (2006 a 2015). Legenda: A – LISA Map para taxa bruta dos óbitos por tuberculose; B – Mapa do valor de p para LISA Map da taxa bruta; C - LISA Map para taxa padronizada dos óbitos por tuberculose; D – Mapa do valor de p para LISA Map da taxa padronizada. Fonte: elaborada pelos autores (2019)

Tabela 1. Variáveis socioeconômicas das Unidades de Desenvolvimento Humano (UDH) para a Regressão Linear Múltipla (OLS) em Manaus, Amazonas, Brasil (2006 a 2015)

Dimensão	Variáveis	Código de variáveis
Escolaridade	Taxa de analfabetismo da população de 18 anos ou mais de idade	V1*
	Percentual da população de 18 anos ou mais com fundamental completo	V2
	Percentual da população de 25 anos ou mais com fundamental completo	V3
	Percentual da população de 25 anos ou mais com superior completo	V4
Renda	Proporção de pobres	V5*
	Proporção de vulneráveis à pobreza	V6
	Percentual da renda total apropriada pelos 10% da população com maior renda domiciliar per capita	V7
	Percentual da renda total apropriada pelos 20% da população com menor renda domiciliar per capita	V8*
	Percentual da renda total apropriada pelos 20% da população com maior renda domiciliar per capita	V9
	Renda domiciliar per capita média do quinto mais pobre	V10
	Renda domiciliar per capita média do quinto mais rico	V11
	Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade	V12*
Condições de moradia	Percentual da população que vive em domicílios com banheiro e água encanada	V13
	Percentual da população que vive em domicílios com densidade superior a duas pessoas por dormitório	V14
	Percentual da população que vive em domicílios urbanos com serviço de coleta de lixo	V15
	Percentual da população que vive em domicílios com energia elétrica	V16
	Percentual de pessoas em domicílios com paredes que não sejam de alvenaria ou madeira aparelhada	V17

*Variáveis selecionadas a partir da aplicação do modelo OLS e posteriormente testadas no modelo GWR

Tabela 2. Modelo de Regressão Linear Múltipla (OLS) utilizando casos de óbitos por tuberculose em Manaus, Amazonas, Brasil (2006 a 2015)

Intercepto	ID*	Estimativa	Erro-padrão	Valor de t	Valor de p
Taxa de analfabetismo da população de 18 anos ou mais de idade	V1	0,858	0,274	3,134	0,002
Proporção de pobres	V5	1,008	0,371	2,714	0,007
Percentual da renda total apropriada pelos 20% da população com menor renda domiciliar <i>per capita</i>	V8	7,099	2,362	3,005	0,003
Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade	V12	-0,222	0,242	-0,919	0,359
R ²	-	0,06	-	-	-
R ² ajustado	-	0,044	-	-	-
AIC	-	1189,19	-	-	-

*Identificação das variáveis

Na Figura 3, o mapa (A) descreve a taxa padronizada para a mortalidade por TB em todo o município. O mapa (B) ilustra a variação do R2 local. A V1, ilustrada no mapa (C), contribuiu com maior correlação positiva com as maiores taxas na faixa sudoeste do município e mostrou um gradiente ascendente até o nordeste da área, decrescendo seus valores.

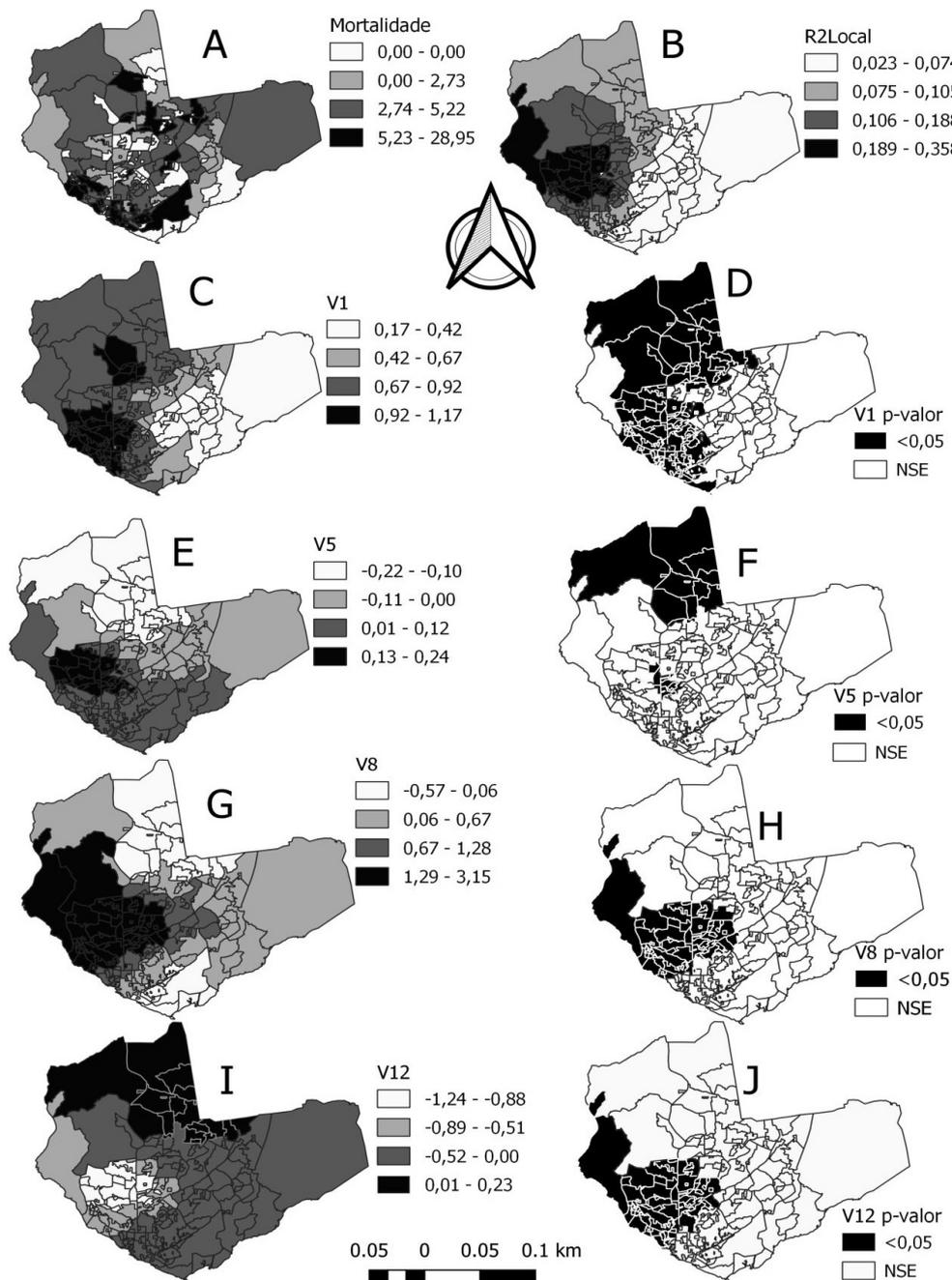


Figura 3. Resultado da regressão geograficamente ponderada para a mortalidade por tuberculose e indicadores sociais em Manaus, Amazonas, Brasil (2006 a 2015). Legenda: A – Taxa padronizada para a mortalidade por tuberculose; B – R² local; C – Coeficientes da variável 1 (V1 - taxa de analfabetismo da população de 18 anos ou mais de idade); D – Mapa do valor de p para o coeficiente de V1; E – Coeficientes da variável 5 (V5 - proporção de pobres); F – Mapa do valor de p para o coeficiente de V5; G – Coeficientes da variável 8 (V8 - percentual da renda total apropriada pelos 20% da população com menor renda domiciliar per capita); H – Mapa do valor de p para o coeficiente de V8; I – Coeficientes da variável 12 (V12 - taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade); J – Mapa do valor de p para o coeficiente de V12; NSE – Não significante estatisticamente. Fonte: elaborada pelos autores (2019)

No mapa (E), que diz respeito à V5 (proporção de pobres), houve maiores casos de óbitos nas regiões norte e leste, enquanto as faixas oeste e sul apresentaram uma correlação positiva quanto à variável estudada.

O mapa (G) refere-se à V8, em que se nota que a contribuição foi mais intensa nas regiões oeste, sudoeste, centro-oeste e nordeste do município. Finalmente, o mapa (I) descreve o quanto a V12 tem uma proteção maior na faixa leste do município. Os mapas (D), (F), (H) e (J) referem-se aos valores de p para os coeficientes de V1, V5, V8 e V12, respectivamente.

Foram testados os resíduos do modelo GWR conforme o Índice de Moran Global ($I = 0,002759$; $p = 0,563$), demonstrando não haver dependência espacial para os resíduos.

DISCUSSÃO

As UDHS que apresentaram altas taxas de óbito por TB estavam situadas no distrito Sul. Quanto às características desse local, é preciso destacar que é a região onde se localizam os bairros mais antigos de Manaus e o principal porto hidroviário da cidade, além de concentrar as atividades comerciais relacionadas ao Centro Comercial da Zona Franca.

Foi verificada uma zona composta por 18 bairros, com alta densidade populacional (286,4 mil habitantes), marcada por ocupações desiguais e presença de bolsões de pobreza, com uma renda média por habitante de R\$ 805,00, o que pode representar elementos explicativos para a distribuição dos óbitos por TB no cenário¹⁷. Um estudo desenvolvido por Imbiriba et al. (2009) apontou tal distrito com elevadas taxas de hanseníase, representando um padrão de incidência ligado às características sociodemográficas da parte mais antiga da cidade¹⁸. Portanto, a endemia se mostra consolidada, com taxas elevadas e compatíveis com a alta densidade demográfica dos bolsões de pobreza ali existentes, destacando a dificuldade da região em controlar agravos infecciosos.

Estudos evidenciam a relação direta entre a transmissão da TB e o aglomerado de pessoas, de forma semelhante ao que acontece em condições precárias de moradia¹⁹. O distrito Sul possui um percentual de 42,9% da população vivendo em domicílios com densidade superior a duas pessoas por dormitório¹⁸, o que pode contribuir significativamente para o quadro epidemiológico nesse distrito e, entrelaçado com os determinantes sociais, aumentar o risco de mortalidade por TB.

Tem-se como hipótese de que a problemática está associada à organização da Rede de Atenção à Saúde e cobertura dos serviços por regiões em Manaus, o que pode influenciar o número de óbitos nessa região. O distrito Sul apresenta uma oferta de serviços de Atenção Primária à Saúde (APS) razoável. A localização inadequada de algumas unidades deixa alguns bairros desprovidos desse tipo de serviço, e a população ali residente utiliza serviços existentes em bairros próximos²⁰, e isso caracteriza regiões que devem ser prioritárias para o controle da TB.

No que concerne à distribuição espacial das mortes por TB, o Índice de Moran Global confirmou uma distribuição de forma não aleatória e não homogênea, ou seja, sua distribuição ocorre de modo heterogêneo em todo o município, corroborando outras pesquisas que identificaram uma distribuição heterogênea dos óbitos por TB. É possível destacar ainda que as áreas que apresentaram altas taxas de óbito por TB estavam situadas em locais compatíveis com a alta densidade demográfica dos bolsões de pobreza^{21,22}.

O estudo de Yamamura et al. (2017) evidenciou a relação entre equidade e mortalidade por TB, apontando que as melhores condições sociais têm mostrado progresso na redução da mortalidade por TB⁴. As áreas com maior vulnerabilidade social apresentam menor percentual de cura e maior porcentagem de abandono e óbito, ressaltando um risco relativo mais de duas vezes superior ao encontrado nas áreas com melhores condições sociais²³.

A cobertura universal de saúde e a proteção social são responsáveis pela redução dos custos sofridos por pacientes com TB, ocasionando impactos positivos na redução da incidência, prevalência e taxas de mortalidade²⁴. Por essas razões, políticas de proteção social e sistemas de apoio estão entre os pilares mais importantes da estratégia global de TB pós-2015^{1,25}.

É preciso ressaltar o pilar da proteção social, no qual o Programa Bolsa Família (PBF) desempenha um papel significativo, uma vez que contribui para retirar pessoas da pobreza

extrema, o que possivelmente diminui a desigualdade social e acarreta um impacto positivo no combate à TB²⁶.

Rasella et al.²⁷ apontaram uma relação entre a mortalidade nos municípios mais pobres e as reduções do PBF e da Estratégia Saúde da Família, o que contribuiria para a persistência das desigualdades, afetando o alcance das metas do terceiro e do décimo Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, que são melhorar a saúde e reduzir as desigualdades, respectivamente²⁷.

Tal resultado pode ser explicado pela capacidade que os programas sociais têm para estreitar a relação entre os pacientes e o acesso aos cuidados de saúde, o que possibilita um aumento da adesão ao tratamento por meio de estratégias para enfrentar os problemas financeiros por causa da TB e, conseqüentemente, reduzir a vulnerabilidade social²⁴.

Diante do exposto, é importante salientar quatro indicadores de iniquidades que foram identificados no estudo. O primeiro se refere ao analfabetismo da população de 18 anos ou mais de idade, mostrando associação positiva com os casos de mortes, principalmente na região sudoeste do município.

O poder explicativo dessa variável está relacionado ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Educação (IDHM), em que, segundo o Censo 2010, a região sudeste se apresentava sob condição de baixo e médio desenvolvimento²⁸. Outro fator se refere à proporção de pobres, que, *a priori*, parece evidenciar proteção para a mortalidade.

É necessário ressaltar que as regiões identificadas como protetoras (norte e leste) são formadas por população em situação de baixo rendimento, menor esperança de vida ao nascer (70,32), maior índice de mortalidade infantil, maior porcentagem da população em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequado²⁸.

O poder explicativo dessa variável pode estar relacionado à distribuição desproporcional quanto ao serviço de saúde no município estudado, uma vez que as regiões norte e leste possuem uma assistência inferior, quando comparadas com as regiões sul e oeste.

Em relação à APS, segundo a Secretaria Municipal de Saúde de Manaus, a cobertura da Estratégia Saúde da Família ocorre de maneira mais acentuada nas regiões oeste e sul, com 41% e 46%, respectivamente, enquanto na região norte a cobertura é de 24% e na região leste é de 29%. Desse modo, o fator de proteção quanto à variável estudada pode estar relacionado à subnotificação dos casos de óbitos nas regiões norte e leste do município.

Assim como a variável “proporção de pobres” está relacionada ao serviço, a terceira variável, “percentual da renda total”, apropriada pelos 20% da população com menor renda domiciliar *per capita*, também está e corrobora a interpretação anterior. Achados de um estudo identificaram fatores que apresentaram correlação significativa e direta da maioria dos indicadores de iniquidade social estudados com o coeficiente de mortalidade por TB. No referido estudo, foi construído o índice de Robin Hood, que foi a razão de renda entre os 10% mais ricos e os 40% mais pobres e a proporção de chefes de família com renda média entre um e dois salários mínimos²⁹.

A quarta variável (V12) incluída no modelo, “taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade”, mostrou relação negativa com as mortes. Uma hipótese é a própria característica dessa população, que, em sua maioria, é composta de donas de casa e indígenas, que podem ter mais acessibilidade aos serviços de saúde que outros grupos vulneráveis. Essa associação pode estar também sob influência da falácia ecológica.

Esses resultados coadunam com os achados de outros estudos, apontando a importante contribuição dos determinantes sociais no contexto/disseminação da TB, destacando um percentual acentuado da doença entre aqueles grupos populacionais com piores condições de vida⁴. Ademais, é necessário salientar ainda a importância do conhecimento preciso em relação ao número de óbitos para que se priorizem as intervenções em saúde no controle da doença³⁰.

Por fim, o processo metodológico do modelo GWR oportuniza visualizar o problema de forma mais detalhada de acordo com cada região estudada, uma vez que aponta, caso exista, a dependência espacial. Esse modelo espacial se apresentou de maneira pertinente nas análises em Manaus, pois levantou pontos importantes em termos de organização dos serviços, sugerindo mudanças na dinâmica do processo saúde/doença, uma vez que identificou áreas

em que há maior mortalidade. Dessa forma, uma avaliação mais minuciosa deve ocorrer dos serviços de saúde, almejando melhorar a qualidade e a ampliação dos serviços prestados nas regiões identificadas.

Quanto à análise de dependência espacial, foi observado que uma região está circundada por áreas vizinhas, também problemáticas em termos de mortalidade, o que deve ser analisado com a devida cautela por parte dos gestores públicos e autoridades sanitárias, pois podem haver problemas em termos de acesso e adesão ao tratamento.

Apesar desses resultados relevantes, houve algumas limitações, entre as quais o uso de dados secundários, o que pode ter trazido algum viés à pesquisa pelas lacunas em algumas variáveis. Por somente considerar dados do SIM, não foi possível identificar se os casos estavam em tratamento ou se eram casos não conhecidos pelo sistema.

O estudo avança no conhecimento ao evidenciar a relação das iniquidades e das mortes por TB, especialmente em um cenário complexo como Manaus, capital líder em incidência de TB no Brasil. Os resultados apresentados se alinham às demais produções internacionais ao mostrar a relação entre os determinantes sociais e a TB. Também havia dúvidas de que as mortes seriam também socialmente determinadas, o que se confirmou com o presente estudo.

Diversos movimentos têm ocorrido internacionalmente com apelo às políticas de proteção social e de desenvolvimento humano/social, e, com base nas evidências do estudo, isso deve ser mantido. A eliminação da TB perpassa a questão de novas drogas e vacinas, mas inclui sobremaneira os determinantes sociais e suas forças na cadeia de progressão. Considerando o teor das variáveis estudadas, a correção das iniquidades vai além do oferecimento de renda mínima e cestas básicas, devendo avançar em termos dos determinantes estruturais e intermediários que acarretam as desigualdades em saúde.

AGRADECIMENTOS

Aos financiadores: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – Processo 2015/17586-3; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) – Edital 01/2014; e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) – Bolsa Produtividade em Pesquisa – Processo 305236/2015-6.

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Global tuberculosis report 2017 [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2018 [citado em 2018 ago 28]. 262 p. Disponível em: https://www.who.int/tb/publications/global_report/en/
2. Nagavci BL, Gelder R, Martikainen P, Deboosere P, Bopp M, Rychtaříková J, et al. Inequalities in tuberculosis mortality: long-term trends in 11 European countries. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2016;20(5):574-81. <http://dx.doi.org/10.5588/ijtld.15.0658>. PMID:27084808.
3. Yamamura M, Santos Neto M, Freitas IM, Rodrigues LBB, Popolin MP, Uchoa SAC, et al. Tuberculose e iniquidade social em saúde: uma análise ecológica utilizando técnicas estatísticas multivariadas, São Paulo, Brasil. *Rev Panam Salud Publica*. 2014;35(4):270-7. PMID:24870006.
4. Yamamura M, Santos M No, Chiaravalloti F No, Arroyo LH, Ramos ACV, Queiroz AAR, et al. Areas with evidence of equity and their progress on mortality from tuberculosis in an endemic municipality of southeast Brazil. *Infect Dis Poverty*. 2017;6(1):134. <http://dx.doi.org/10.1186/s40249-017-0348-5>. PMID:29020981.
5. Andrade KVF, Nery JS, Souza RA, Pereira SM. Effects of social protection on tuberculosis treatment outcomes in low or middle-income and in high-burden countries: systematic review and meta-analysis. *Cad Saude Publica*. 2018;34(1):e00153116. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00153116>. PMID:29412320.
6. Brasil. Ministério da Saúde. Secretária de Desenvolvimento Social. Proteção básica [Internet]. 2018 [citado em 2018 ago 30]. Disponível em: http://www.desenvolvimentosocial.sp.gov.br/portal.php/assistencia_basica
7. Rocha PR, David HMSL. Determinação ou determinantes? Uma discussão com base na Teoria da Produção Social da Saúde. *Rev Esc Enferm USP*. 2015;49(1):129-35. <http://dx.doi.org/10.1590/S0080-62342015000100017>. PMID:25789652.

8. Santos-Neto M, Yamamura M, Garcia MCC, Popolin MP, Silveira TRS, Arcêncio RA. Análise espacial dos óbitos por tuberculose pulmonar em São Luís, Maranhão. *J Bras Pneumol*. 2014;40(5):543-51. PMID:25410843.
9. Arcoverde MAM, Berra TZ, Alves LS, Santos DT, Belchior AS, Ramos ACV, et al. How do social-economic differences in urban areas affect tuberculosis mortality in a city in the tri-border region of Brazil, Paraguay and Argentina. *BMC Public Health*. 2018;18(1):795. <http://dx.doi.org/10.1186/s12889-018-5623-2>. PMID:29940908.
10. Rothman KJ, Greenland S, Lash TL. *Modern epidemiology*. 3th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
11. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2010: resultados gerais da amostra [Internet]. 2013 [citado em 2018 ago 19]. Disponível em: https://www2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_gerais_amostra/default_resultados_gerais_amostra.shtm
12. Santos AE, Rodrigues AL, Lopes DL. Aplicações de estimadores bayesianos empíricos para análise espacial de taxas de mortalidade. In: *Anais do VII Simpósio Brasileiro de Geoinformática*. 2005. Campos do Jordão. São José dos Campos: INPE; 2005. p. 300-9.
13. Zuur AF, Ieno EM, Elphick CS. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods Ecol Evol*. 2010;1(1):3-14. <http://dx.doi.org/10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x>.
14. Fotheringham AS, Brunsdon C, Charlton M. *Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships*. New York: Wiley; 2002.
15. Albuquerque PHM, Medina FAZ, Silva AR. Regressão logística geograficamente ponderada aplicada a modelos de credit scoring. *R Cont Fin* 2017;28(73):92-112.
16. Thissen D, Steinberg L, Kuang D. Quick and easy implementation of the benjamini-hochberg procedure for controlling the false positive rate in multiple comparisons. *J Educ Behav Stat*. 2002;27(1):77-83. <http://dx.doi.org/10.3102/10769986027001077>.
17. Oliveira JA, Costa DP. A análise da moradia em Manaus (AM) como estratégia de compreender a cidade. *Scr Nova*. 2007;245(11):29.
18. Imbiriba ENB, Silva AL No, Souza WV, Pedrosa V, Cunha MG, Garnelo L. Desigualdade social, crescimento urbano e hanseníase em Manaus: abordagem espacial. *Rev Saude Publica*. 2009;43(4):656-65. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102009005000046>. PMID:19618024.
19. Davies PDO. Risk factors for tuberculosis. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2005;63(1):37-46. PMID:16035563.
20. Azevedo FS. Uma análise do Programa Saúde da Família no distrito de saúde leste da cidade de Manaus [dissertação]. Manaus (AM): Universidade Federal do Amazonas; 2009.
21. Barbosa IR, Cosme CLF. Distribuição espacial dos casos novos de tuberculose pulmonar nos municípios da região norte do Brasil, no período de 2005 a 2010. *Revista Caminhos de Geografia*. 2013;14(47):110-21.
22. Natividade MS. Análise espacial da mortalidade por tuberculose e sua relação com as condições de vida [dissertação]. Salvador (BA): Universidade Federal da Bahia, 2013.
23. Alves P Fo, Pellegrini A Fo, Ribeiro PT, Toledo LM, Romão AR, Novaes LCM. Desigualdades socioespaciais relacionadas à tuberculose no município de Itaboraí, Rio de Janeiro. *Rev Bras Epidemiol*. 2017;20(4):559-72. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5497201700040001>. PMID:29267743.
24. Lönnroth K, Glaziou P, Weil D, Floyd C, Uplekar M, Raviglione M. Beyond UHC: monitoring health and social protection coverage in the context of tuberculosis care and prevention. *PLoS Med*. 2014;11(9):e1001693. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pmed.1001693>. PMID:25243782.
25. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim epidemiológico 2016: perspectivas brasileiras para o fim da tuberculose como problema de saúde pública [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2016 [citado em 2018 ago 20]. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2016/marco/24/2016-009-Tuberculose-001.pdf>
26. Popolin MP, Garcia MCC, Arroyo LH. Tuberculose: desigualdade de renda e interação da Estratégia Saúde da Família e Bolsa Família. *Rev Eletr Enf*. 2017;19:1-13. <http://dx.doi.org/10.5216/ree.v19.44230>.
27. Rasella D, Basu S, Hone T, Paes-Sousa R, Ocké-Reis CO, Millett C. Child morbidity and mortality associated with alternative policy responses to the economic crisis in Brazil: a nationwide microsimulation study. *PLoS Med*. 2018;15(5):e1002570. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pmed.1002570>. PMID:29787574.
28. Amazonas (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento. Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação. Perfil da região metropolitana de Manaus [Internet]. Amazonas: Governo do Estado; 2015 [citado em 2018 ago 10]. Disponível em: <http://www.seplancti.am.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/Perfil-da-Regiao-Metropolitana-da-Manaus.pdf>
29. Vicentin G, Santo AH, Carvalho MS. Mortalidade por tuberculose e indicadores sociais no município do Rio de Janeiro. *Cien Saude Colet*. 2002;7(2):253-63. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232002000200006>.

30. García-Basteiro AL, Brew J, Williams B, Borgdorff M, Cobelens F. What is the true tuberculosis mortality burden? Differences in estimates by the World Health Organization and the Global Burden of Disease study. *Int J Epidemiol.* 2018;47(5):1549-60. <http://dx.doi.org/10.1093/ije/dyy144>. PMID:30010785.