doi: 10.5123/S2176-6223202601816

Tuberculose em Belém: uma análise temporal integrada aos fatores clínicos, epidemiológicos, operacionais e climáticos

Tuberculosis in Belém: a temporal analysis integrating clinical, epidemiological, operational, and climatic factors

Claudia Ozela El-Husny[1], Juliana Conceição Dias Garcez[2], Chafic Rachid El-Husny Neto[3], Emilly Gabriele Ribeiro Dias[4], Arnaldo Jorge Martins Filho[4,5], Artemir Coelho de Brito[6], Karla Valéria Batista Lima[4,5]

[1] *Universidade do Estado do Pará, Centro Universitário Metropolitano da Amazônia, Belém, Pará, Brasil*
[2] *Universidade do Estado do Pará, Escola de Enfermagem Magalhães Barata, Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Belém, Pará, Brasil*
[3] *Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil*
[4] *Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil*
[5] *Instituto Evandro Chagas, SVSA, MS, Belém, Pará, Brasil*
[6] *Ministério da Saúde, Brasília, Distrito Federal, Brasil*

RESUMO

OBJETIVO: identificar a tendência temporal da tuberculose (TB) no município de Belém e descrever as variáveis clínicas, epidemiológicas, operacionais e climáticas da doença no município. MÉTODOS: Trata-se de um estudo epidemiológico, quantitativo e transversal, realizado com dados de casos novos de TB, notificados no SINAN do município de Belém, Pará, no período de 2014 a 2023. Os dados foram analisados por estatística descritiva, e para a análise da tendência utilizou-se regressão linear simples e selecionados aqueles com maior coeficiente de determinação (R^2). RESULTADOS: A incidência de TB em Belém apresentou flutuações anuais, com queda acentuada no ano de 2020 e tendência para o aumento nos três últimos anos, com impacto em 2023, por ser a maior taxa dos anos. A tendência linear para todo o período, a equação da reta (y = 0,9777x + 105,23) com coeficiente angular positivo (0,9777), indicando uma tendência de aumento na taxa de incidência ao longo do tempo. Houve sub-registro ou não realização de exames importantes: cultura, TRM-TB, teste de sensibilidade e do TDO. Não houve associação significativa com as variáveis climáticas avaliadas. A taxa de cura ficou abaixo da meta ideal e o abandono representou um desafio significativo. A alta proporção de campos "Ignorado" ou "Não preenchido" em diversas variáveis (escolaridade, raça/cor de pele, exames, tratamento diretamente observado, encerramento) indica possíveis fragilidades no sistema de informação. CONCLUSÃO: a TB permanece como um grave problema de saúde pública no município de Belém, sendo necessário maior investimento nas políticas públicas para o controle efetivo da doença.

Palavras-chave: Tuberculose Pulmonar; Vigilância em Saúde Pública; Saúde Coletiva; Epidemiologia; Estudo transversal.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To identify the temporal trend in tuberculosis (TB) incidence in Belém and describe the disease's clinical, epidemiological, operational, and climatic variables in the municipality. METHODS: This quantitative, cross-sectional epidemiological study used data on new TB cases reported to SINAN in Belém, Pará, from 2014 to 2023. Data were analyzed using descriptive statistics. Temporal trends were assessed using simple linear regression, with models selected on the basis of the highest coefficient of determination (R^2). RESULTS: TB incidence in Belém fluctuated annually, falling sharply in 2020 before increasing over the final three years of the study period. The highest incidence rate was recorded in 2023. For the full period, the fitted linear equation was $y = 0.9777x + 105.23$, with a positive slope (0.9777), indicating an upward trend in incidence. Important tests and procedures, including culture, rapid molecular testing for TB, drug susceptibility testing, and directly observed treatment, were either underreported or not performed. No significant association was found with the climatic variables assessed. The cure rate was below the target, and treatment discontinuation remained a substantial challenge. The high proportion of fields marked "Unknown" or left blank for several variables (education, race/skin color, tests, directly observed treatment, and treatment outcome) suggests possible weaknesses in the information system. CONCLUSION: TB remains a serious public health problem in Belém, and greater investment in public policies is needed to control the disease effectively.

Keywords: Tuberculosis, Pulmonary; Public Health Surveillance; Public Health; Cross-Sectional Studies.

Correspondência / Correspondence:
Claudia Ozela El-Husny
Universidade do Estado do Pará, Centro Universitário Metropolitano da Amazônia
Tv. Perebebuí, 2623. Bairro: Marco. CEP: 66087-662 – Belém, Pará, Brasil. E-mail: claudia_ozela@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A tuberculose (TB) é uma doença infectocontagiosa curável, mas ainda representa um grave problema de saúde pública, com alta morbimortalidade e elevados custos sociais e para os serviços de saúde. Em 2022, a TB foi a segunda principal causa de morte no mundo por um único agente infeccioso, atrás apenas da COVID-19, e causou quase o dobro de mortes do que o vírus da imunodeficiência humana (HIV)[1,2].

A pandemia da COVID-19 restringiu o acesso aos serviços de saúde, afetando a rotina dos atendimentos em saúde, atrasando diagnósticos e comprometendo os tratamentos. Atrelado a isso, o medo da infecção pela COVID-19 e as restrições de mobilidade impostas, contribuíram para a falta de diagnóstico e tratamento oportunos da TB, impactando negativamente os indicadores da TB[3,4].

O Brasil, mesmo com um sistema universal de saúde e um plano nacional estratégico pelo Fim da TB, enfrenta dificuldades no enfrentamento da doença. Na Amazônia, o cenário é agravado por fatores socioeconômico e geográficos, visto que o difícil acesso a alguns municípios são utilizados como justificativas para a falta de investimentos e ausência de políticas públicas de gestão na região[3,5].

Além disso, as condições ambientais, como temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e poluição atmosférica, podem influenciar tanto a transmissão do *Mycobacterium tuberculosis* quanto a vulnerabilidade dos indivíduos acometidos[6,7]. No Brasil, verificou-se que os casos de TB são mais frequentes nas seguintes condições: radiação ultravioleta (RUV) acima de 17 MJ/m 2; umidade relativa do ar entre 31,0% e 69,0%; precipitação pluvial inferior a 1 mm; exposição solar diária de 12 horas; e temperaturas entre 20°C e 23°C[6].

Na Amazônia e, especificamente em Belém, as características climáticas, marcadas pela sazonalidade das chuvas, altas temperaturas médias anuais e elevada umidade, interagem com fatores socioeconômicos, como habitação precária, aglomeração urbana e desigualdade no acesso aos serviços de saúde, contribuindo para a manutenção do cenário endêmico[5,8].

O município de Belém, localizado no estado do Pará, é a segunda capital da região Norte com o maior coeficiente de incidência de TB (90,7 casos novos por 100.000 habitantes, atrás apenas de Manaus[2]. As duas capitais (Belém e Manaus) possuem características climáticas semelhantes e a análise da sazonalidade demonstrou maior detecção de TB em período com menor pluviosidade nas capitais assim como detecções mais baixas no período com maiores índices pluviométricos[7].

A TB é uma doença de notificação obrigatória no país, e o perfil dos casos está relacionado com a capacidade dos serviços de saúde de detectar e notificar os casos. Para superar barreiras de acesso e horizontalizar o atendimento aos pacientes com TB, o Ministério da Saúde (MS), através do Programa Nacional de Controle da Tuberculose (PNCT), recomenda a descentralização das ações de detecção, diagnóstico e acompanhamento da TB para a atenção primária à saúde, ampliando a abrangência e a efetividade dessas ações[9,10].

No município de Belém, a formulação de estratégias de vigilância e controle da TB requer uma abordagem ampliada, que não se restrinja aos determinantes sociais. A incorporação da dimensão climática mostra-se fundamental, uma vez que esses podem interagir com condições socioeconômicas e epidemiológicas, influenciando a dinâmica de transmissão da doença e, consequentemente, a efetividade das intervenções em saúde pública. Nesse contexto, a 30ª Conferência das Partes (COP30), que ocorrerá em Belém, apresenta uma oportunidade de discussão sobre mudanças climáticas relacionadas à saúde pública, sendo primordial a abordagem das especificidades Amazônicas. O artigo tem como objetivo identificar a tendência temporal da TB no município de Belém e descrever as variáveis clínicas, epidemiológicas, operacionais e climáticas da doença no município.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo epidemiológico, quantitativo e transversal, utilizando dados de casos novos de TB notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) pela Referência Técnica em Tuberculose do município de Belém, Pará, no período de 2014 a 2023.

Foram analisadas as seguintes variáveis disponíveis na ficha do SINAN:

1. Caracterização sociodemográfica e comorbidades Faixa etária; raça/cor; escolaridade; população privada de liberdade; população em situação de rua; coinfecção TB/HIV; diabetes mellitus; transtorno mental;
2. Caracterização do perfil clínico da TB Forma clínica; radiografia tórax; baciloscopia de escarro; histopatologia; teste de HIV; teste molecular; situação de encerramento. Foram excluídos os casos em duplicidade.

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva com auxílio do Microsoft Excel. Para o cálculo da tendência utilizou-se o modelo de regressão linear simples e selecionados aqueles com maior coeficiente de determinação (R^2).

Para o cálculo do coeficiente de incidência anual, utilizou-se o número de casos de casos de TB e os dados populacionais fornecidos pela Secretaria Municipal de Saúde de Belém, por meio da Referência Técnica de Tuberculose, e Censo Demográfico de 2022. Utilizou-se o número de casos novos de TB pela população residente de Belém e multiplicando por 100.000, conforme a seguinte fórmula:

$$\text{CI TB: } \frac{\text{Número de casos TB} \times 100.000}{\text{Número da população}}$$

Para a análise das variáveis climáticas: temperatura (°C), precipitação (mm) e umidade relativa do ar utilizou-se os dados fornecidos pela Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A partir desses dados, foram calculadas as médias mensais e realizada a normalização para a representação gráfica.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de ética em Pesquisa do Instituto Evandro Chagas pelo número: 4.172.679.

RESULTADOS

No município de Belém foram notificados 19.324 casos de TB, dos quais 15.884 eram casos novos. Excluindo os casos duplicados, N = 132, a população do estudo foi de 15.752 casos.

Em 2014, a taxa de incidência era de 111,71 casos por 100.000 habitantes, com leve tendência de queda nos anos seguintes: 109,61 (2015) e 105,41 (2016). Contudo, essa tendência não se sustentou e em 2019, a incidência aumentou alcançando 113,03. O ano de 2020 apresentou a menor taxa da década 101,70 (Figura 1).

Em 2021, subiu para 111,16, retornando a patamares observados anteriormente. Essa tendência de alta se intensificou em 2022, com a taxa chegando a 115,12, e culminou em 2023 com o maior coeficiente de incidência do período analisado: 124,02 casos por 100.000 habitantes (Figura 1).

A série histórica da incidência de TB no município de Belém não demonstra redução consistente. Após flutuações e uma queda possivelmente artificial em 2020, os últimos três anos indicam um preocupante aumento da incidência, que atingiu seu pico em 2023.

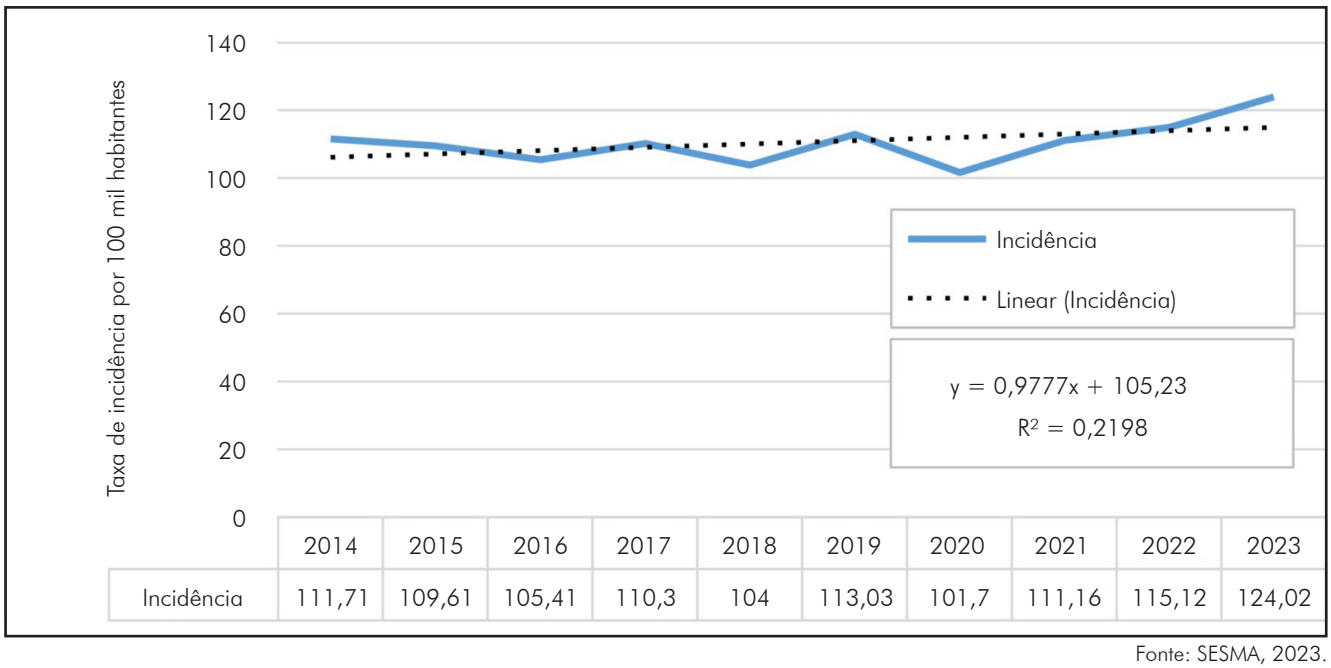
A tendência linear calculada para o período (2014-2023), apresentou a equação da reta ($y = 0,9777x + 105,23$) possui um coeficiente angular (inclinação) positivo (0,9777). Isso indica que, ao se ajustar uma linha reta aos dados da década, há uma leve tendência de aumento na taxa de incidência ao longo do tempo. O modelo linear sugere um aumento médio de aproximadamente 0,98 caso por 100.000 habitantes a cada ano (Figura 1).

A força da tendência Linear, o R^2 foi de 0,2198. Esse valor indica que cerca de 22% da variação observada nas taxas de incidência anuais pode ser explicada pela tendência linear de aumento ao longo do tempo. Um R^2 relativamente baixo como esse, confirma o que é visualmente aparente, as flutuações anuais são consideráveis e a incidência não aumentou de forma estritamente linear. Muitos pontos (barras) estão relativamente distantes da linha de tendência (Figura 1).

Embora a tendência linear geral seja de um leve aumento, essa tendência explica a variabilidade anual (R^2 baixo).

A análise dos dados revela predominância de casos novos de TB no sexo masculino, 9.783 casos (62,11%), em comparação com o sexo feminino, 5.969 (37,89%). A faixa etária mais acometida foi a de 20 a 39 anos, 6.791 casos (43,11%), seguida por 40 a 59 anos, 4.879 casos (30,97%), totalizando quase 75% dos casos. Casos em indivíduos com 60 anos ou mais somaram 2.441 (15,50%), e de 0 a 19 anos registrou 1.641 casos (10,42%) (Tabela 1).

Quanto à raça/cor da pele, a maioria foi parda, 11.448 casos (72,68%). As demais categorias foram: branca com 1.787 (11,34%), preta com 1.198 (7,61%), amarela com 71 (0,45%) e indígena com 50 casos (0,32%). É importante notar que para 1.186 casos (7,53%), essa informação foi ignorada (Tabela 1).



	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Incidência	111,71	109,61	105,41	110,3	104	113,03	101,7	111,16	115,12	124,02

Fonte: SESMA, 2023.

Figura 1 – Tendência da incidência da tuberculose em Belém, estado do Pará de 2014 a 2023

Tabela 1 – Perfil sociodemográfico de casos novos da tuberculose no município de Belém/Pará, de 2014 a 2023

Variáveis	N (%)
Sexo	
Masculino	9783 (62,11)
Feminino	5969 (37,89)
Faixa etária	
0 – 19	1641 (10,42)
20 – 39	6791(43,11)
40 – 59	4879 (30,97)
60 e mais	2441(15,50)
Raça/cor de pele	
Branca	1787 (11,34)
Preta	1198 (7,61)
Amarela	71(0,45)
Parda	11448 (72,68)
Indígena	50 (0,32)
Ignorado	1186 (7,53)
Não preenchido	12 (0,08)
Escolaridade	
Analfabeto	339 (2,15)
1ª - 4ª série incompleta do EF	1313 (8,34)
4ª série completa do EF (antigo 1° grau)	630 (4,00)
5ª - 8ª série incompleta do EF (antigo ginásio ou 1° grau)	2542 (16,14)
Ensino fundamental completo (antigo ginásio ou 1° grau)	1199 (7,61)
Ensino médio incompleto (antigo colegial ou 2° grau)	1576 (10,01)
Ensino médio completo (antigo colegial ou 2° grau)	3245 (20,60)
Educação superior incompleta	426 (2,70)
Educação superior completa	798 (5,07)
Ignorado	3499 (22,21)
Não se aplica	155 (0,98)
Não preenchido	30 (0,19)

Fonte: SESMA, 2023

A variável escolaridade apresentou alto percentual de preenchimento ignorado, com 3.499 casos (22,21%), o que compromete a consistência dos dados e a análise conclusiva. Entre os casos com informação registrada, a categoria mais frequente foi ensino médio completo (3.245 casos, 20,60%), seguida por 5ª a 8ª série do ensino fundamental (2.542 casos, 16,14%) e ensino médio incompleto (1.576 casos, 10,01%). Níveis mais baixos de escolaridade, como 1ª a 4ª série (1.313 casos, 8,34%) e analfabetismo (339 casos, 2,15%), também foram representados (Tabela 1).

Sobre as características clínicas e diagnósticas, a forma clínica predominante foi a pulmonar, com 12.882 casos (81,78%). O resultado da radiografia de tórax foi considerado sugestivo de TB na maioria dos exames realizados, totalizando 9.599 casos (60,94%). No entanto, para uma parcela significativa de 5.434 casos (34,50%), o exame não foi realizado ou não teve seu resultado registrado (Tabela 2).

A baciloscopia de escarro para o diagnóstico foi positiva em 8.259 casos (52,43%) e negativa em 3.278 (20,81%). Em 3.508 casos (22,27%), o exame não foi realizado e, em 707 (4,49%), não se aplicava. A cultura de escarro apresentou frequência baixa de realização: foi positiva em 1.237 casos (7,85%), negativa em 755 (4,79%) e estava em andamento para 646 (4,10%). A maioria, 13.114 casos (83,25%), teve o campo não realizado. O exame histopatológico, geralmente usados para formas extrapulmonares, foi realizado em uma minoria. (Tabela 2).

O TRM-TB detectou o bacilo em 2.646 casos sensíveis à rifampicina (16,80%) e em 73 casos resistentes à rifampicina (0,46%). O resultado foi não detectável em 433 casos (2,75%) e inconclusivo em 226 (1,43%). Uma alta proporção não realizou o teste (10.782 casos, 68,45%) ou teve o campo não preenchido (1.592 casos, 10,11%) (Tabela 1). O teste de sensibilidade aos fármacos teve um preenchimento ainda menor, com 14.324 casos (90,93%) como não preenchidos. Nos poucos casos com informação, 383 (2,43%) foram sensíveis, e cerca de 87 casos (somando as categorias de resistência, (0,56%) apresentaram algum tipo de resistência (Tabela 2).

Tabela 2 – Perfil clínico de casos novos da tuberculose no município de Belém/Pará, de 2014 a 2023

Variáveis	N (%)
Forma clínica	
Pulmonar	12882 (81,78)
Extrapulmonar	2213(14,05)
Pulmonar + Extrapulmonar	657 (4,17)
Raio-x de tórax	
Suspeito	9599 (60,94)
Normal	547 (3,47)
Outra patologia	150 (0,95)
Não realizado	5434 (34,50)
Não preenchido	22 (0,14)
Baciloscopia de escarro	
Positiva	8259 (52,43)
Negativa	3278 (20,81)
Não realizada	3508 (22,27)
Não se aplica	707 (4,49)
Cultura do escarro	
Positiva	1237 (7,85)
Negativa	755 (4,79)
Em andamento	646 (4,10)
Não realizada	13114 (83,25)
Histopatologia	
Baar Positivo	870 (5,52)
Sugestivo de tuberculose	680 (4,32)
Não sugestivo de tuberculose	145 (0,92)
Em andamento	472 (3,00)
Não realizado	13564 (86,11)
Não preenchido	21 (0,13)
Teste molecular rápido TB (TMR-TB)	
Detectável sensível à Rifampicina	2646 (16,80)
Detectável resistente à Rifampicina	73 (0,46)
Não detectável	433 (2,75)
Inconclusivo	226 (1,43)
Não realizado	10782 (68,45)
Não preenchido	1592 (10,11)
Teste de sensibilidade	
Resistente somente à Isoniazida	23 (0,15)
Resistente somente à Rifampicina	11 (0,07)
Resistente à Isoniazida e Rifampicina	22 (0,14)
Resistente a outras drogas de 1ª linha	31 (0,20)
Sensível	383 (2,43)
Em andamento	283 (1,80)
Não realizado	675 (4,29)
Não preenchido	14324 (90,93)
Tratamento supervisionado	
Sim	659 (4,18)
Não	636 (4,04)
Ignorado	66 (0,42)
Não preenchido	14391 (91,36)

Fonte: SESMA, 2023

Quanto ao tratamento e ao desfecho, a informação sobre o Tratamento Diretamente Observado (TDO) estava ausente na maioria dos casos: 14.391 (91,36%), foram classificados como 'Não preenchido'. Entre os registrados, a distribuição foi similar entre os que realizaram (659 casos, 4,18%) e os que não realizaram (636 casos, 4,04%) (Tabela 2).

A análise dos dados sobre fatores de risco e comorbidades associados aos casos novos de TB notificados no município estudado revela um perfil complexo, destacando a interação da doença com outras condições de saúde e vulnerabilidades sociais.

Foram identificados 2.014 indivíduos com resultado positivo para HIV (12,79%), e 1.952 casos foram classificados sob o Agravo Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS) (12,39%). Esses achados evidenciam a relevância da coinfecção TB/HIV como um problema de saúde pública proeminente na região.

É importante destacar que para um número expressivo de 4.420 casos (28,06%), o teste de HIV não foi realizado ou seu resultado não foi registrado, e para 2.471 casos (15,69%), a informação sobre o Agravo AIDS foi ignorada, sugerindo que a prevalência real da coinfecção pode ser ainda maior (Tabela 3).

O diabetes mellitus emergiu como outra comorbidade altamente relevante, afetando 1.825 pacientes (11,59%). O tabagismo foi registrado em 1.805 casos (11,46%) e o Alcoolismo (Agravo Álcool) em 1.682 casos (10,68%). Essas quatro condições (HIV/AIDS, diabetes, tabagismo, alcoolismo) apresentaram prevalências relativamente similares, situando-se em uma faixa preocupante entre 10% e 13% dos casos com informação disponível (Tabela 3).

A análise também identificou a presença da TB em populações específicas consideradas de maior vulnerabilidade. Foram notificados 397 casos (2,52%) na população privada de liberdade, 257 casos (1,63%) na população em situação de rua, 282 casos (1,79%) entre profissionais de saúde e 36 casos (0,23%) na população imigrante. Embora representem percentuais menores do total, esses números destacam a necessidade de estratégias direcionadas a esses grupos (Tabela 3).

Uma limitação significativa da análise é a considerável proporção de dados ignorados ou não preenchidos em diversas variáveis, além da já mencionada não realização do teste de HIV. Para tabagismo, alcoolismo, drogas ilícitas, transtorno mental e as populações específicas, os percentuais de informação faltante (ignorada ou não preenchida) variaram aproximadamente entre 10% e mais de 18%. Essa lacuna de informação compromete a precisão das estimativas de prevalência e dificulta um planejamento completo das ações.

A análise da incidência de TB no município não evidenciou associação significativa com as variáveis climáticas avaliadas (temperatura média, precipitação e umidade relativa do ar).

Tabela 3 – Fatores de riscos e comorbidades em casos novos de tuberculose em Belém/Pará, de 2014 a 2023

Variáveis	N (%)
Agravo AIDS	
Sim	1952 (12,39)
Não	11323 (71,88)
Ignorado	2471 (15,69)
Não preenchido	6 (0,04)
Agravo Álcool	
Sim	1682 (10,68)
Não	12346 (78,38)
Ignorado	1715 (10,89)
Não preenchido	9 (0,06)
Agravo tabagismo	
Sim	1805 (11,46)
Não	11109 (70,52)
Ignorado	1489 (9,45)
Não preenchido	1349 (8,56)
Agravo diabetes mellitus	
Sim	1825 (11,59)
Não	12343 (78,36)
Ignorado	1575 (10,00)
Não preenchido	9 (0,06)
Agravo doença mental	
Sim	273 (1,73)
Não	13694 (86,93)
Ignorado	1768 (11,22)
Não preenchido	17 (0,11)
Agravo drogas ilícitas	
Sim	1155 (7,33)
Não	11749 (74,59)
Ignorado	1500 (9,52)
Não preenchido	1348 (8,56)
HIV	
Positivo	2014 (12,79)
Negativo	8938 (56,74)
Em andamento	380 (2,41)
Não realizado	4420 (28,06)
População privados de liberdade	
Sim	397 (2,52)
Não	13014 (82,62)
Ignorado	989 (6,28)
Não preenchido	1352 (8,58)
População em situação de rua	
Sim	257 (1,63)
Não	13035 (82,75)
Ignorado	1105 (7,01)
Não preenchido	1355 (8,60)
Profissionais da saúde	
Sim	282 (1,79)
Não	12890 (81,83)
Ignorado	1224 (7,77)
Não preenchido	1356 (8,61)
População imigrantes	
Sim	36 (0,23)
Não	12837 (81,49)
Ignorado	1516 (9,62)
Não preenchido	1363 (8,65)

Fonte: SESMA, 2023

Sobre a tendência da cura, houve forte tendência de queda (1.191 em 2014 para 507 em 2023). O abandono foi flutuante, mas termina em 2023 (153) um pouco acima do início (138), após pico em 2021 (231). O óbito por TB foi flutuante, termina ligeiramente acima do início (28 em 2014 para 30 em 2023), com pico em 2019 (43). Houve crescimento exponencial alarmante de não preenchimento de dados (5 em 2014 para 822 em 2023).

A interpretação detalhada do $R^2 = 0,6424$ para a linha de tendência da cura, o valor R^2, significa que 64,24% da variação total observada no número anual de curas de TB em Belém, entre 2014 e 2023, pode ser atribuída à tendência linear de declínio ao longo do tempo, conforme representada pela equação da linha de tendência ($y = -48,885x + 1255,1$). Este valor indica uma relação linear moderadamente forte. Ou seja, a tendência de diminuição ao longo dos anos é um fator relevante para explicar o comportamento do número de curas, mas não é o único fator.

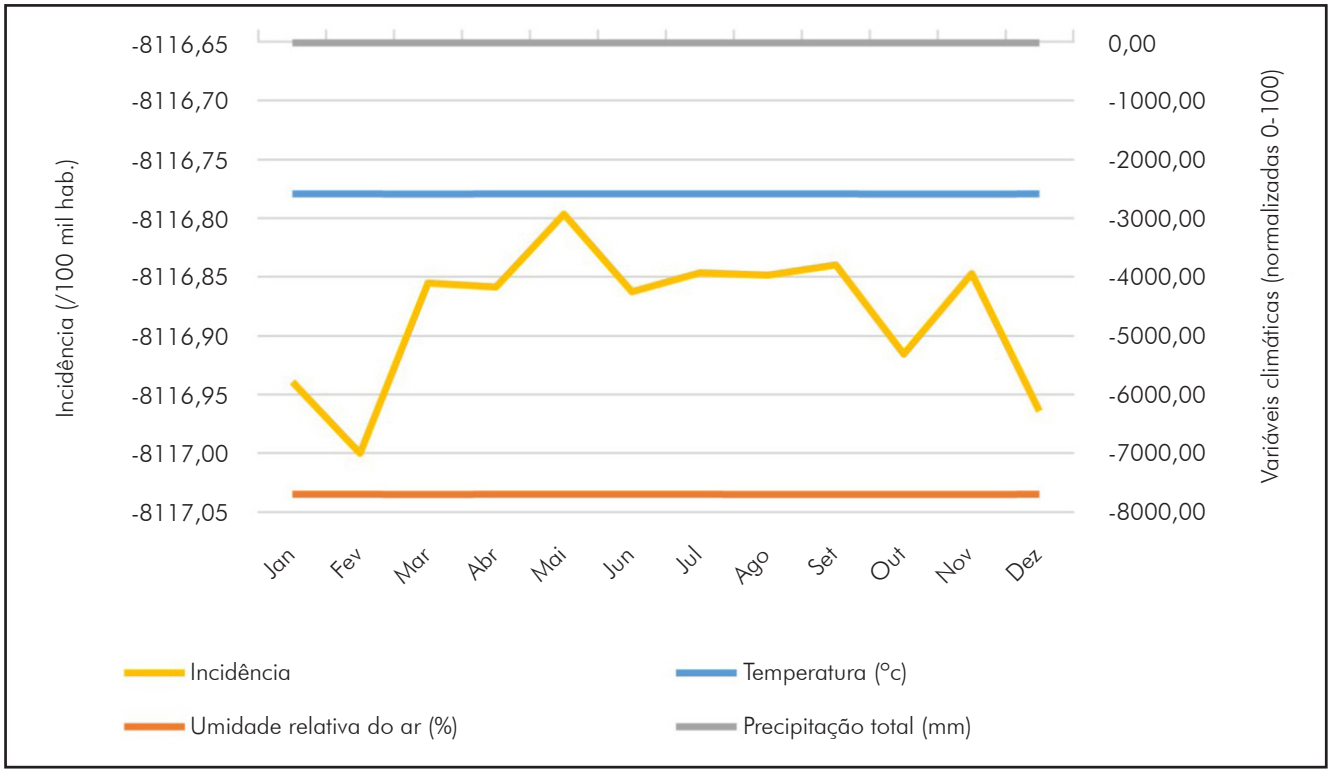
O modelo apresentou variância não explicada (35,76%), os restantes 35,76% (1 - 0,6424) da variação no número de curas não são explicados por essa simples tendência linear temporal. Essa variância residual deve-se a outros fatores e às flutuações naturais que não seguem um padrão estritamente linear. Além disso, eventos externos como a pandemia de COVID-19 (especialmente a partir de 2020), podem ter afetado o acesso ao diagnóstico, tratamento, acompanhamento e registro, causando desvios da tendência.

A linha de tendência capturou uma parte significativa (cerca de 64%) da tendência geral de queda nas curas ao longo da década. No entanto, o R^2 moderado alerta que quase 36% da variação se deve a outros fatores e flutuações, e que a previsão baseada apenas nesta linha linear tem limitações, especialmente diante de mudanças abruptas como a observada em 2023. A linha de tendência é útil para descrever a direção geral, mas não explica toda a complexidade do fenômeno (Figura 3).

DISCUSSÃO

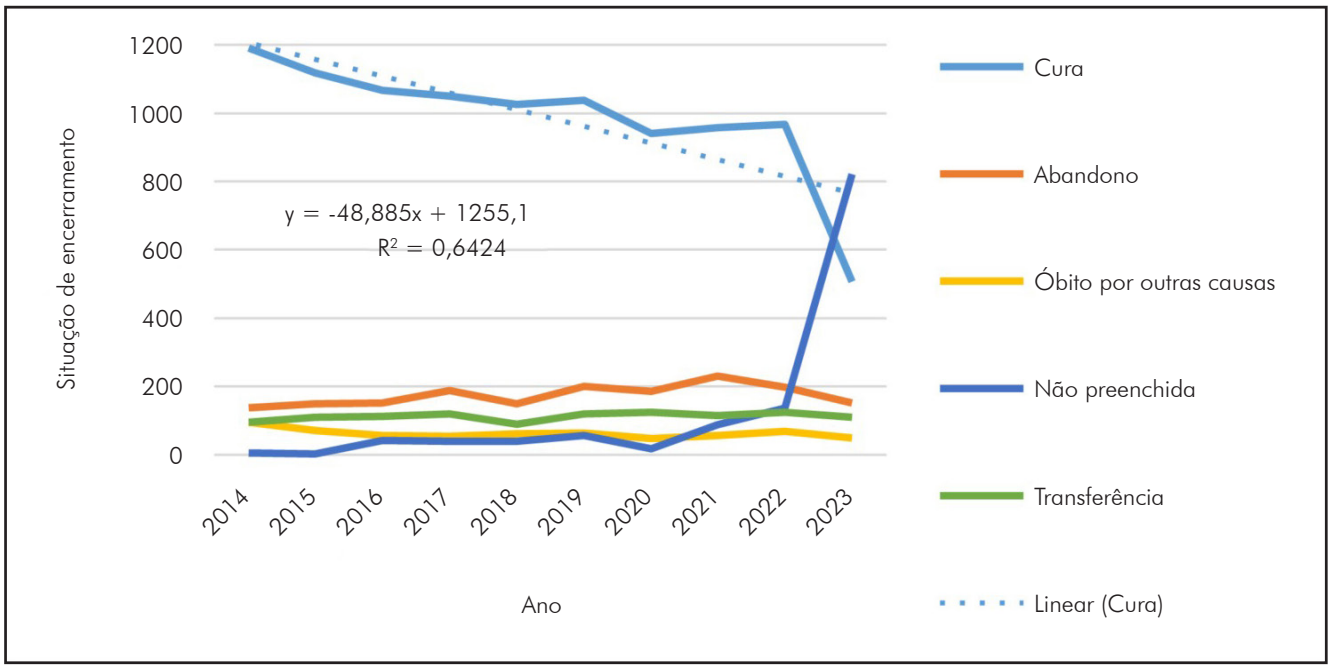
Após 15 anos de redução da incidência de TB, a partir de 2015, os casos passaram a crescer no Brasil até o início da pandemia de COVID-19, quando houve redução no diagnóstico e no acompanhamento, e, desde então, novo aumento na incidência até 2022[11].

Em Belém, a série histórica demonstrou comportamento semelhante ao cenário nacional: a incidência subiu em 2019, reduziu artificialmente em 2020, provavelmente em decorrência do impacto da pandemia sobre o sistema de saúde, levando a subnotificação e atraso no diagnóstico, e voltou a crescer entre 2021 e 2023, atingindo o maior valor da década. Dados corroborados, por outras pesquisas realizadas no município que identificaram oscilações na incidência da doença, possivelmente por fatores epidemiológicos, efeitos da pandemia, subnotificação e diagnóstico dos casos da doença[12,13]. Os achados reforçam que em áreas da Amazônia brasileira as taxas permanecem elevadas, com tendência de aumento[14].



Fonte: SESMA, 2023.

Figura 2 – Incidência mensal da tuberculose e variáveis climáticas mensais em Belém/Pará de 2014 a 2023



Fonte: SESMA, 2023.

Figura 3 – Situação de encerramento da tuberculose em Belém/Pará, por ano e tendência da cura, de 2014 a 2023

A pesquisa indica tendência linear geral, ligeiramente ascendente, o que pode sugerir um agravamento no cenário da incidência da TB no município de Belém, semelhante ao que se encontra no Brasil, conforme aponta uma pesquisa[11] com aumento no número de casos até dezembro de 2022.

Os homens apresentam risco de adoecimento duas vezes maior, possivelmente pelo maior contato com o bacilo em atividades laborais, a maior frequência de hábitos nocivos à saúde e autocuidado prejudicado[15,16]. Os adultos jovens, economicamente ativos, desenvolvendo suas atividades para o sustento familiar e consequentemente diminuindo a busca por atendimentos básicos de saúde[17,18].

A TB está associada à baixa escolaridade (ensino fundamental)[19,20]. Neste estudo, porém, observou-se maior número de casos com ensino médio, que pode estar relacionado a uma característica específica da população. A escolaridade também pode estar sendo impactada pela nova estratégia educacional no Brasil de não reprovação[21]. No entanto, deve-se considerar o grande percentual de casos sem registro da escolaridade.

A TB é causada pelo *Mycobacterium tuberculosis*, afeta principalmente os pulmões. A forma pulmonar é a mais comum e de maior impacto na saúde pública, por sustentar a cadeia de transmissão da doença[13,22]. O rápido diagnóstico e início imediato do tratamento são as principais ferramentas preconizadas pelo PNCT para interromper a cadeia de transmissão e controle da doença. O diagnóstico da TB pulmonar baseia-se na associação de dados clínico-epidemiológicos com exames laboratoriais como a baciloscopia direta ou moleculares como TRM-TB. Embora o TRM-TB seja o exame mais indicado por otimizar e acelerar o diagnóstico da doença, este teste ainda é considerado um exame de custo elevado, não estando acessível a todos os pacientes[23,24]. A cultura é apontada como o "padrão ouro" para análise investigativa do *Mycobacterium tuberculosis*, tendo em vista que são necessárias de 10 a 100 células bacterianas viáveis para a obtenção de um resultado positivo. Possui elevada especificidade e sensibilidade, dependendo da quantidade e qualidade da amostra submetida à cultura[25]. O Laboratório Central do Estado do Pará iniciou, em 2009, o processo para a estruturação e implantação da "Rede Laboratorial Estadual de Cultura Ogawa Kudoh" através da descentralização da cultura pelo método swab (OGAWA KUDOH) para municípios estratégicos e municípios que apresentavam dificuldade no envio de amostras ao Laboratório Central do Estado do Pará[26], porém ainda é evidenciado baixa demanda para o exame, sendo necessário o maior incentivo para a realização da cultura pelos profissionais da atenção primária à saúde.

A infecção pelo *Mycobacterium tuberculosis* está diretamente relacionada às condições de vida da população, e associada a indicadores socioeconômicos, como condições de moradia, aglomerados urbanos, renda per capita, desemprego, educação, idade, acesso a serviços de saúde, alimentação e condições sanitárias, além da presença de comorbidades, especialmente quando estas levam a imunossupressão do indivíduo, como o HIV e envelhecimento[27,28].

Em uma unidade básica de saúde do município de Belém identificou-se aspectos semelhantes ao dessa pesquisa em que entre os pacientes com TB a maioria não tinha a coinfecção pelo HIV (93,14%), resultados sorológicos negativos, e 5,88% dos pacientes possuíam resultado sorológico positivo. O tabagismo foi relatado em 25,5%[29].

As variáveis climáticas avaliadas (temperatura média, precipitação e umidade relativa do ar) não demonstraram associação estatisticamente significativa com a incidência da doença. No entanto, a análise descritiva sugere que a precipitação pode ter relação indireta com o aumento de casos, especialmente nos meses de janeiro a maio (inverno amazônico), quando há maior aglomeração em ambientes fechados. A temperatura mostrou-se relativamente estável, mas com influência moderada, enquanto a umidade relativa teve impacto menos consistente. Assim, fatores ambientais não se configuraram como determinantes diretos no período estudado, mas podem interagir com condições sociais e epidemiológicas, influenciando a dinâmica da transmissão.

Fatores climáticos como precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, podem influenciar o desenvolvimento do *Mycobacterium tuberculosis* e afetam diretamente a transmissão do bacilo[8]. Em áreas com alta precipitação, essas bactérias podem permanecer ativas e se espalhar facilmente por meio de gotículas de água. A precipitação também pode determinar a quantidade de tempo que os hospedeiros passam em ambientes fechados, influenciando assim a transmissão do bacilo dentro das famílias[6].

Em Pequim houve correlação positiva entre a incidência de TB e a precipitação média anual[30]. Em uma pesquisa realizada em Macapá, apresentou crescimento no número de casos de TB durante o inverno Amazônico e decréscimo, nos demais períodos[31]. A Organização Mundial da Saúde (OMS) preconiza para o controle da TB, indicadores de cura de 90% e abandono menor que 5%. Diante disso, o programa de controle da TB desenvolve estratégias para o controle da doença como tratamento diretamente observado que é o acolhimento da pessoa com TB, e o controle de ingestão dos antibióticos para tratar TB, por profissional da saúde, preferencialmente todos os dias, na fase de ataque e no mínimo três vezes por semana na fase de manutenção do tratamento. Essa estratégia se diferencia por oportunizar uma abordagem individualizada, controle da adesão ao tratamento e criação de vínculo entre o profissional e o usuário, visando a maior adesão ao tratamento pelos usuários[2,32-33].

No entanto, a tendência de queda nos casos de cura e o crescimento dos registros ignorados ou não preenchidos foi um ponto crítico, principalmente

no encerramento dos casos. O não preenchimento adequado fragiliza os sistemas de informação e prejudica a avaliação dos indicadores. Em 2023, por exemplo, o aumento abrupto dos registros em aberto ou sem desfecho pode ter distorcido a análise de tendência. Esse problema evidencia a necessidade de maior qualificação e responsabilização das equipes de saúde no preenchimento de dados.

Por fim, a proporção de abandono manteve-se acima do aceitável e a taxa de cura permaneceu abaixo da meta preconizada pela OMS. Esse cenário reforça a urgência de estratégias que promovam adesão ao tratamento, como o fortalecimento do Tratamento Diretamente Observado (TDO), ainda incipiente em Belém. A adesão insuficiente a essa estratégia compromete a efetividade das políticas de controle, perpetuando a transmissão e dificultando o alcance das metas globais de eliminação da TB.

Em 2017, somente 36,9% dos casos novos de TB pulmonar eram conduzidos em tratamento diretamente observado no Brasil. No Pará, em 2016 se alcançou 71,7% de cura, mantendo uma média em torno de 68% ao longo dos últimos quatro anos, porém com uma tendência ao declínio. Portanto, a meta de cura preconizada pela OMS ainda é um grande desafio para o Estado. Em relação à adesão ao tratamento, o percentual de abandono ainda é praticamente o dobro do percentual aceitável de 5%[34].

Belém implantou o tratamento diretamente observado, em 2001, para 6,7% dos casos. A partir de 2008, houve incremento com apoio da parceria Projeto Fundo Global, mas em 2014, somente 44% dos casos estavam em tratamento diretamente observado. No período de 2013 a 2017, o percentual de cura e abandono, em Belém, foram respectivamente 73,6% e 12,25%; e apenas 36,11% dos casos realizaram a estratégia. E o indicador de cura no ano de 2022 foi de 45,3% e abandono foi de 9,6%[2,34-35], apresentaram achados semelhantes ao deste estudo.

Em síntese, os achados confirmam que a TB em Belém é fortemente condicionada por determinantes sociais e operacionais, com contribuição limitada dos fatores climáticos. O agravamento recente da incidência, associado às fragilidades nos sistemas de informação e às dificuldades de adesão ao tratamento, evidencia a necessidade de maior investimento em políticas públicas integradas de vigilância, diagnóstico e cuidado contínuo aos pacientes.

CONCLUSÃO

A incidência de TB no município de Belém apresentou flutuações anuais, com queda acentuada em 2020 e tendência de aumento nos três últimos anos, com impacto em 2023. Os casos novos concentraram-se entre homens, adultos jovens (20-39 anos), pardos, com forma clínica pulmonar e baciloscopia positiva. Houve sub-registro ou não realização de exames importantes como cultura, teste rápido molecular para TB, teste de sensibilidade e da estratégia de tratamento diretamente observado.

A TB é multifatorial e influenciada por fatores socioeconômicos, como condições de vida precárias, habitação superlotada e clima. As condições climáticas podem atuar como fatores complementares, porém identifica-se que não é o único determinante para ocorrência da doença. Essa interface clima-saúde reforça a necessidade de políticas públicas integradas, que considerem os impactos das mudanças climáticas e das condições ambientais locais sobre as doenças infecciosas, entre elas a TB, potencializando ações intersetoriais em saúde, urbanismo e meio ambiente.

A taxa de cura ficou abaixo da meta ideal (>85%), e o abandono representou um desafio significativo. A alta proporção de campos "Ignorado" ou "Não preenchido" em diversas variáveis (escolaridade, raça/cor de pele, exames, tratamento diretamente observado, encerramento) sugere possíveis fragilidades no sistema de informação.

APOIO FINANCEIRO

Este trabalho contou com o apoio financeiro da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP)/UEPA, por meio de bolsa de doutorado. Além de ter sido financiado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em parceria com o Ministério da Saúde (MS), por meio do Departamento de Ciência e Tecnologia (DECIT) da Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Complexo Econômico-Industrial da Saúde (SECTICS), juntamente com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Chamada nº 46/2024; Processo nº 408842/2024-5). E apoio da bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ) do CNPq (Processo nº 309979/2026-9).

CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declararam não possuir conflitos de interesse.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

El-Husny CO, Garcez JCD, El-Husny Neto CR, DIAS EGR, MARTINS FILHO AJ, BRITO AC, LIMA KVB participaram da concepção e delineamento do estudo, análise e interpretação dos dados e redação do manuscrito. El-Husny CO e LIMA KVB contribuíram com revisão crítica relevante do conteúdo intelectual do manuscrito. Todos os autores aprovaram a versão final e declaram-se responsáveis por todos os aspectos do trabalho, incluindo a garantia de sua precisão e integridade.

REFERÊNCIAS

1 Zeitoune RCG, Dias JR, Nascimento FPB, Motta MCS, Sousa MHN, Cardoso MD, et al. Access to government social programs and the tuberculosis control program: a multicenter study. Rev Bras Enferm. 2022 Apr 22;75(Suppl 2):e20210454.

2 Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de HIV/Aids, Tuberculose, Hepatites Virais e Infecções Sexualmente Transmissíveis. Tuberculose 2024. Bol Epidemiol [Internet]. 2024 mar [citado 2024 out 30];n. esp:1-67. Disponível em: https://www.gov.br/aids/pt-br/central-de-conteudo/boletins-epidemiologicos/2024/boletim-epidemiologico-tuberculose-2024/view.

3 Antunes LB, Andrade RLP, Ribeiro RR, Monroe AA, Signor E, Bianchini ASMO, et al. Tuberculosis treatment during the COVID-19 pandemic: actions offered and case profile. Rev Gaúcha Enferm. 2024 Apr 22:45:e20230127.

4 Gorgônio YCA, Rocha MCPL, Oliveira RC, Marques LC, Moura SSLM, Silva TVC, et al. Tuberculose no Brasil: uma análise epidemiológica das internações durante a pandemia da COVID-19. Braz J Implantol Health Sci. 2024;6(4):1368-80.

5 Oliveira AP, Aguiar ES, Simões MC, Pontes AN. Dinâmica espacial e temporal das doenças tropicais negligenciadas no Arquipélago do Marajó, Amazônia-PA. Rev Epidemiol Control Infect. 2023;13(2).

6 Tosepu R, Sani A, Effendy DS, Ahmad LOA. The association between climate variables and tuberculosis in Kolaka District, Southeast Sulawesi Province, Indonesia, 2013–2020: a Bayesian autoregressive model. F1000Res. 2024 Jun 21:12:1507.

7 Paz LC, Saavedra CAPB, Braga JU, Kimura H, Evangelista MSN. Analysis of the seasonality of tuberculosis in Brazilian capitals and the Federal District from 2001 to 2019. Cad Saúde Pública. 2022 Jul 25;38(7):e00291321.

8 Tavares-Cohén GA, Simões-Castro AP, Andrade-Sales C, Mendonça-Cavalcante PA, Moreira-Sena MP, Brito-Alves BC, et al. Impact of climate change and social determinants on the spatial and epidemiological distribution of tuberculosis in the state of Pará: a perspective for COP 30. Braz J Biol. 2025 Apr 14:85:e293623.

9 Picanço L, Dutra RP, Saes MO. Temporal trend in the evaluation of adequate management for diagnosis and treatment of tuberculosis in primary health care in Brazil (2012-2018). Cad Saúde Pública. 2024 Mar 11;40(3):e00087723.

10 Wysocki AD, Ponce MAZ, Brunello MEF, Beraldo AA, Vendramini SHF, Scatena LM, et al. Primary Health Care and tuberculosis: services evaluation. Rev Bras Epidemiol. 2017 Jan-Mar;20(1):161-75.

11 Silva MT, Galvão TF. Tuberculosis incidence in Brazil: time series analysis between 2001 and 2021 and projection until 2030. Rev Bras Epidemiol. 2024 Jun 14:27:e240027.

12 Pinheiro RMA, Maciel AVA, Cardoso LRC, Moraes JVO, Martins JVS, Silva EO, et al. Epidemiological profile of tuberculosis in the elderly in Belém-PA between 2017-2021. Res Soc Dev. 2023;12(8):e13912838723.

13 Moraes AC, Rodrigues BLPRP, Santos ECS, Tillmann IIA, Silva JML, Abreu JS, et al. Perfil epidemiológico dos casos de tuberculose no estado do Pará no período de 2018 a 2022. Braz J Implantol Health Sci. 2023;5(5):3899-3911.

14 Valois AFB, Ferreira AFL, Batista EG, Rodrigues JLS, Monteiro MFS, Chaves MLS, et al. Epidemiological profile of tuberculosis cases in the municipality of Belem in the period between 2019 and 2021. Revistaft. 2023;27(126).

15 Amaral CCA, Silva DC, Soares ENV, Maia JNEA, Santos FS. Comparison of the epidemiological profile of tuberculosis before and after COVID-19 in the state of Pará. Rev Eletrônica Acervo Saúde. 2022;15(1).

16 Souza VC, Rios Júnior WO, Loiola MVB, Moreira YS, Melo ILP, Assis JO, et al. Análise epidemiológica dos casos de tuberculose em um município hiperendêmico no Nordeste brasileiro. Rev Eletrônica Acervo Saúde. 2021;13(4).

17 Lima IB, Nogueira LMV, Santos CB, Rodrigues ILA, Trindade LNM, André SR. Indicadores epidemiológicos e distribuição espaço-temporal da tuberculose em município endêmico. Rev Nursing. 2021 ago;24(279):6075-80.

18 Santos NA, Santos MR, Gongalves LVP. Epidemiological profile of tuberculosis in a Bahia micro-region (2008-2018). Rev Bras Saúde Funcional. 2020 abr;10(1):29-38.

19 Fortuna JL, Soares PAO. Tuberculosis epidemiological profile in Teixeira de Freitas municipality from 2001 to 2017. Braz J Hea Rev. 2020;3(3):7171-92.

20 Tavares CM, Cunha AMS, Gomes NMC, Lima ABA, Santos IMR, Acácio MS, et al. Trend and epidemiological characterization of tuberculosis in Alagoas from 2007 to 2016. Cad Saúde Colet. 2020 Mar;28(1):107-115.

21 Gil NL. A quantificação da qualidade: algumas considerações sobre os índices de reprovação escolar no Brasil. Sociologias. 2021 abr;23(56):184-209.

22 Latini IF, Rodrigues TF. Estudo do perfil epidemiológico da tuberculose na população idosa no estado de São Paulo entre os anos de 2018 – 2020. Arq Ciências Saúde UNIPAR. 2022 dez;26(3):725-35.

23 Massabni AC, Bonini EH. Tuberculose: história e evolução dos tratamentos da doença. Rev Bras Multidiscip. 2019 ago;22(2):6-34.

24 Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Doenças de Condições Crônicas e Infecções Sexualmente Transmissíveis. Tuberculose na atenção primária à saúde: protocolo de enfermagem [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2022 [citado 2025 ago 11]. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/tuberculose/tuberculose-na-atencao-primaria-a-saude-protocolo-de-enfermagem.pdf.

25 Santos FJ, Tenório JEOS, Portugal LG. The importance of performing sputum culture for the diagnosis of pulmonary tuberculosis in paucibacillary patients. Rev Bras Anál Clín. 2024;56(2):90-5.

26 Secretaria de Estado de Saúde Pública. Nota informativa nº 01/2025 – LACEN/DVS/SESPA. [citado 2025 ago 11]. Disponível em: https://www.saude.pa.gov.br/wp-content/uploads/2025/01/Nota-Informativa-no-01-2025-Fluxo-TB.pdf

27 Mendes MS, Oliveira ALS, Pimentel LMLM, Figueiredo TMRM, Schindler HC. Spatial analysis of tuberculosis in children under 15 years of age and socioeconomic risk: na ecological study in Paraíba, Brazil, 2007 – 2016. Epidemiol Serv Saude. 2021 Aug 4;30(3):e20201038.

28 Delpino FM, Arcêncio RA, Nunes BP. Determinantes sociais e mortalidade por tuberculose no Brasil: estudo de revisão. Rev Baiana Saúde Pública. 2021 mar;45(1):228-41.

29 Freitas WMTM, Santos CC, Silva MM, Rocha GA. Clinical and epidemiological profile of patients with tuberculosis cared at a municipal health center in Belém, Pará State, Brazil. Rev Pan-Amaz Saude. 2016 Jun;7(2):45-50.

30 Zhang CY, Zhang A. Climate and air pollution alter incidence of tuberculosis in Beijing, China. Ann Epidemiol. 2019 Sep:37:71-6.

31 Giacomet CL, Santos MS, Berra TZ, Alves YM, Alves LS, Costa FBP, et al. Temporal trend of tuberculosis incidence and its spatial distribution in Macapá – Amapá. Rev Saude Publica. 2021 Dec 1;55:96.

32 Dambrós AB, Zuge BL, Corcini LMCS, Schimith MD, Oliveira G, Wickert DC. Percepção dos profissionais de saúde sobre o tratamento diretamente observado. Rev Cient Enferm. 2023;13(41):604-13.

33 Junges JR, Burille A, Tedesco J. Directly Observed Therapy for treating tuberculosis: critical analysis of decentralization. Interface (Botucatu). 2020;24: e190160.

34 Távora MM, Rodrigues ILA, Nogueira LMV, Silva FO. Percepções de enfermeiros e doentes sobre a adesão ao tratamento diretamente observado em tuberculose. Cogitare Enferm. 2021;26:e69930.

35 Farias RC, Rodrigues ILA, Nogueira LMV, Silva FO, Conacci BJ, Santos CB. Indicadores operacionais do controle da tuberculose no município de Belém-Pará. Cogitare Enferm. 2020;25:e70880.

Recebido em / Received: 14/9/2025
Aceito em / Accepted: 3/11/2025

Editoria responsável: Eliane Brabo de Sousa

Este artigo compõe a Seção Temática "Saúde e Meio Ambiente na Pan-Amazônia: Ciência, Território e Resistência em tempos de crise climática" em alusão à 30ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 30).

Como citar este artigo / How to cite this article:

El-Husny CO, Garcez JCD, El-Husny Neto CR, Dias EGR, Martins Filho AJ, Brito AC, et al. Tuberculose em Belém: uma análise temporal integrada aos fatores clínicos, epidemiológicos, operacionais e climáticos. Rev Pan Amaz Saude. 2026;17:e202601816. Doi: https://doi.org/10.5123/S2176-6223202601816