



XXVIII ENFERMAIO

Repercussões das mudanças climáticas no mundo e sua influência na saúde

REALIZAÇÃO:



APOIO:



CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E MORTALIDADE POR DOENÇA DE CHAGAS EM FORTALEZA

Lara Lúcia Ventura Damasceno¹

Thiago Santos Garces²

Amanda Caboclo Flor³

Rosanna da Silva Fernandes Ribeiro⁴

Thereza Maria Magalhães Moreira⁵

Maria Lúcia Duarte Pereira⁶

TRABALHO PARA PRÊMIO: PÓS-GRADUAÇÃO - EIXO I: Impactos das repercussões climáticas e sua influência na saúde.

RESUMO

Introdução: o cenário epidemiológico da doença de Chagas é marcado pela persistência de casos crônicos cardíacos da doença. Nesse ínterim, as características climáticas podem influenciar significativamente na sintomática e mortalidade pela doença. **Objetivo:** analisar o padrão temporal e associação entre as características climáticas da cidade de Fortaleza e a mortalidade por doença de Chagas entre os anos de 2003 e 2023. **Método:** estudo ecológico, utilizando dados secundários e técnicas de análise temporal. Foram incluídos todos os óbitos por doença de Chagas em Fortaleza no período, e junto a base populacional, foi calculada a taxa de mortalidade para cada ano. Para os dados climáticos, foi considerado: precipitação anual, umidade relativa do ar e temperatura média. Para as séries temporais, foi realizada análise por pontos de inflexão. Por fim, realizou-se regressão linear univariada para verificar associações. **Resultados e Discussão:** verificou-se crescimento da temperatura, enquanto a umidade do ar mostrou queda. A mortalidade e a precipitação seguiram padrões estacionários. A regressão linear evidenciou que a mortalidade é inversamente proporcional à umidade relativa do ar e diretamente proporcional à precipitação. **Conclusão:** as condições climáticas podem afetar a mortalidade por doença de Chagas, ao passo que atuam como gatilhos para descompensação cardíaca, além de problemáticas no acesso à saúde.

Palavras-chave: Doença de chagas; mudanças climáticas; séries temporais.

INTRODUÇÃO

O estado do Ceará é considerado uma região endêmica para a doença de Chagas, especialmente nas áreas rurais, com transmissão historicamente associada à presença de

1. Mestre em Cuidados Clínicos em Enfermagem e Saúde; Universidade Estadual do Ceará.

2. Doutor em Cuidados Clínicos em Enfermagem e Saúde; Universidade Estadual do Ceará.

3. Mestre em Cuidados Clínicos em Enfermagem e Saúde; Universidade Estadual do Ceará.

4. Graduada em Enfermagem; Universidade Estadual do Ceará.

5. Pós-doutora em Psicologia Social; Universidade Estadual do Ceará.

6. Pós-doutora em Saúde Pública; Universidade Estadual do Ceará.

E-mail do autor: lara.lidia@aluno.uece.br

triatomíneos vetores do *Trypanosoma cruzi*, agente etiológico da doença. Estes são insetos hematófagos, da subfamília *Triatominae*, conhecidos popularmente como “Barbeiros” (Reis et al., 2020).

Nesse contexto, Fortaleza, a capital do estado, se destaca como um município de referência para o atendimento de casos de alta complexidade, concentrando serviços especializados para o diagnóstico, tratamento e acompanhamento de pacientes com formas agudas e crônicas da doença, a exemplo, o Hospital do Coração de Messejana. A centralização desses serviços na capital contribui para o manejo adequado da patologia e para a vigilância epidemiológica na região (Ceará, 2022).

Embora os esforços de controle tenham reduzido a transmissão vetorial domiciliar, a persistência de casos crônicos mantém a doença como um problema de saúde pública. Geralmente, esta se apresenta na forma cardíaca, modalidade mais grave e com elevada taxa de morbimortalidade, visualizada a partir de quadros de miocardiopatia dilatada e insuficiência cardíaca congestiva, ambas potencialmente fatais (França et al., 2024).

Nesse ínterim, as características climáticas podem influenciar significativamente a dinâmica de transmissão e comportamento dos vetores da doença de Chagas, influenciando na taxa de reprodução e metabolismo do parasita. Alterações de temperatura e umidade, por exemplo, podem favorecer a proliferação de triatomíneos em ambientes domiciliares (Pereira et al., 2023). Para além disso, variações e/ou extremos climáticos podem impactar significativamente o acesso ao cuidado em saúde e agravar os sintomas cardíacos da doença de Chagas, sobrecarregando o sistema de saúde e aumentando a vulnerabilidade dos pacientes crônicos, podendo levar a desfechos desfavoráveis como o óbito (Graves, 2019).

Desta feita, torna-se essencial a compreensão das relações entre características climáticas e doença de Chagas, a fim de mensurar o impacto destas no cenário epidemiológico da cidade de Fortaleza. Esta concepção, pode ainda, favorecer a identificação de períodos de maior risco para a mortalidade, o que auxilia na implementação de estratégias direcionadas, eficazes e oportunas (Queiroz, 2020).

O objetivo do estudo é analisar o padrão temporal e associação entre as características climáticas (precipitação, umidade relativa e temperatura média) e a mortalidade por doença de Chagas da cidade de Fortaleza entre os anos de 2003 e 2023.

MÉTODO

Estudo ecológico, de séries temporais, utilizando dados secundários do Sistema de Informação de Mortalidade (SIM), vinculado ao Departamento de Informação e Informática

do SUS (DataSUS), junto a dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para este estudo, foi considerada como área geográfica de interesse a cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará, localizada no Nordeste brasileiro.

Em vista disso, foram considerados todos os registros de óbitos notificados no SIM na cidade de Fortaleza, entre janeiro de 2003 e dezembro de 2023 (período disponível na base de dados), tendo como causa base e/ou associada o código B57 da Classificação Internacional de Doenças (CID-10). Para o cálculo da taxa de mortalidade, tomou-se por base o número de óbitos por doença de Chagas por ano em Fortaleza em cada ano, dividido pelo denominador da população residente na cidade no mesmo ano, multiplicado pelo coeficiente de 100.000 habitantes.

No que tange aos dados climáticos, o INMET fornece um panorama geral do clima das capitais brasileiras. Para este estudo, foram consideradas as seguintes variáveis: precipitação anual (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C). A escolha foi influenciada, entre outros fatores, pela completude dos dados, além de considerar que estão relacionados diretamente ao ciclo de vida, a taxa de reprodução e a atividade dos triatomíneos, vetores da doença.

Para condução das séries temporais, os dados foram exportados para o *software Joinpoint Regression Program*, a fim de identificar os pontos de inflexão do período (ano em que a tendência da reta sofre mudança), além de calcular a Variação Percentual Anual (*Annual Percentage Change – APC*), a Variação Percentual Anual Média (*Average Annual Percentage Change – AAPC*) e intervalos de confiança de 95% (IC 95%). Para tanto, o ano foi definido como variável independente, enquanto as variáveis independentes são as taxas de mortalidade e variáveis climáticas para cada ano. Os valores de APC e AAPC negativos ou positivos com significância estatística (p-valor < 0,05) indicam séries temporais de padrão decrescente e crescente, respectivamente. Quando não há significância estatística, a série é considerada estacionária (Division of Cancer Control e Population Sciences, 2022).

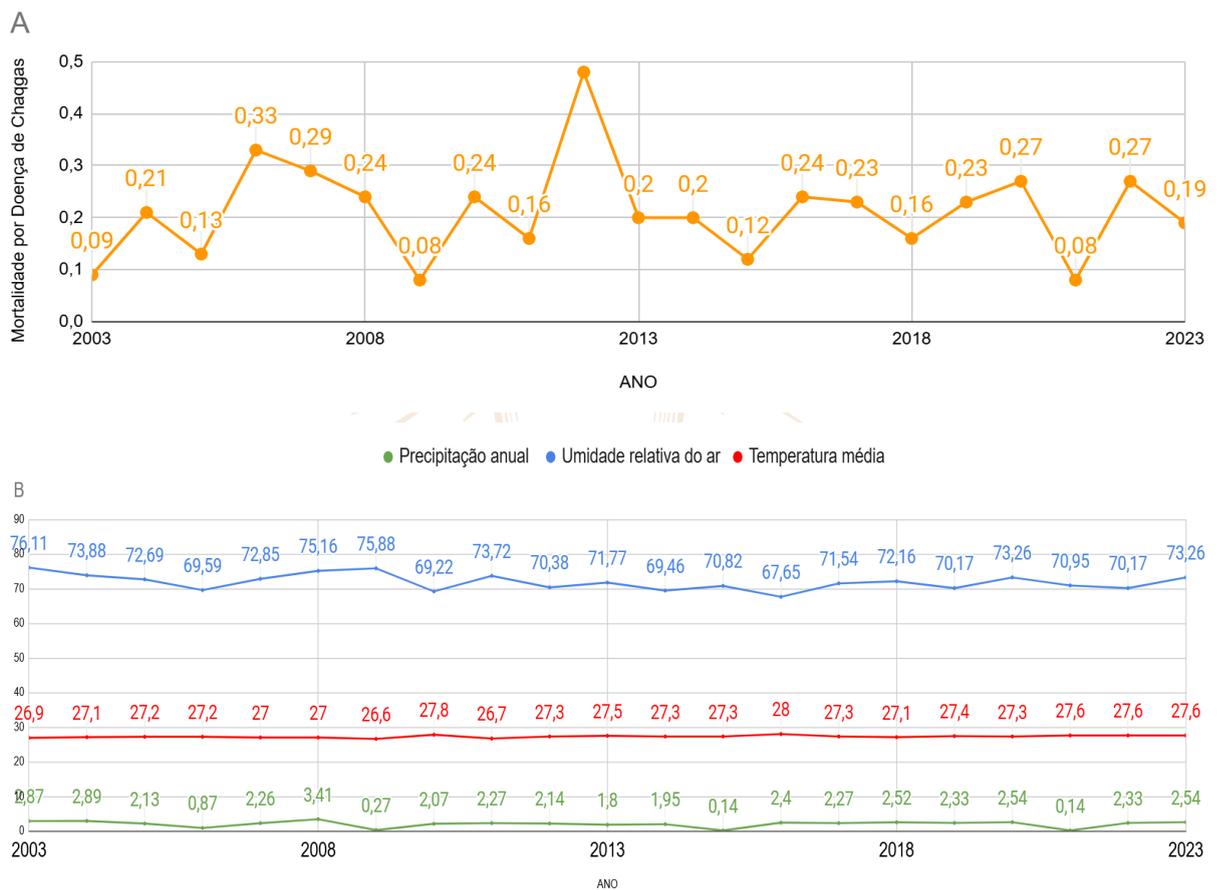
Ademais, a fim de testar a relação de cada um dos fatores climáticos na taxa de mortalidade por doença de Chagas em Fortaleza, realizou-se regressão linear simples, no software Jamovi. A regressão linear simples é modelada como: $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$. Onde: Y é a variável dependente (mortalidade por doença de Chagas); X é a variável independente (o preditor, ou seja, as mudanças climáticas); β_0 é o intercepto; β_1 é o coeficiente da regressão (o quanto Y muda para cada unidade de X); ϵ é o erro aleatório. O teste t, nesse sentido, é usado para verificar se um coeficiente da regressão (β_1) é estatisticamente diferente de zero.

Se o p-valor < 0,05 (nível de significância comum), o coeficiente é estatisticamente significativo, ou seja, há evidência de que X influencia Y.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 2003 a 2023, na cidade de Fortaleza, foram notificados 111 óbitos por doença de Chagas, equivalente a taxa de mortalidade de 0,20 óbitos/100 mil habitantes. Além disso, a cidade registrou precipitação anual média de 2 mm, umidade relativa do ar de 71,9% e temperatura média de 27,3 °C. A seguir, a Figura 1 dispõe dos gráficos das séries temporais.

Figura 1 - Série temporal da Mortalidade por Doença de Chagas e características climáticas de Fortaleza, de 2003 a 2023. Fortaleza, CE, Brasil, 2025



Nesse íterim, a análise por pontos de inflexão revelou padrões de crescimento da temperatura de Fortaleza em 0,10% ao ano, enquanto a umidade relativa do ar exibiu tendência de queda de 0,19% anual. O restante das variáveis, mortalidade por doença de Chagas e precipitação, possuem padrões estacionários no período.

Tabela 1. Variação percentual anual da mortalidade por Doença de Chagas e características climáticas da cidade de Fortaleza, de 2003 a 2023. Fortaleza, CE, Brasil, 2025

Variável	AAPC (IC95%)	p-valor	Tendência
Mortalidade por Doença de Chagas	0,17 (-2,60; 2,88)	0,919	Estacionária
Precipitação (mm)	-2,10 (-7,55; 3,36)	0,459	Estacionária
Umidade relativa do ar (%)	-0,19 (-0,42; 0,02)	0,052	Decrescente
Temperatura (°C)	0,10 (0,04; 0,16)	< 0,00001	Crescente

APC: Variação percentual anual; IC95%: Intervalo de Confiança de 95%.

Ao relacionar a mortalidade por doença de Chagas a variáveis climáticas, os fatores precipitação e umidade relativa do ar demonstraram associação estatisticamente significativa ($p\text{-valor} < 0,05$), destacando a contribuição dessas variáveis no desfecho em questão na cidade de Fortaleza (Tabela 2).

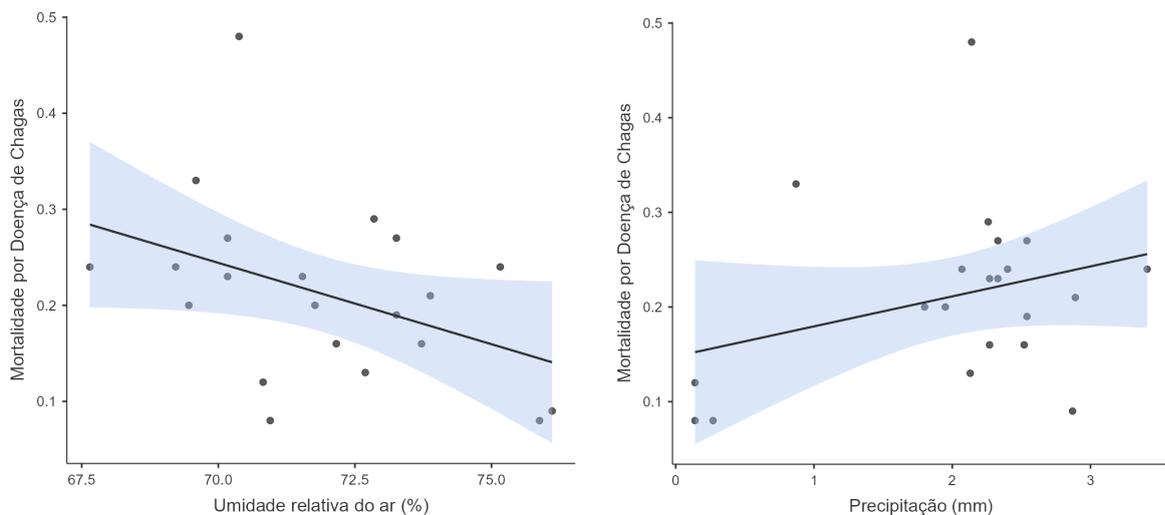
Tabela 2. Modelo de Regressão Linear da mortalidade por doença de Chagas em Fortaleza e fatores climáticos relacionados, de 2003 a 2023. Fortaleza, CE, Brasil, 2025

Preditor	Estimativas	Erro-padrão	t	p-valor
Intercepto	5,56	3,04	1,82	0,086
Precipitação (mm)	0,05	0,02	2,43	0,026
Umidade relativa do ar (%)	-0,03	0,01	-2,65	0,017
Temperatura (°C)	-0,11	0,08	-1,32	0,204

t: valor t do teste de hipóteses.

Os gráficos de dispersão a seguir (Figura 2), demonstram a associação das variáveis que demonstraram p-valor estatisticamente significativo, evidenciando que a mortalidade por doença de Chagas é inversamente proporcional a umidade relativa do ar e diretamente proporcional à precipitação na cidade de Fortaleza.

Figura 2. Gráfico de dispersão do Modelo de Regressão Linear da mortalidade por doença de Chagas em Fortaleza e fatores climáticos relacionados, de 2003 a 2023. Fortaleza, CE, Brasil, 2025



Desta feita, os resultados sugerem que as condições climáticas podem afetar a mortalidade por doença de Chagas, ao passo que atuam como gatilhos para descompensação cardíaca, principal causa de óbito pela doença. Nesse ínterim, altos índices de umidade podem dificultar a termorregulação, levando à sobrecarga cardiovascular e aumentando a retenção de líquidos, o que piora os sintomas da insuficiência cardíaca chagásica. Outrossim, a tendência de ascensão das temperaturas leva ao calor excessivo, que por sua vez, aumenta a transpiração, resultando em desidratação e perda de eletrólitos, ao mesmo tempo que altas temperaturas provocam vasodilatação periférica, o que pode levar à queda da pressão arterial e sobrecarga do sistema cardiovascular. Este cenário é particularmente preocupante em pacientes com cardiomiopatia chagásica, já que têm maior predisposição a arritmias fatais (Forsyth et al., 2024; Yu et al., 2025).

Ao mesmo tempo, chuvas intensas e enchentes constituem um desafio adicional, dificultando o acesso a serviços de saúde. Elevados níveis de precipitação estão diretamente relacionados à ocorrência de enchentes, que não apenas prejudicam o deslocamento de pacientes para unidades de atendimento, mas também comprometem a infraestrutura sanitária das regiões afetadas. Esse problema é particularmente evidente em cidades como Fortaleza, que possuem um histórico de deficiências no sistema de drenagem e saneamento, agravadas pelo acúmulo de lixo e ocupações irregulares em áreas de risco. Em comunidades vulneráveis, esse isolamento geográfico pode resultar no diagnóstico tardio da doença e na interrupção do tratamento contínuo, contribuindo para a progressão da cardiopatia chagásica e aumentando a morbimortalidade associada à enfermidade (Green et al., 2024).

Diante desse panorama, torna-se essencial o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a mitigação dos efeitos climáticos sobre a saúde cardiovascular dos

pacientes com doença de Chagas. Medidas como o fortalecimento da atenção primária, investimentos em infraestrutura sanitária e estratégias de monitoramento climático podem desempenhar um papel fundamental na redução dos impactos das mudanças ambientais sobre essa população vulnerável.

Uma das principais limitações deste estudo reside na ausência de dados completos sobre variáveis climáticas e registros de mortalidade, o que pode impactar a precisão das análises realizadas. O *missing* de informações em bancos de dados meteorológicos pode comprometer a avaliação da real influência das variações climáticas sobre a progressão da doença de Chagas e outros desfechos clínicos. Dessa forma, há a necessidade de aprimoramento na coleta e integração dessas bases de dados para melhor embasar futuras investigações.

Diante das limitações encontradas, futuros estudos devem buscar aprimorar estas associações, com ênfase em dados populacionais individuados, além de investigações longitudinais que podem fornecer evidências robustas para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação.

CONCLUSÃO

A análise por pontos de inflexão revelou padrões de crescimento da temperatura, enquanto a umidade relativa do ar exibiu tendência de queda. Nesse sentido, a mortalidade por doença de Chagas demonstra associação inversamente proporcional a umidade relativa do ar e diretamente proporcional à precipitação na cidade de Fortaleza.

Ademais, a relação entre as mudanças climáticas e a doença de Chagas evidencia a necessidade de medidas preventivas e adaptativas para garantir o acesso aos cuidados em saúde e minimizar os impactos dos extremos climáticos na evolução da doença. Investimentos em infraestrutura, monitoramento epidemiológico e estratégias de atenção primária são essenciais para mitigar os desafios impostos pelas variações climáticas, protegendo a saúde dos indivíduos afetados pela doença de Chagas e outras enfermidades relacionadas ao clima.

REFERÊNCIAS

FORSYTH, C. et al. Climate change and Trypanosoma cruzi transmission in North and central America. **Lancet Microbe**, v. 5, n. 10, 2024.

FRANÇA, Elisabeth Barboza et al. Chagas disease deaths detected among garbage codes registered in mortality statistics in Brazil: a study from the burden of chagas disease in the contemporary world (RAISE) Project. **Public Health**, v. 227, 2024.

GRAVES, B. N. Climate Change And Chagas Disease In The Americas: A Qualitative Systematic Review. **Dissertations & Theses**, v. 87, 2019.

GREEN, L. et al. Determining the Public Health Impact of Climate Change: A National Study Using a Health Impact Assessment Approach in Wales. **Int J Public Health**, v. 69, 2024.

PEREIRA, A.G.C et al. Influência das condições climáticas nos casos de doença de chagas aguda em Belém. **REUMAM**, V. 8, N. 2, 2023, ISSN online 2595-9239.

REIS, L. M. S. et al. Ocorrência de triatomíneos no Estado do Ceará, Brasil. **Rev Inst Adolfo Lutz.**, v. 79, n. 1, 2020.

QUEIROZ, T. C. C et al. Relação das mudanças climáticas com o aumento da incidência de doenças tropicais. **Saúde Em Foco: Temas Contemporâneos**, v. 3, 2020.

YU, X. et al. Nonlinear Relation Between Cardiac Mortality and Excess Temperature in Heatwaves: Exposure Response in 2.39 Million Patients. **J Am Coll Cardiol**, 2025.

