
ARTIGO ORIGINAL

TENDÊNCIA TEMPORAL E IMPACTO DA PANDEMIA DE COVID-19 NA MORTALIDADE POR PNEUMONIA E INFLUENZA EM CRIANÇAS MENORES DE CINCO ANOS NO BRASIL (2010–2024): ANÁLISE DE SÉRIE TEMPORAL INTERROMPIDA COM REGRESSÃO OLS E ERROS PADRÃO CORRIGIDOS POR NEWEY-WEST**TEMPORAL TREND AND IMPACT OF THE COVID-19 PANDEMIC ON PNEUMONIA AND INFLUENZA MORTALITY IN CHILDREN UNDER FIVE YEARS IN BRAZIL (2010–2024): INTERRUPTED TIME SERIES ANALYSIS WITH OLS REGRESSION AND NEWEY-WEST CORRECTED STANDARD ERRORS**Tiago Neves Veras¹DOI: <https://doi.org/10.63845/1gt1fn40>**RESUMO**

Introdução: A mortalidade por pneumonia e influenza em menores de cinco anos representa indicador sensível da qualidade dos cuidados primários de saúde infantil. A pandemia de COVID-19 introduziu ruptura estrutural abrupta nessa série histórica, tornando essencial a caracterização do impacto pandêmico e da trajetória de recuperação pós-pandêmica. **Objetivo:** Analisar a tendência temporal da mortalidade por pneumonia e influenza (CID-10: J10–J18) em crianças de 0 a 4 anos no Brasil entre 2010 e 2024, por macrorregião geográfica, e avaliar o impacto da pandemia de COVID-19 por meio de análise de série temporal interrompida (ITS) com corte em 2020. **Métodos:** Estudo ecológico de série temporal com dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM/DATASUS). Regressão log-linear com correção de autocorrelação (HAC-SE, lag-1) para estimativa da variação percentual anual (VPA). ITS com modelo segmentado [$y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot D_t + \beta_3 \cdot (t - T_0) \cdot D_t + \varepsilon_t$] e construção de curva contrafactual para estimativa do déficit/excesso de óbitos em 2020–2024. **Resultados:** Foram registrados 25.131 óbitos entre 2010 e 2024 (média: 1.675/ano). A tendência pré-COVID (2010–2019) foi de declínio significativo e sustentado: VPA = $-3,23\%/ano$ (IC95%: $-4,91$ a $-1,53$; $p = 0,003$) no Brasil total, com significância em cinco das seis macrorregiões. Em 2020, os óbitos caíram 47,3% abaixo da tendência esperada (déficit de -717 óbitos; total 2020–2021: -1.285 óbitos). A ITS identificou mudança de slope pós-2020 significativa [$b_3 = +284,8/ano$; $p = 0,008$], com excesso de $+985$ óbitos acima da tendência em 2022–2024. **Conclusão:** A mortalidade por pneumonia e influenza em menores de cinco anos apresentava queda estrutural robusta antes da pandemia, interrompida abruptamente em 2020 pelo efeito protetor das medidas de distanciamento social. A recuperação pós-pandêmica produziu excesso de óbitos acima da tendência esperada em 2022–2024, sinalizando efeito rebote com acúmulo de susceptíveis e possível deterioração da cobertura vacinal contra pneumococo e influenza durante a pandemia.

¹ Médico Pneumologista Pediátrico. Especialista em Provas de Função Pulmonar. Hospital Infantil Jeser Amarante Faria — Joinville, SC, Brasil. Correspondência: tnevas@hotmail.com

Descritores: pneumonia; influenza; mortalidade infantil; série temporal; COVID-19; epidemiologia; Brasil.

ABSTRACT

Introduction: Pneumonia and influenza mortality in children under five years is a sensitive indicator of primary healthcare quality. The COVID-19 pandemic introduced an abrupt structural break in this historical series, making it essential to characterize the pandemic impact and post-pandemic recovery trajectory. **Objective:** To analyze the temporal trend of pneumonia and influenza mortality (ICD-10: J10–J18) in children aged 0–4 years in Brazil from 2010 to 2024, by geographic macroregion, and to evaluate the impact of the COVID-19 pandemic through interrupted time series (ITS) analysis with a 2020 cutpoint. **Methods:** Ecological time series study using Mortality Information System (SIM/DATASUS) data. Log-linear regression with autocorrelation correction (HAC-SE, lag-1) to estimate annual percent change (APC). ITS with a segmented model and counterfactual curve construction to estimate the deficit/excess deaths in 2020–2024. **Results:** A total of 25,131 deaths were recorded from 2010 to 2024 (mean: 1,675/year). The pre-COVID trend (2010–2019) showed significant sustained decline: $APC = -3.23\%/year$ (95%CI: -4.91 to -1.53 ; $p = 0.003$), significant in five of six macroregions. In 2020, deaths fell 47.3% below the expected trend (deficit of -717 deaths; total 2020–2021: $-1,285$ deaths). ITS identified significant post-2020 slope change [$b_3 = +284.8/year$; $p = 0.008$], with an excess of $+985$ deaths above trend in 2022–2024. **Conclusion:** Pneumonia and influenza mortality in children under five was following a robust structural decline before the pandemic, abruptly halted in 2020 by the protective effect of social distancing measures. The post-pandemic recovery produced an excess of deaths above the expected trend in 2022–2024, signaling a rebound effect with susceptible accumulation and possible deterioration of pneumococcal and influenza vaccination coverage during the pandemic.

Keywords: Pneumonia; Influenza; Infant Mortality; Time Series; COVID-19; Epidemiology; Brazil.

INTRODUÇÃO

A mortalidade por pneumonia e influenza em crianças menores de cinco anos constitui indicador clássico da qualidade da atenção primária à saúde infantil, da cobertura vacinal e do acesso oportuno aos serviços de saúde. Globalmente, as pneumonias permanecem como a principal causa infecciosa de morte em crianças nessa faixa etária, respondendo por aproximadamente 14% das mortes em menores de cinco anos no mundo.¹ No Brasil, a progressiva redução dessas mortes nas últimas décadas reflete avanços estruturais no Sistema Único de Saúde (SUS): expansão do Programa Nacional de Imunizações com as vacinas antipneumocócica conjugada (PCV10/PCV13) e influenza, consolidação da Estratégia de Saúde da Família (ESF) e redução da desnutrição infantil.^{2,3}

A pandemia de COVID-19, declarada pela Organização Mundial da Saúde em março de 2020, introduziu ruptura epidemiológica sem precedentes na epidemiologia das doenças respiratórias infantis. As medidas de distanciamento social, o fechamento de escolas, creches e ambientes coletivos, e a redução da circulação de vírus respiratórios resultaram em queda acentuada e paradoxal das internações e óbitos por pneumonia e influenza em crianças em 2020 e 2021, fenômeno documentado em múltiplos países.^{4,5} Concomitantemente, o período pandêmico foi marcado pela interrupção ou redução da cobertura vacinal infantil em todo o Brasil, com queda histórica das coberturas do calendário nacional.⁶

A análise de série temporal interrompida (ITS) com modelo segmentado de regressão OLS e erros padrão corrigidos para autocorrelação (HAC-SE) constitui abordagem robusta para avaliação do impacto de intervenções populacionais em séries de mortalidade, permitindo a separação da tendência pré-intervenção do efeito causal estimado após o ponto de ruptura.^{7,8} No contexto pós-pandêmico, a reconstrução da trajetória histórica e a identificação do efeito rebote — excesso de óbitos acima da tendência esperada após o fim das restrições — é crucial para orientar políticas de recuperação da imunização e fortalecimento da atenção primária.

O presente estudo analisa a tendência temporal da mortalidade por pneumonia e influenza em crianças de 0 a 4 anos no Brasil entre 2010 e 2024, estratificada por macrorregião geográfica, e avalia o impacto da pandemia de COVID-19 por meio de ITS com corte em 2020, construindo curva contrafactual que permite estimar os déficits de óbitos em 2020–2021 e o excesso pós-pandêmico em 2022–2024.

MÉTODOS

Delineamento e período

Estudo ecológico de série temporal com dados secundários de acesso público, conduzido em conformidade com o checklist STROBE para estudos observacionais. A unidade de análise é o Brasil (análise nacional) e suas cinco macrorregiões geográficas (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste), com observações anuais de 2010 a 2024 (15 pontos temporais). Os dados de 2024 são preliminares (última atualização do SIM: 02/12/2025) e são apresentados com cautela.

Fonte de dados

Os dados de óbitos foram extraídos do módulo *Estatísticas Vitais* do TABNET/DATASUS, com filtro para as categorias CID-10 J10 a J18 (influenza e pneumonias) como causa básica de óbito, nas faixas etárias menor de 1 ano e 1 a 4 anos, por ano de óbito e macrorregião de residência, para o período 2010–2024. A série de 2011 foi utilizada com cautela, pois neste ano coexistiram dois modelos de Declaração de Óbito, conforme nota técnica do CGIAE/SVSA.

Análise estatística

Tendência temporal. A tendência foi estimada por regressão log-linear OLS com erros padrão corrigidos para autocorrelação (HAC-SE, kernel de Bartlett, lag = 1), para a série completa (2010–2024) e para a série pré-COVID (2010–2019). A variação percentual anual (VPA) foi calculada como $VPA = [\exp(\beta_1) - 1] \times 100$, com IC95% via distribuição t com $n - 2$ graus de liberdade. A autocorrelação residual foi avaliada pelo coeficiente de Cochrane-Orcutt e pelo teste de Durbin-Watson.

Análise de série temporal interrompida. O efeito da pandemia de COVID-19 foi avaliado por ITS com modelo segmentado OLS, com ponto de corte em 2020 (T_0 , 11º ponto da série):

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot D_t + \beta_3 \cdot (t - T_0) \cdot D_t + \varepsilon_t$$

onde $D_t = 0$ para $t < T_0$ e $D_t = 1$ para $t \geq T_0$; β_2 representa a mudança imediata de nível em 2020 e β_3 a mudança de inclinação pós-pandemia. Os erros padrão foram estimados por HAC (Newey-West, lag-1). A curva contrafactual foi construída como $\beta_0 + \beta_1 \cdot t$ (tendência pré-2020 extrapolada), e o déficit/excesso anual como diferença entre o observado e o contrafactual.

Software. Python 3.11+ (*numpy*, *scipy*, *statsmodels*). Scripts disponíveis em repositório público (github.com/tneveras; licença MIT).

Aspectos éticos. Estudo com dados secundários agregados de domínio público, dispensado de apreciação pelo CEP/CONEP (Resolução CNS 510/2016).

RESULTADOS

Perfil descritivo

Entre 2010 e 2024, foram registrados 25.131 óbitos por pneumonia e influenza (CID-10: J10–J18) em crianças de 0 a 4 anos no Brasil, com média anual de 1.675 óbitos (DP: 381; mínimo: 798 em 2020; máximo: 2.137 em 2013). A Tabela 1 apresenta a distribuição cronológica por macrorregião.

A distribuição regional acumulada foi: Sudeste 32,2% ($n = 8.090$); Nordeste 30,5% ($n = 7.658$); Norte 22,9% ($n = 5.761$); Centro-Oeste 8,0% ($n = 2.004$); e Sul 6,4% ($n = 1.618$). A proporção Norte aumentou de 21% do total em 2010 para 27–30% durante a pandemia (2020–2021), refletindo menor proteção pelas medidas de distanciamento nessa macrorregião.

Tendência temporal — VPA

Na série pré-COVID (2010–2019), a tendência foi de declínio significativo e consistente na maioria das regiões: Brasil total VPA = $-3,23\%$ /ano (IC95%: $-4,91$ a $-1,53$; $p = 0,003$). Sudeste apresentou o declínio mais acentuado e significativo (VPA = $-3,44\%$; IC95%: $-4,88$ a $-1,98$; $p = 0,001$), seguido de Nordeste ($-3,58\%$; $p = 0,006$), Sul ($-3,27\%$; $p = 0,010$) e Centro-Oeste ($-4,86\%$; $p = 0,010$). O Norte foi a única macrorregião sem declínio estatisticamente significativo no período pré-pandêmico (VPA = $-1,88\%$; $p = 0,231$). A Tabela 2 apresenta os resultados completos da análise de tendência.

Análise de série temporal interrompida — impacto da pandemia

A ITS com corte em 2020 evidenciou mudança imediata de nível não significativa ($b_2 = -629,5$ óbitos; IC95% amplo; $p = 0,500$), porém mudança de slope pós-pandêmica significativa e positiva ($b_3 = +284,8$ óbitos/ano; $p = 0,008$), indicando que a inclinação da série inverteu para positiva após 2020. A Tabela 3 apresenta a análise contrafactual ano a ano. A Tabela 4 apresenta os coeficientes da ITS por macrorregião. A não significância de b_2 reflete o poder limitado para estimar mudanças abruptas de nível com apenas cinco pontos pós-corte e a variância residual observada na série, mais do que a ausência do fenômeno em si — limitação inerente ao delineamento que é discutida na seção correspondente.

A análise contrafactual revelou padrão bifásico: déficit acumulado de -1.285 óbitos em 2020–2021 ($-43,3\%$ abaixo da tendência esperada), representando as mortes evitadas pelas medidas de

distanciamento social e pela cocirculação reduzida de vírus respiratórios; seguido de excesso acumulado de +985 óbitos em 2022–2024 (+24,6% acima da tendência esperada), compatível com efeito rebote por acúmulo de susceptíveis e possível deterioração das coberturas vacinais durante o período pandêmico. O saldo líquido dos cinco anos foi de –300 óbitos abaixo da tendência.

Na análise regional da ITS, a mudança de slope pós-2020 (b_3) foi significativa em quatro das cinco macrorregiões: Norte (+52,2/ano; $p = 0,040$), Sudeste (+105,9/ano; $p = 0,002$), Sul (+26,7/ano; $p = 0,000$) e Centro-Oeste (+27,9/ano; $p = 0,015$). O Nordeste foi a única região com b_3 limítrofe não significativo (+72,0/ano; $p = 0,051$), sugerindo recuperação pós-pandêmica mais gradual nessa macrorregião. A adequação da correção de autocorrelação foi verificada pelo teste de Durbin-Watson aplicado aos resíduos do modelo ITS em cada macrorregião: Norte (DW = 1,971), Nordeste (DW = 2,197), Sudeste (DW = 1,856), Sul (DW = 1,960) e Centro-Oeste (DW = 2,091); todos os valores indicam ausência de autocorrelação residual após o ajuste do modelo segmentado (zona aceitável: DW $\in [1,5; 2,5]$).

DISCUSSÃO

Este estudo documenta, com metodologia de série temporal interrompida de abrangência nacional, o padrão trifásico da mortalidade por pneumonia e influenza em crianças menores de cinco anos no Brasil entre 2010 e 2024: declínio estrutural pré-pandêmico significativo, colapso paradoxal durante a pandemia de COVID-19 e excesso pós-pandêmico acima da tendência esperada. Cada fase tem determinantes distintos e implicações específicas para a política de saúde pediátrica.

O declínio pré-pandêmico de –3,23%/ano no Brasil total (2010–2019) é consistente com a trajetória de redução das mortes por pneumonia registrada em países de renda média-alta nas últimas décadas, associada principalmente à expansão da vacinação antipneumocócica conjugada, à melhora da cobertura da atenção primária e à redução da desnutrição infantil.^{2,3,9} A ausência de declínio significativo no Norte (VPA = –1,88%; $p = 0,231$) evidencia a persistência de iniquidades regionais no acesso à atenção primária e nas coberturas vacinais que antecedem a pandemia e que merecem atenção prioritária das políticas de saúde da criança.

O colapso de 2020 — com déficit de –717 óbitos (–47,3% abaixo do esperado) — e a manutenção de valores deprimidos em 2021 (déficit de –568 óbitos) refletem o efeito protetor involuntário das medidas de contenção da COVID-19 sobre a transmissão de outros vírus respiratórios, fenômeno denominado *viral interference* ou supressão pandêmica. Esse mecanismo, documentado globalmente para vírus sincicial respiratório (VSR), influenza e outros patógenos respiratórios,^{4,5} explica por que 2020 e 2021 registraram os menores valores históricos da série, inclusive menores que o nadir pré-pandêmico (2017: 1.490 óbitos). A mudança imediata de nível ($b_2 = -629,5$; $p = 0,500$) não foi significativa no modelo ITS, o que reflete a natureza gradual do início das restrições e a heterogeneidade

regional de sua implementação — o evento de 2020 não foi um salto abrupto, mas uma queda progressiva ao longo do ano.

O excesso pós-pandêmico de +985 óbitos em 2022–2024 (+24,6% acima da tendência esperada), com slope significativamente positivo ($b_3 = +284,8/\text{ano}$; $p = 0,008$), é o achado de maior relevância para a política de saúde. Esse padrão — denominado efeito rebote ou *debt of immunity* na literatura — resulta do acúmulo de crianças não expostas a vírus respiratórios durante os anos de supressão pandêmica, que retornam ao contato com esses patógenos após a reabertura, com menor imunidade de memória adquirida.^{4,10} A deterioração das coberturas vacinais contra pneumococo e influenza durante 2020–2021, documentada no Brasil,⁶ pode ter amplificado esse efeito ao reduzir a proteção específica justo no período em que a pressão infecciosa voltava a aumentar.

Além do acúmulo de susceptíveis e da deterioração vacinal, a literatura recente de 2022 a 2024 documenta um terceiro mecanismo com relevância direta para a interpretação dos achados: a reprogramação epigenética da imunidade inata induzida pelo SARS-CoV-2. Estudos demonstraram que a infecção grave pelo SARS-CoV-2 induz alterações epigenômicas persistentes em células progenitoras hematopoiéticas e monócitos, configurando um fenótipo de trained immunity pró-inflamatória que pode perdurar meses após a resolução da infecção. A consequência clínica potencial é resposta inflamatória amplificada ante patógenos heterólogos subsequentes, predizendo não apenas maior incidência — já contemplada pelo immunity debt —, mas eventualmente maior gravidade por episódio. Em direção oposta, alguns autores descreveram que a infecção por SARS-CoV-2 também induz memória imune antiviral protetora em macrófagos alveolares residentes, com potencial de atenuar infecções subsequentes por influenza A. A coexistência dessas duas modalidades de reprogramação imune — uma sistêmica e pró-inflamatória, outra local e protetora — adiciona complexidade mecanicista que o modelo de acúmulo de susceptíveis não captura integralmente. Complementarmente, o estudo do consórcio RECOVER (Pediatrics, 2025) demonstrou risco aumentado de infecções respiratórias em crianças menores de cinco anos com infecção prévia por SARS-CoV-2; análises filogenéticas virais afastaram variante mais virulenta como explicação para o surto de VSR em 2022, reforçando que os determinantes eram do hospedeiro. Esses mecanismos imunológicos são diretamente pertinentes ao padrão de excesso observado em 2022–2024 e merecem investigação prospectiva em estudos com desfechos individuais.

As limitações deste estudo incluem as inerentes ao delineamento ecológico com dados secundários: impossibilidade de controlar confundidores individuais, possível variação na qualidade do preenchimento das Declarações de Óbito entre regiões e ao longo do tempo, e ausência de dados sobre cobertura vacinal por ano e região integrados à análise. A ITS com corte em 2020 e apenas quatro pontos pós-intervenção tem poder limitado para estimar b_2 (mudança de nível) com precisão, enquanto b_3 é mais estável por refletir a tendência de todos os pontos pós-corte. Os dados de 2024 são preliminares e devem ser reavaliados após consolidação. Três limitações adicionais merecem registro. Primeiro, as análises foram conduzidas com contagens absolutas de óbitos sem ajuste pelo denominador populacional; dado que a população de 0 a 4 anos no Brasil reduziu de 14,7 milhões em 2010 para 11,7

milhões em 2024 — reflexo da queda estrutural da fecundidade —, parte da redução observada de óbitos pode refletir simplesmente menor número de crianças expostas ao risco. A análise de sensibilidade com taxas por 100.000 crianças de 0 a 4 anos (projeções IBGE) revelou VPA pré-COVID de $-1,67\%/ano$ (IC95%: $-3,35; +0,04$; $p = 0,055$), comparado a $-3,23\%/ano$ nos óbitos absolutos; a diferença de 1,57 pontos percentuais quantifica o efeito demográfico, que não invalida as conclusões, mas recomenda cautela na magnitude do declínio estimado. O padrão bifásico da ITS de sensibilidade por taxas manteve-se integralmente ($b_3 = +2,18/100.000/ano$; $p = 0,041$). Segundo, as cinco macrorregiões foram testadas individualmente sem correção formal para comparações múltiplas. Aplicada a correção de Benjamini-Hochberg (FDR, $\alpha = 0,05$), todas as regiões com declínio significativo nos óbitos absolutos mantiveram a significância após correção, e o Norte permaneceu não significativo ($p = 0,231$), de modo que as conclusões qualitativas do artigo são robustas. Terceiro, a granularidade anual do SIM impede a localização do ponto de corte dentro de 2020; os primeiros meses do ano — de fato pré-pandemia — são tratados como pós-intervenção, subestimando potencialmente a magnitude da queda de b_2 .

As contribuições do estudo para a saúde pública são múltiplas. Do ponto de vista metodológico, oferece um exemplo aplicado de ITS com análise contrafactual para quantificação do impacto pandêmico em uma causa específica de mortalidade pediátrica, replicável para outras causas e faixas etárias. Do ponto de vista prático, os achados reforçam três agendas prioritárias: a recuperação urgente das coberturas vacinais antipneumocócica e influenza nas crianças menores de cinco anos, com atenção especial às macrorregiões Norte e Nordeste; o fortalecimento da vigilância epidemiológica de vírus respiratórios infantis no período pós-pandêmico; e o monitoramento prospectivo da mortalidade por pneumonia e influenza nos próximos anos como indicador da efetividade das ações de recuperação vacinal.

CONCLUSÃO

A mortalidade por pneumonia e influenza em crianças menores de cinco anos no Brasil apresentava tendência de declínio estrutural robusta antes da pandemia de COVID-19 (VPA = $-3,23\%/ano$; $p = 0,003$), com significância em cinco das seis macrorregiões. A pandemia produziu padrão bifásico: supressão profunda em 2020–2021 (déficit de -1.285 óbitos) seguida de excesso pós-pandêmico em 2022–2024 ($+985$ óbitos acima da tendência), com slope significativamente positivo na ITS ($b_3 = +284,8/ano$; $p = 0,008$). O efeito rebote pós-pandêmico reforça a necessidade de monitoramento sistemático dessa causa de mortalidade e de esforços prioritários de recuperação das coberturas vacinais infantis no SUS.

REFERÊNCIAS

1. GBD 2019 Lower Respiratory Infections Collaborators. **Age-sex differences in the global burden of lower respiratory infections and risk factors, 1990–2019: results from the Global Burden of Disease Study 2019.** *Lancet Infect Dis.* 2022;22(11):1626–47. doi: 10.1016/S1473-3099(22)00510-2.
2. Malta DC, Sardinha LMV, Moura L, Lansky S, Leal MC, Szwarcwald CL, et al. **Atualização da lista de causas de mortes evitáveis por intervenções do Sistema Único de Saúde do Brasil.** *Epidemiol Serv Saúde.* 2010;19(2):173–6.
3. Oliveira TFV, Costa MD, Rodrigues MS, Dias MAS, Oliveira SV, Neto OLM. **Tendência e características da mortalidade infantil por pneumonias no Brasil, 2000–2015.** *Rev Bras Epidemiol.* 2020;23:e200001. doi: 10.1590/1980-549720200001.
4. Kuitunen I, Artama M, Mäkelä L, Backman K, Heiskanen-Kosma T, Renko M. **Effect of social distancing due to the COVID-19 pandemic on the incidence of viral respiratory tract infections in children in Finland during early 2020.** *Pediatr Infect Dis J.* 2020;39(12):e423–7. doi: 10.1097/INF.0000000000002845.
5. Yeoh DK, Foley DA, Minney-Smith CA, Martin AC, Mace AO, Sikazwe CT, et al. **Impact of coronavirus disease 2019 public health measures on detections of influenza and respiratory syncytial virus in children during the 2020 Australian winter.** *Clin Infect Dis.* 2021;72(12):2199–202. doi: 10.1093/cid/ciaa1475.
6. Domingues CMAS, Maranhão AGK, Teixeira AM, Fantinato FFST, Domingues RAS. **O Programa Nacional de Imunizações e a pandemia de COVID-19: experiência brasileira.** *Epidemiol Serv Saúde.* 2021;30(esp1):e2020060. doi: 10.1590/S1679-49742021000400031.
7. Bernal JL, Cummins S, Gasparrini A. **Interrupted time series regression for the evaluation of public health interventions: a tutorial.** *Int J Epidemiol.* 2017;46(1):348–55. doi: 10.1093/ije/dyw098.
8. Bottomley C, Ooko M, Gasparrini A, Keogh RH. **In praise of Prais-Winsten: an evaluation of methods used to account for autocorrelation in interrupted time series.** *Stat Med.* 2023;42(8):1277–88. doi: 10.1002/sim.9669.
9. Roth GA, Abate D, Abate KH, Abay SM, Abbafati C, Abbasi N, et al. **Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017.** *Lancet.* 2018;392(10159):1736–88.
10. Foley DA, Yeoh DK, Minney-Smith CA, Martin AC, Mace AO, Sikazwe CT, et al. **The interseasonal resurgence of respiratory syncytial virus in Australian children following the reduction of coronavirus disease 2019-related public health measures.** *Clin Infect Dis.* 2021;73(9):e2829–30. doi: 10.1093/cid/ciab443.

TABELAS

Tabela 1. Óbitos por pneumonia e influenza (CID-10: J10–J18) em crianças de 0 a 4 anos por macrorregião geográfica, Brasil, 2010–2024.

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	C-Oeste	Total Brasil
2010	407	629	644	114	182	1.976
2011	420	723	676	145	156	2.120
2012	417	596	712	151	147	2.023
2013	522	648	670	124	173	2.137
2014	466	602	612	116	156	1.952
2015	359	511	544	104	145	1.663
2016	358	508	667	122	103	1.758
2017	344	434	513	96	103	1.490
2018	346	531	520	108	126	1.631
2019	434	540	506	102	126	1.708
2020	218	249	226	37	68	798
2021	263	251	252	53	68	887
2022	405	561	494	114	169	1.743
2023	458	491	551	110	151	1.761
2024*	344	384	503	122	131	1.484
Total	5.761	7.658	8.090	1.618	2.004	25.131

Fonte: SIM/CGIAE/SVSA/Ministério da Saúde. *Dados de 2024 preliminares.

Tabela 2. Variação percentual anual (VPA) da mortalidade por pneumonia e influenza (CID-10: J10–J18) em crianças de 0 a 4 anos, por macrorregião geográfica, Brasil — série pré-COVID (2010–2019) e série completa (2010–2024).

Região	VPA pré-COVID (%)	IC95% inf.	IC95% sup.	p-valor	Sig.	VPA completa (%)
Brasil — Total	–3,23	–4,91	–1,53	0,003	**	–3,54 *
Norte	–1,88	–5,14	+1,49	0,231	n.s.	–1,94 n.s.
Nordeste	–3,58	–5,74	–1,36	0,006	**	–4,32 *
Sudeste	–3,44	–4,88	–1,98	0,001	***	–4,22 *

Sul	-3,27	-5,46	-1,03	0,010	*	-3,36 n.s.
Centro-Oeste	-4,86	-8,06	-1,54	0,010	*	-2,85 n.s.

VPA: *variação percentual anual*; IC95%: *intervalo de confiança 95%*; HAC-SE: *erros padrão corrigidos por Newey-West (lag-1)*. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; n.s.: *não significativo*.

Tabela 3. Análise contrafactual da mortalidade por pneumonia e influenza (CID-10: J10–J18) em crianças de 0 a 4 anos no Brasil, 2020–2024.

Ano	Observado (n)	Esperado (contrafactual)	Déficit (n)	Déficit (%)	Interpretação
2020	798	1.515	-717	-47,3%	Colapso pandêmico
2021	887	1.455	-568	-39,0%	Persistência pandêmica
2022	1.743	1.395	+348	+25,0%	Recuperação — excesso vs tendência
2023	1.761	1.334	+427	+32,0%	Efeito rebote consolidado
2024*	1.484	1.274	+210	+16,5%	Normalização parcial (dados preliminares)
2020–2021	1.685	2.970	-1.285	-43,3%	Déficit acumulado pandêmico
2022–2024	4.988	4.003	+985	+24,6%	Excesso acumulado pós-pandêmico

*Contrafactual: projeção linear OLS da tendência pré-2020 sobre o período 2020–2024. Déficit/excesso = observado – contrafactual. *Dados de 2024 preliminares.*

Tabela 4. Coeficientes da análise de série temporal interrompida (ITS) para mortalidade por pneumonia e influenza (CID-10: J10–J18) em crianças de 0 a 4 anos, por macrorregião geográfica, Brasil — corte 2020.

Região	b1 (slope pré)	b2 (nível 2020)	p(b2)	b3 (slope pós)	p(b3)	DW
Brasil — Total	−60,2/ano	−629,5	0,500 n.s.	+284,8/ano	0,008 **	2,008
Norte	−7,5/ano	−117,8	0,633 n.s.	+52,2/ano	0,040 *	1,971
Nordeste	−21,0/ano	−171,5	0,615 n.s.	+72,0/ano	0,051 n.s.	2,197
Sudeste	−20,6/ano	−258,3	0,393 n.s.	+105,9/ano	0,002 **	1,856
Sul	−4,0/ano	−54,4	0,395 n.s.	+26,7/ano	0,000 ***	1,960
Centro-Oeste	−7,0/ano	−27,6	0,790 n.s.	+27,9/ano	0,015 *	2,091

*b1: slope pré-pandêmico (óbitos/ano); b2: mudança imediata de nível em 2020; b3: mudança de slope após 2020; p(b2), p(b3): valores-p com HAC-SE. *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001; n.s.: não significativo.*