

Vigilância Epidemiológica da coqueluche em Minas Gerais: tendências temporais e padrões espaciais (2014–2024)

Claúdio Luiz Ferreira Júnior¹  Wadson Souza da Silva²  Renata Di Pietro Carvalho³  Carolina Di Pietro Carvalho¹ 
Kesley Duarte de Jesus¹  Mariana Cristina Rocha Nunes¹  Cleya da Silva Santana Cruz¹ 

¹Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais, Superintendência Regional de Saúde de Diamantina. Diamantina/MG, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação Ensino em Saúde, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – PPGTO/UFVJM. Diamantina/MG, Brasil.

³Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Montes Claros/MG, Brasil.

E-mail: claudio.junior@saude.mg.gov.br

Resumo Gráfico

Highlights

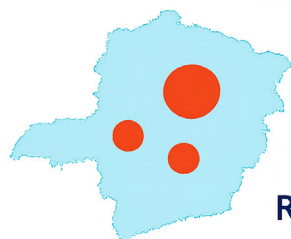
• Após queda entre 2015 e 2021, houve retomada acentuada dos casos de coqueluche a partir de 2022, com dois grandes clusters de alto risco em 2024.

• As macrorregiões Centro (6,47), Sul (3,86) e Triângulo do Norte (2,42) registraram as maiores incidências.

• A reemergência da doença pode estar associada à queda vacinal e a fatores socioeconômicos.

- Clusters de alto risco estão presentes tanto em macrorregiões ao Norte quanto ao Sul do estado.

Distribuição espaço-temporal da coqueluche em Minas Gerais (2014-2024)



Reemergência 2022-2024



Redução da
cobertura vacinal



2.161 casos –
1,95/100.000



Vigilância
georreferenciada

Macrorregiões
com maiores
incidências:

Centro
Sul
Triângulo do Norte

Clusters2024:


Norte
Noroeste
Jequitinhonha
Centro
Sul
Sudoeste
Centro-Sul

Resumo

A coqueluche é uma infecção aguda de transmissão respiratória e presente em todo o mundo, pode ser prevenida por imunização e representa um risco significativo para a saúde infantil. O presente estudo teve como objetivo analisar a distribuição espaço-temporal de coqueluche em Minas Gerais entre 2014 e 2024, identificando áreas de maior risco e a dinâmica temporal da doença. Estudo ecológico de base populacional utilizando dados secundários do Portal de Vigilância em Saúde de Minas Gerais. Foram aplicados Modelos Aditivos Generalizados (GAM) e estatística Scan para detecção de aglomerados espaço-temporais. Em Minas Gerais foram confirmados 2.161 casos de coqueluche, com incidência média de 1,95/100.000 habitantes, destacando-se maiores incidências nas macrorregiões Centro (6,47/100.000), Sul (3,86/100.000) e Triângulo do Norte (2,42/100.000). A análise gráfica utilizando GAM revelou queda no risco entre 2015 e 2021, seguida de ascensão a partir de 2022. Foram identificados *clusters* de alto risco em diferentes momentos, sobretudo em 2024, envolvendo macrorregiões Norte, Noroeste, Jequitinhonha, Centro, Oeste, Sul, Sudoeste, Centro-Sul. O estudo identificou padrão cíclico e heterogêneo da coqueluche em Minas Gerais, com recrudescimento após 2022 e *clusters* de alto risco em regiões vulneráveis. Os achados reforçam a necessidade de vigilância contínua e georreferenciada, com foco em áreas socioeconomicamente vulneráveis, a fim de prevenir a reemergência da doença e subsidiar políticas públicas eficazes.

Palavras-chave: Coqueluche. Análise Espaço-Temporal. Monitoramento Epidemiológico.

Editor de área: Edison Barbieri

Revisora: Adeli Regina Przybicien de Medeiros 

Mundo Saúde. 2025;49:e17772025

O Mundo da Saúde, São Paulo, SP, Brasil.

<https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br>

Recebido: 15 julho 2025.

Aprovado: 03 novembro 2025.

Publicado: 03 dezembro 2025.

INTRODUÇÃO

A coqueluche é uma infecção aguda causada pela bactéria *Bordetella pertussis*. Essa doença, de transmissão respiratória, presente em todo o mundo, é prevenível por imunização e representa risco significativo para a saúde infantil. Afeta principalmente o sistema respiratório, incluindo a traqueia e os brônquios, e manifesta-se por crises de tosse seca. Sua disseminação ocorre, sobretudo, pelo contato direto entre uma pessoa infectada e outra suscetível, por meio de gotículas liberadas ao tossir, falar ou espirrar¹.

Entre 1990 e 2019, observou-se declínio global das taxas de incidência e de mortalidade padronizadas por idade, mas regiões da África Subsaariana, América do Norte, Europa Ocidental e Austrália apresentaram trajetórias ascendentes². No Brasil, a ampliação das coberturas vacinais da tetravalente e da tríplice bacteriana reduziu a incidência de 10,6/100.000 habitantes em 1990 para 0,32/100.000 em 2010. Contudo, houve ressurgimento da doença entre 2011 e 2014 (pico de 4,2/100.000), seguido de queda gradual até 2018 (1,0/100.000)³.

Entre 2018 e 2021, os estados de São Paulo, Pernambuco, Paraná e Minas Gerais se destacaram com os maiores números de notificações de coqueluche. Dentre os casos confirmados nesse período, Pernambuco, São Paulo e Minas Gerais concentraram, respectivamente, 25%, 17% e 11% do total, com incidência nacional de 0,4 casos por 100.000 habitantes¹. No intervalo de 2019 a 2023, todas as 27 unidades federativas notificaram e confirmaram casos da doença, sendo Pernambuco o estado com o maior número de confirmações, seguido por Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Bahia evidenciando a circulação persistente do patógeno⁴.

Em julho de 2024, a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) emitiu um alerta para a Região das Américas devido ao aumento de casos de coqueluche na região, atribuído principalmente à

queda na cobertura vacinal durante a pandemia de COVID-19. Segundo a OPAS, desde 2012 observou-se um declínio anual no número de casos notificados, atingindo o menor registro em 2022. No entanto, verificou-se aumento significativo em 2024, com mais notificações no primeiro trimestre daquele ano do que em todo o ano de 2023⁵.

Ao mesmo tempo, o Ministério da Saúde informou sobre um surto de coqueluche na Bolívia, alertando para a importância de aumentar a sensibilidade na detecção de casos suspeitos e de fortalecer ações oportunas de prevenção e controle da doença em todos os estados brasileiros, especialmente naqueles que fazem fronteira com a Bolívia⁶.

Nesse contexto, a epidemiologia espacial descreve e analisa as variações geográficas das doenças em relação a fatores demográficos, ambientais, comportamentais, socioeconômicos, genéticos e infecciosos, com ênfase em mapear riscos, investigar correlações e detectar aglomerados. Avanços em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), métodos estatísticos e dados georreferenciados de alta resolução abriram oportunidades inéditas para explicar padrões locais⁷.

Em Minas Gerais, apesar do número de notificações entre 2018 e 2021, não foram localizados estudos que integrem análises espaciais e temporais da incidência de coqueluche. Considerando o cenário da coqueluche ao longo dos anos, fazem-se necessários estudos robustos que apontem a distribuição e a evolução do comportamento da doença, especialmente após oscilações nas coberturas vacinais e no contexto pós-pandêmico.

Assim, este estudo teve como objetivo analisar a distribuição espaço-temporal dos casos de coqueluche em Minas Gerais entre 2014 e 2024, a fim de identificar áreas de maior risco e compreender a dinâmica epidemiológica da doença no estado, utilizando Modelos Aditivos Generalizados e a varredura espaço-temporal.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo ecológico de base populacional, que analisou todos os casos anuais notificados e confirmados de coqueluche em Minas Gerais, segundo município de residência, entre 2014 e 2024. As unidades de análise foram os 853 municípios do estado e as suas 16 macrorregiões de Saúde, conforme a regionalização oficial da Secretaria de Estado da Saúde⁸.

Minas Gerais é uma das 27 unidades federati-

vas do Brasil, localizada na região Sudeste do país, com uma área de 586.513,983 km², ocupando o quarto lugar entre os maiores estados em extensão territorial e é o segundo estado mais populoso do país, com uma população estimada em 20,5 milhões, possuindo o maior número de municípios do país⁸.

Segundo a Secretaria Estadual de Saúde (SES), através do último Plano Diretor de Regionalização

(Minas Gerais, 2023), esses municípios estão agrupados em 16 Macrorregiões de saúde, conforme figura 1: Centro (101 municípios), Centro-Sul (51), Extremo-Sul (53), Jequitinhonha (31), Leste (51),

Leste Do Sul (53), Nordeste (57), Noroeste (33), Norte (86), Oeste (53), Sudeste (94), Sudoeste (51), Sul (50), Triângulo Do Norte (27), Triângulo Do Sul (27), Vale do Aço (35)⁸.

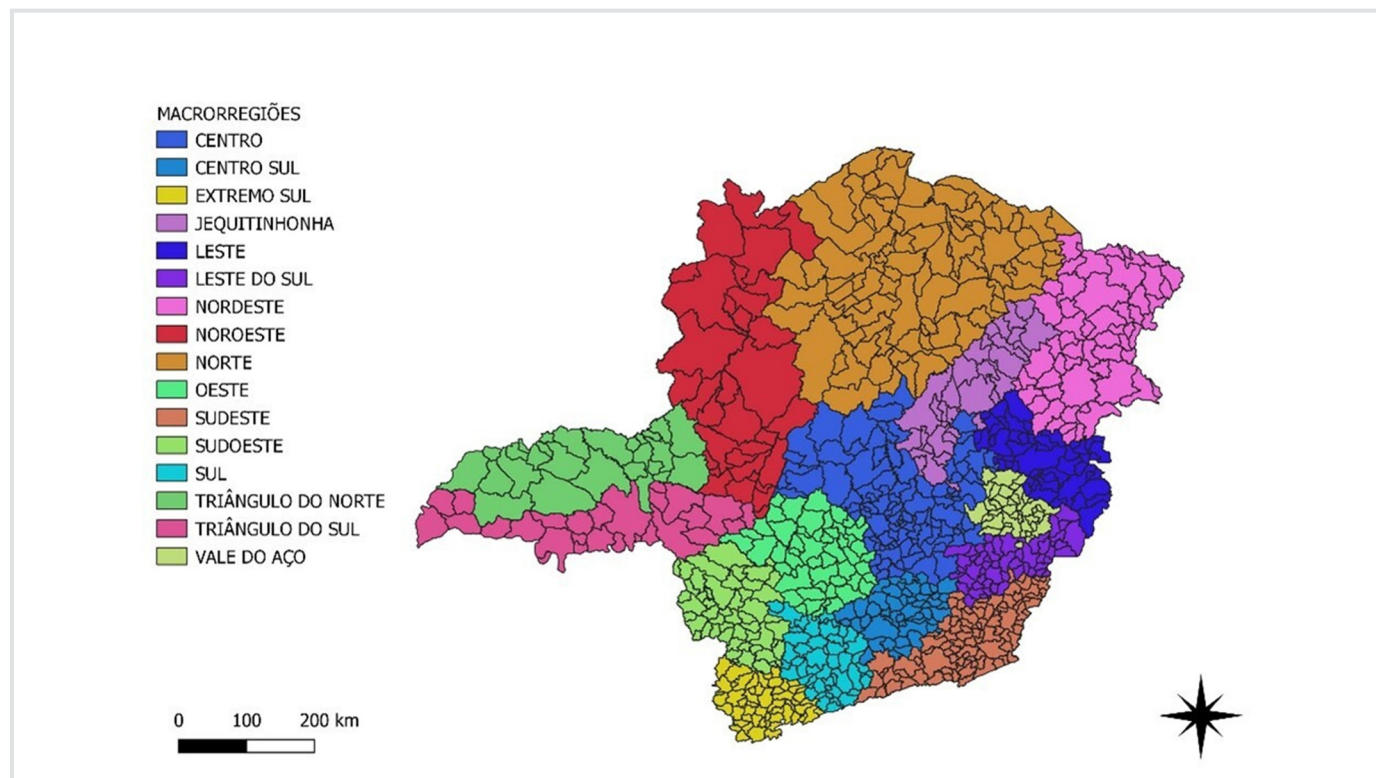


Figura 1 - Macrorregiões de Saúde de Minas Gerais.

Este estudo utilizou dados secundários, agregados por ano, sem identificação dos participantes e todas as informações apresentadas estão disponíveis em domínio público. Sendo assim, não foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa, por apresentar dispensa de apreciação, conforme Conselho Nacional de Saúde, Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016⁹.

Os dados foram extraídos do Portal da Vigilância em Saúde (TABNET/ Tecnologia DataSUS)¹⁰, da Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais. Como se trata de dados agregados e de domínio público, não houve recrutamento individual, perdas de seguimento ou pareamento. A população para cálculo da incidência utilizada provém do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) Censo 2010¹¹ para os casos até 2021, e 2022¹² para os casos até 2024.

Para a construção dos mapas temáticos, foram utilizados como base cartográfica a malha digital do estado de Minas Gerais e seus 853 municípios, disponibilizada pelo IBGE¹³.

Foram extraídos dados referentes ao número de casos confirmados de coqueluche por município de

residência, segundo macrorregião de saúde, e ano de notificação. E em seguida calculou-se a taxa de incidência dividindo-se o número de casos pela população oficial, segundo censos, de referência correspondente a cada período e multiplicando-se o resultado por 100.000 habitantes. A incidência média, para cada macrorregião e município, foi calculada considerando a soma das taxas para cada período e dividindo-se pelo número de anos do estudo.

A partir desses dados foi realizada análise descritiva com a distribuição das taxas médias de incidência e foram conduzidas análises espaço-temporais para identificar padrões de distribuição da doença ao longo do tempo e no território. As metodologias empregadas incluíram Modelos Aditivos Generalizados (GAM) para modelagem da incidência e varredura espaço-temporal utilizando o *Software for the spatial, temporal and space-time scan statistics* (SaTScan), versão 10.2.5¹⁴, *software* livre, visando à detecção de agrupamentos estatisticamente significativos.

A variação temporal anual do risco de ocorrência da coqueluche foi avaliada por meio de um Modelo Aditivo Generalizado (GAM), que é uma extensão

dos modelos lineares generalizados, permitindo incorporar funções suavizadoras não-paramétricas às variáveis explicativas. O modelo assumiu que a contagem anual de casos da doença segue uma distribuição de Poisson, adequada para modelagem de eventos raros e discretos, como notificações anuais de doenças infecciosas.

Para ajustar a diferença de população entre os anos e localidades, foi incluído um termo *offset*, representado pelo logaritmo natural do total da população residente em cada unidade de análise e ano. Esse termo permite que o modelo estime uma taxa (casos por habitante) em vez de simplesmente modelar contagens absolutas, garantindo a comparabilidade entre áreas com populações distintas.

A principal variável explicativa foi o ano de notificação, tratado como uma variável numérica contínua e modelada por meio de uma função suavizadora *spline*, que permite identificar padrões não-lineares ao longo do tempo, captando aumentos ou reduções graduais nas taxas sem a necessidade de assumir uma forma funcional específica (como linear ou quadrática). Esse tipo de função suavizadora é especialmente útil em contextos epidemiológicos onde o comportamento da doença pode variar de forma complexa ao longo dos anos^{15,16}.

Além do modelo puramente temporal, também foi ajustado um modelo com termo de interação entre o ano de notificação e a macrorregião de saúde de residência, permitindo avaliar se o padrão temporal do risco diferiu entre as distintas regiões de planejamento. Essa abordagem possibilita verificar variações regionais na tendência temporal, destacando macrorregiões com comportamento atípico ou preocupante em relação à evolução temporal da coqueluche.

A análise espaço-temporal foi realizada utilizando a estatística *scan* de Kulldorff¹⁷, operacionalizada por meio do software SaTScan™. Esta técnica tem como finalidade detectar *clusters* espaço-temporais estatisticamente significativos, ou seja, áreas e períodos com risco elevado (ou reduzido) de ocorrência

do agravo em estudo, em comparação ao risco esperado sob a hipótese nula de distribuição aleatória dos casos.

Para essa análise, também foi empregado o modelo de probabilidade de Poisson discreto, apropriado para dados agregados de contagem com informação populacional. Assumiu-se que os casos seguem uma distribuição de Poisson proporcional à população em risco, e que o risco é constante no espaço e no tempo sob a hipótese nula.

A detecção dos *clusters* foi realizada por meio de uma janela cilíndrica móvel, cuja base corresponde à área geográfica (municípios) e cuja altura representa o intervalo temporal (anos). O tamanho máximo da janela espacial foi definido como 50% da população em risco, enquanto o tamanho máximo da janela temporal foi ajustado para 50% do período total de estudo, permitindo a identificação de agrupamentos sem excessiva abrangência. A unidade temporal foi o ano e o período de análise compreendeu de 2014 a 2024.

A significância estatística dos *clusters* foi determinada por meio do teste de razão de verossimilhança, com a obtenção dos p-valores através de simulações de Monte Carlo ($n = 999$). Foram considerados estatisticamente significativos os *clusters* com $p < 0,05$. Para cada *cluster* identificado, o SaTScan forneceu: localização espacial, intervalo temporal, número observado e esperado de casos, razão de risco relativa (RR), valor da estatística de verossimilhança e p-valor.

Os *clusters* primários e secundários identificados foram representados em mapas temáticos para análise e interpretação dos padrões espaço-temporais do evento investigado.

Para a construção de mapa do tipo coroplético utilizou-se o software Qgis¹⁸, software livre, para análise estatística, e na construção de mapas e análises estatísticas foi utilizado o software estatístico R, software livre, com os seguintes pacotes: *mgcv*, *ggplot2*, *tidyverse*, *ggthemes*, *geobr*, *dplyr*, *sf*, *spdep*, *gridExtra*, *RColorBrewer*, *ggspatial*.

RESULTADOS

Foram notificados 2.161 casos confirmados de coqueluche em Minas Gerais entre 2014 e 2024. A incidência média do estado no período analisado foi de 1,95/100.000 habitantes. Conforme Tabela 1, a macrorregião que apresentou maior incidência foi a região Central (6,47/100.000) seguida pela região Sul (3,86/100.000) e Triângulo do Norte

(2,42/100.000); ao contrário, as macrorregiões que apresentaram as menores incidências foram Leste do Sul (0,66/100.000), Nordeste (0,58/100.000) e Leste (0,36/100.000). Destaca-se regiões com alta variabilidade de taxas em seu território com as macrorregiões Centro, Sul e Sudoeste, com altos desvios padrões.

Tabela 1 - Incidência média por coqueluche, por 100.000 habitantes, por Macrorregião de Saúde de Minas Gerais, 2014 a 2024.

Macrorregião	Média*	Desvio Padrão	IC 95% Inferior	IC 95% Superior
Centro	6,47	76,67	1,96	10,98
Sul	3,86	19,83	2,20	5,52
Triângulo do norte	2,42	12,09	1,04	3,79
Sudoeste	2,21	20,17	0,54	3,88
Extremo Sul	1,95	11,68	1,00	2,90
Jequitinhonha	1,47	10,08	0,40	2,54
Oeste	1,46	8,37	0,78	2,14
Sudeste	1,22	13,80	0,38	2,06
Vale do aço	1,19	7,06	0,49	1,90
Noroeste	1,19	5,94	0,58	1,80
Triângulo do sul	1,05	5,53	0,43	1,68
Centro Sul	0,87	5,82	0,39	1,36
Norte	0,71	3,98	0,45	0,96
Leste do Sul	0,66	4,30	0,31	1,01
Nordeste	0,59	3,08	0,34	0,83
Leste	0,36	2,74	0,14	0,59

*Média da Incidência Anual, considerando os anos de 2014 a 2024, por macrorregião de saúde, e considerando o número de municípios de cada macrorregião.

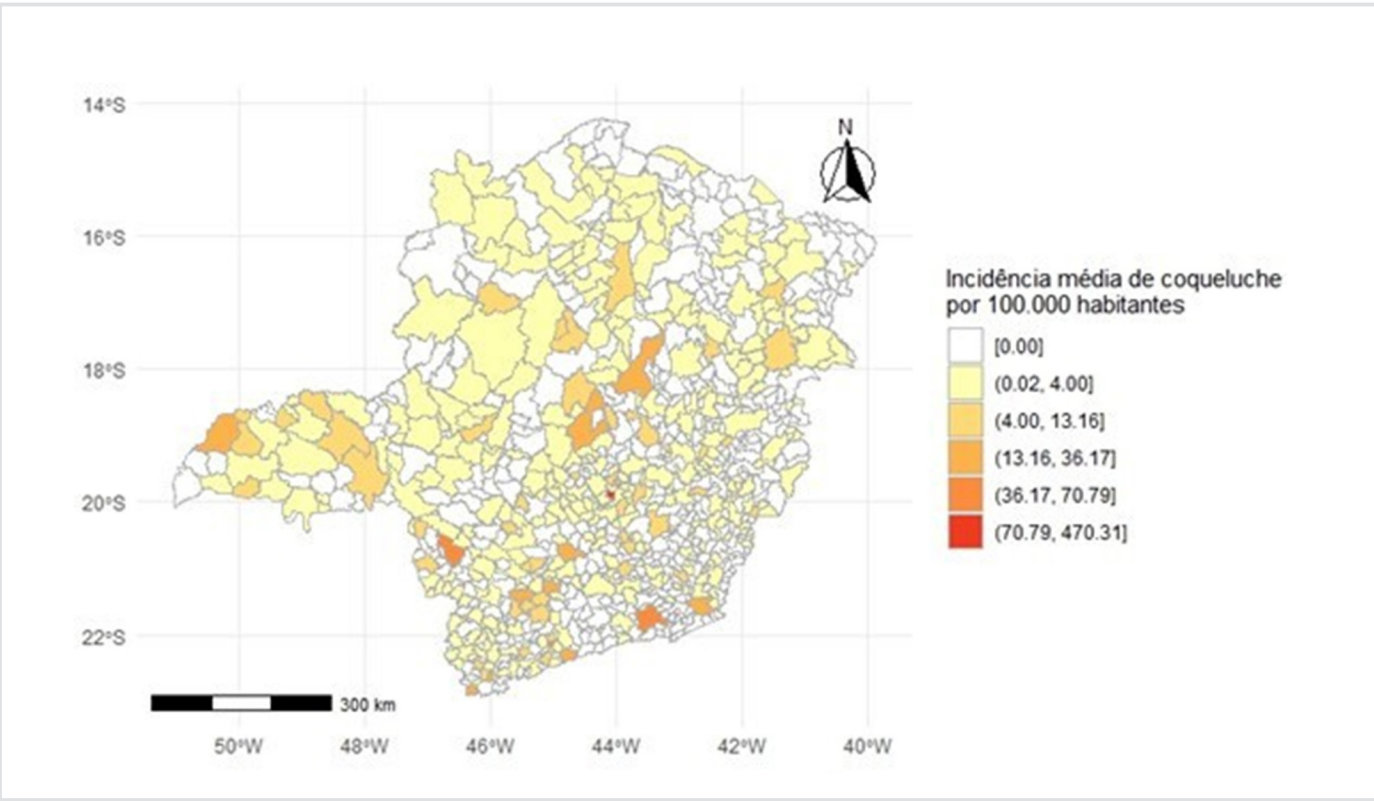


Figura 2 - Distribuição espacial da taxa de incidência média de coqueluche, 2014 a 2024, Minas Gerais.

A Figura 2 mostra a distribuição espacial dessas taxas por municípios considerando os 853 municípios de Minas Gerais. Evidencia-se uma distribuição heterogênea das taxas médias, com algumas macrorregiões contendo municípios com altas taxas, como macrorregiões Centro, Sul, Sudoeste e Sudeste.

Figura 3 - Curvas suavizadas do efeito do tempo sobre o risco de ocorrência de coqueluche segundo modelos GAM puramente temporais para todo o Estado (Figura 3) e considerando um termo de interação com as macrorregiões de saúde (Figura 3a), Minas Gerais, 2014 a 2024.

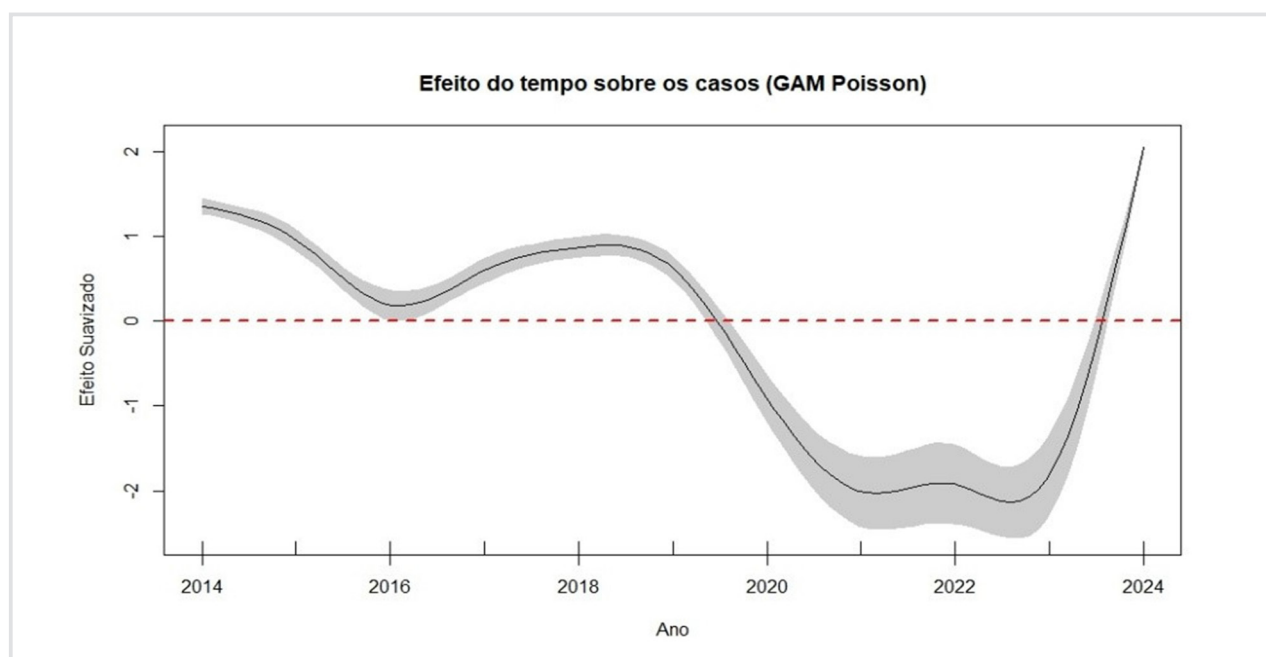


Figura 3a - Curvas suavizadas do efeito do tempo sobre o risco de ocorrência de coqueluche para Minas Gerais.

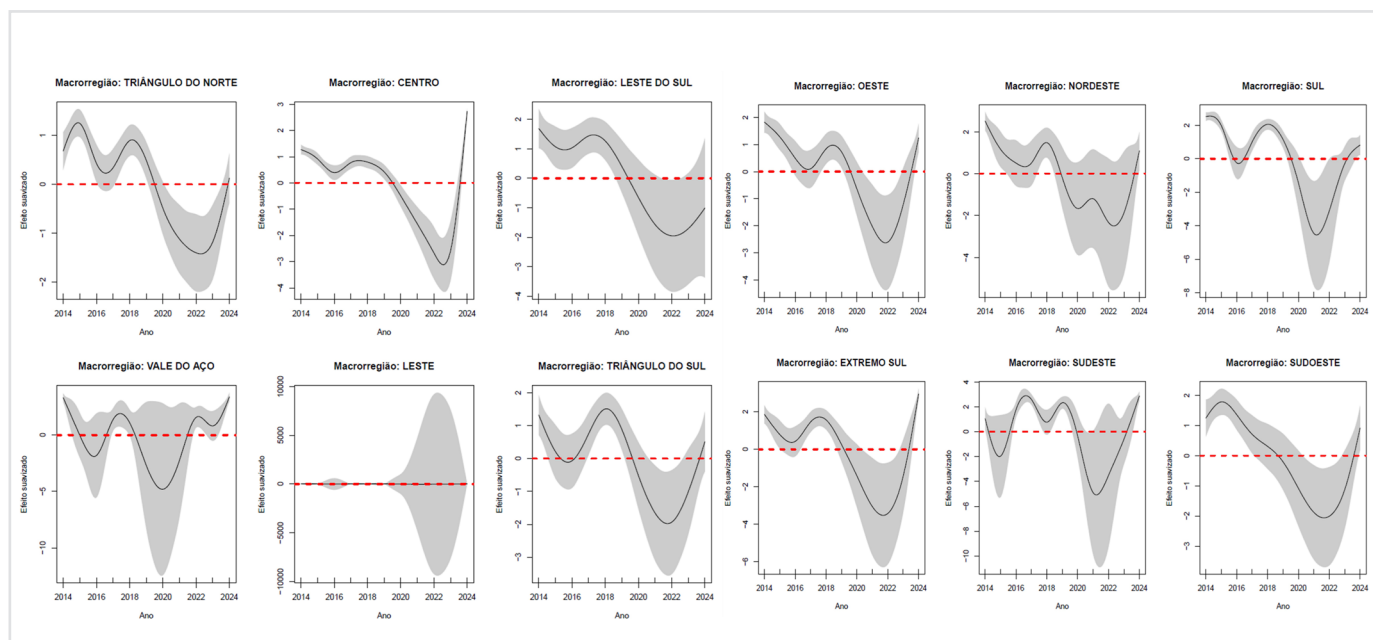


Figura 3b - Curvas suavizadas do efeito do tempo sobre o risco de ocorrência de coqueluche segundo modelos GAM puramente temporais considerando um termo de interação com as macrorregiões de saúde de Minas Gerais, 2014 a 2024.

O modelo GAM (Figura 3a) mostra um efeito suavizado do tempo sobre a incidência de coqueluche entre 2014 e 2024, no estado de Minas Gerais com variação significativa ao longo do período, com pico entre 2014 e 2015, declínio acentuado de 2018 a 2021 e nova tendência de aumento a partir de 2022 até 2024. A linha tracejada vermelha em $y = 0$ representa o ponto onde o risco é nulo, sendo que valores acima de 0 indicam aumento no risco relativo e valores abaixo de 0 indicam redução no risco.

O GAM com interação por macrorregião de saúde (Figura 3b) revelou padrões distintos de comportamento temporal da coqueluche em Minas Gerais entre 2014 e 2024. Importante observar que a maioria das regiões mostrou queda do risco a partir de 2020, e retomada a partir de 2022. Observa-se tam-

bém que o risco se torna crescente e positivo principalmente a partir de 2024, com ênfase para a macrorregião Centro. A macrorregião Leste apresentou um risco de ocorrência próximo de zero para todo o período.

A varredura espaço-temporal (Figura 4) identificou *clusters* de alto risco e significativos ($p < 0,05$) em quatro períodos distintos: 2014-2015 (Macrorregião Norte, RR = 9,94; Macrorregião Sudeste, RR = 36,82), 2014-2016 (Macrorregião de Jequitinhonha, RR = 48,46), 2017-2018 (Macrorregião Central, RR = 4,80) e 2024 1 *cluster* envolvendo principalmente as Macrorregiões Norte, Jequitinhonha, Central e Noroeste, RR = 2,28; e 1 *cluster* envolvendo principalmente as macrorregiões Oeste, Sul, Sudoeste, Centro Sul e Centro, RR = 12,21).

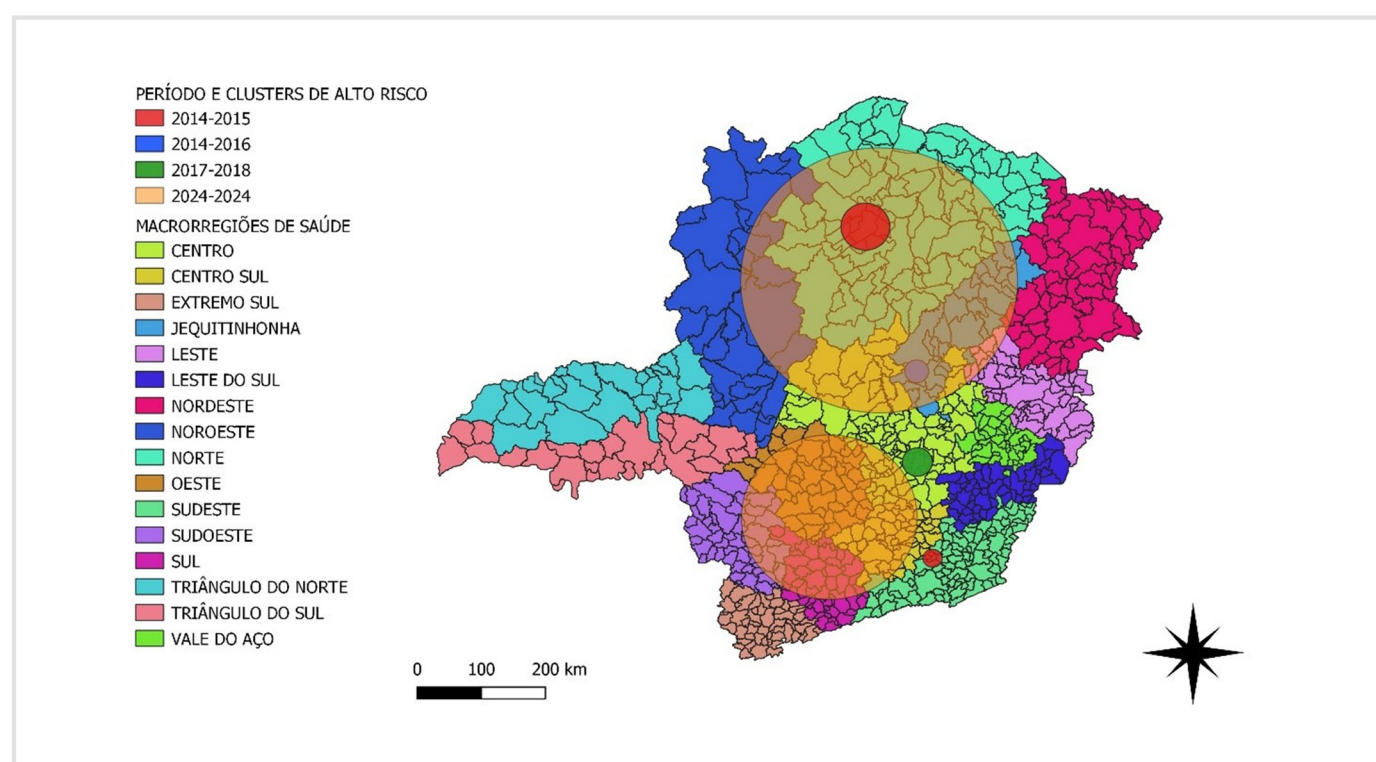


Figura 4 - Mapeamento de *cluster* espaço-temporais de alto risco para ocorrência de coqueluche em Minas Gerais considerando as Macrorregiões de Saúde, 2014 a 2024.

DISCUSSÃO

Este estudo identificou forte heterogeneidade espaço-temporal da coqueluche em Minas Gerais, principalmente em determinadas macrorregiões como a Centro, que exibiu um alto desvio padrão e o maior crescimento no risco em 2024 segundo modelo GAM, indicando nessa macrorregião, presença de municípios com taxas muito elevadas. Ressalta-se também a densidade populacional dessa região, sen-

do fator de risco importante para transmissão de doenças respiratórias.

A análise espaço-temporal dos casos de coqueluche em Minas Gerais entre 2014 e 2024 revela um cenário atual de risco. A doença apresentou pico inicial (2014-2015), declínio até 2021 e recrudescimento acelerado a partir de 2022, culminando em 2024 com dois grandes *clusters* de alto risco, um abrangen-

do principalmente macrorregiões do Norte e Jequitinhonha-Mucuri e outro no Sul/Oeste, ambos intersectando a macrorregião Centro. Revisão recente de séries temporais¹⁹ identificou o mesmo declínio pós-2015 e retomada gradual a partir de 2021, sugerindo acúmulo de suscetíveis por queda vacinal, fenômeno acentuado na pandemia.

Observou-se que em 2014, conforme análise temporal, que o risco começou positivo, mas entrou em declínio, até 2016 quando se elevou novamente. Esse comportamento foi seguido pela maioria das macrorregiões. Tendências temporais semelhantes foram descritas em análises nacionais que apontaram aumento da incidência até 2014, seguido de declínio após 2015, coincidindo com a ampliação da vacina dTpa para gestantes^{19,20}.

Além disso, conforme Boletim do Ministério, o ano de 2014 encontra-se dentro de um período (2010 a 2014) em houve expressivo aumento dos números de casos de coqueluche em crianças de um a nove anos, o que chamou a atenção para a necessidade desse público estar com o esquema vacinal completo²¹.

Houve queda para o risco de ocorrência de coqueluche para o ano de 2020, o que está associada, principalmente, a pandemia de COVID-19, e retomada principalmente a partir de 2022. A retomada de casos pós-pandemia também foi apontada na China, onde o estudo de Wang e colaboradores²² identificaram aumento significativo de coqueluche em pacientes com infecções respiratórias agudas após 2023, relacionando-o à interrupção das atividades de reforço imunológico natural durante as medidas de contenção da COVID-19.

Revisão recente da Ásia descreveu padrão análogo com epidemias em 2024-2025 e associa o fenômeno à queda global da cobertura DTP e ao enfraquecimento da imunidade vacinal²³. A sobreposição temporal entre o aumento em Minas de 2022-2024 e os surtos internacionais reforça a hipótese de um contexto pós-pandêmico de maior suscetibilidade populacional.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados nesse estudo reforçam a necessidade de estratégias focalizadas, como, por exemplo, intensificação da dTpa em gestantes, busca ativa de comunicantes e vigilância contínua, para evitar novos ciclos epidêmicos. O estudo identificou padrão cíclico e heterogêneo da coqueluche em Minas Gerais (2014–2024), com recrudescimento após 2022 e *clusters* de alto risco em regiões de alta densidade populacional, macrorregião Centro, e em regiões vulneráveis como a Macrorregião Nor-

Os resultados espaciais e temporais observados em Minas Gerais entre 2014-2024 se alinham a uma tendência nacional de recrudescimento da coqueluche após o período de baixíssima circulação durante a pandemia de COVID-19. Dados consolidados pelo Ministério da Saúde mostram que, depois de somente 159 casos confirmados em 2022 e 244 em 2023, o país registrou 7.365 casos em 2024, o maior total desde 2014, elevando a incidência de 0,1/100.000 habitantes em 2023 para 3,5/100.000 em 2024²⁴. Essa inversão coincide com o pico documentado no presente estudo e confirma que o estado reproduz a dinâmica epidêmica nacional.

Além da região Central e adjacências tivemos também as macrorregiões Norte e Jequitinhonha como destaques no *cluster* de 2024. Isso pode estar associado, por exemplo, a baixas coberturas vacinais da pentavalente relatadas nessas macrorregiões, conforme apontado no estudo de Pereira e colaboradores²⁵, além da alta densidade populacional que a região Centro e macrorregiões do Sul possuem. Além disso, a fatores contextuais como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), pode justificar esses destaques para os *clusters*; uma vez que 9% de municípios com “baixo” IDHM do Estado de Minas Gerais (com índice entre 0,500 e 0,599): são 73 ao todo e, destes, 64 estão concentrados nas regiões Norte, Jequitinhonha e Vales do Rio Doce²⁶. Evidências nacionais apontam correlação direta entre condições socioeconômicas menos favoráveis e menor chance de esquema vacinal completo para a infância²⁷.

O estudo é limitado pela natureza ecológica dos dados, que impede inferências individuais, e pelo possível sub-registro/atraso de notificações no SINAN, especialmente durante a COVID-19. Ademais, o trabalho não se debruçou a investigar outros aspectos como cobertura vacinal das regiões de saúde o que poderia explicar a baixa incidência e risco na macrorregião Leste, por exemplo, ou estratégias de detecção ou imunização utilizadas por cada uma, podendo ser tema de estudos posteriores.

Possivelmente, a queda na cobertura vacinal, a pandemia de covid-19 e influência de fatores socioeconômicos contribuíram para a reemergência da doença. Os resultados destacam a necessidade de vigilância georreferenciada, utilizando técnicas de espaço-tempo, como forma de construir ações direcionadas. Apesar das limitações, o estudo oferece subsídios importantes para orientar políticas públicas e prevenir novos surtos tendo ferramentas de geoprocessamento como instrumento fundamental.

Declaração do autor CRediT

Conceituação: Ferreira Júnior, CL; Silva, WS; Carvalho, CDP; Jesus, KD; Cruz, CSS. Metodologia: Ferreira Júnior, CL; Carvalho, RDP; Jesus, KD. Validação: Ferreira Júnior, CL; Silva, WS. Análise estatística: Ferreira Júnior, CL; Silva, WS; Carvalho, RDP. Análise formal: Ferreira Júnior, CL; Silva, WS; Carvalho, RDP; Carvalho, CDP. Investigação: Ferreira Júnior, CL; Silva, WS; Carvalho, CDP; Jesus, KD; Cruz, CSS. Recursos: Ferreira Júnior, CL; Carvalho, CDP; Rocha Nunes, MC. Redação – preparação do rascunho original: Ferreira Júnior, CL; Carvalho, RDP; Jesus, KD. Redação – revisão e edição: Ferreira Júnior, CL; Silva, WS; Carvalho, RDP; Carvalho, CDP; Cruz, CSS; Rocha Nunes, MC. Visualização: Ferreira Júnior, CL; Silva, WS. Supervisão: Ferreira Júnior, CL; Cruz, CSS. Administração do projeto: Ferreira Júnior, CL; Cruz, CSS.

Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não têm interesses financeiros concorrentes ou relações pessoais conhecidas que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Vigilância em Saúde. Situação epidemiológica da coqueluche no Brasil, 2018–2021 e semanas epidemiológicas 1–32 de 2022 [Internet]. Boletim Epidemiológico. 2022;53(40) [citado 2025-05-14]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2022/boletim-epidemiologico-vol-53-no40/view>
2. Nie Y, Zhang Y, Yang Z, Wang N, Wang S, Liu Y, et al. Global burden of pertussis in 204 countries and territories, 1990–2019: results from the Global Burden of Disease Study 2019. BMC Public Health. 2024;24:1453. doi:10.1186/s12889-024-18968-y
3. Brasil. Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2014.
4. Brasil. Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Nota Técnica Conjunta nº 70/2024 – DPNI/SVSA/MS: alerta para o aumento dos casos de coqueluche no Brasil e reforço nas ações de vigilância e imunização [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2024 [citado 2025-05-14]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/notas-tecnicas/2024/nota-tecnica-conjunta-no-70-2024-dpni-svsa-ms.pdf>
5. Organização Pan-Americana da Saúde. Alerta epidemiológico: Coqueluche na Região das Américas [Internet]. Washington (DC): OPAS; 2024 [citado 2025-03-22]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/documentos/alerta-epidemiologico-coqueluche-na-regiao-das-americas-22-julho-2024>
6. Brasil. Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Nota Técnica nº 50/2023 – CGVDI/DPNI/SVSA/MS: alerta sobre surto de coqueluche na Bolívia e recomendações de vigilância no Brasil [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2023 [citado 2025-05-14]. Disponível em: https://subpav.org/aps/uploads/publico/repositorio/Coqueluche_-_Nota_T%C3%A9cnica_N%C2%BA_50-2023-CGVDI-DPNI-SVSA-MS_comanexoCVEGVDATA.pdf
7. Elliott P, Wartenberg D. Spatial epidemiology: current approaches and future challenges. Environ Health Perspect. 2004;112(9):998–1006. doi:10.1289/ehp.6735
8. Minas Gerais (Estado). Secretaria de Estado da Saúde. Comissão Intergestores Bipartite do SUS/MG. Deliberação CIB-SUS/MG nº 4.394, de 18 de outubro de 2023: aprova a revisão 2023 do Plano Diretor de Regionalização – PDR/SUS-MG e dá outras providências [Internet]. Belo Horizonte: SES-MG; 2023 [citado 2025-05-14]. Disponível em: <http://www.saude.mg.gov.br/cib>
9. Brasil. Ministério da Saúde (BR). Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. Diário Oficial da União [Internet]. 2016-05-24 [citado 2025-05-31]; Seção 1:44. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia//asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/22917581
10. Minas Gerais (Estado). Secretaria de Estado da Saúde. Portal da Vigilância em Saúde [Internet]. [citado 2025-05-14]. Disponível em: <http://vigilancia.saude.mg.gov.br/>
11. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Minas Gerais: cidades e estados [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2010 [citado 2025-05-14]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg>
12. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Minas Gerais: cidades e estados [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2022 [citado 2025-05-14]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg>
13. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Malhas territoriais [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2025 [citado 2025-05-14]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais>
14. SaTScan™. SaTScan v9.4.4: software for the spatial, temporal and space-time scan statistics [Internet]. 2025 [citado 2025-05-14]. Disponível em: <https://www.satscan.org/>
15. Latorre MRDO, Cardoso MRA. Análise de séries temporais em epidemiologia. Rev Bras Epidemiol. 2001;4(3):145–52. doi:10.1590/S1415-790X2001000300002
16. Conceição GMS, Saldiva PHN, Singer JM. Modelos GLM e GAM para análise da associação. Rev Bras Epidemiol. 2001;4(3):206–19.
17. Kulldorff M. A spatial scan statistic. Commun Stat Theory Methods. 1997;26(6):1481–96. doi:10.1080/03610929708831995
18. QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System: versão 3.28 [Internet]. Beaverton (OR): Open Source Geospatial Foundation; 2021 [citado 2025-05-14]. Disponível em: <https://www.qgis.org/>
19. Silva LR, Ferreira RJ, Arruda LES, Vasconcelos AD, Freitas MVA, Santos ISF, et al. Analysis of the time series of pertussis in Brazil, 2010–2019. Rev Bras Saude Mater Infant. 2022;22(3):549–59. doi:10.1590/1806-9304202200030006
20. Guimarães LM, Carneiro ELNC, Carvalho-Costa FA. Increasing incidence of pertussis in Brazil: a retrospective study using surveillance data. BMC Infect Dis. 2015;15:442. doi:10.1186/s12879-015-1222-3
21. Brasil. Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Vigilância em Saúde. Coqueluche no Brasil: análise da situação epidemiológica de 2010–2014 [Internet]. Boletim Epidemiológico. 2015;46(39) [citado 2025-05-14]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/coqueluche/publicacoes/boletim-epidemiologico-da-coqueluche-brasil-2010-a-2014>
22. Wang H, Fu M, Chen W, Ma Y. Post-COVID-19 pandemic changes in pertussis incidence among patients with acute respiratory tract infections in Zhejiang, China. Front Microbiol. 2024;15:1448997. doi:10.3389/fmicb.2024.1448997
23. Kang HM, Lee TJ, Park SE, Choi SH. Pertussis in the post-COVID-19 era: resurgence, diagnosis and management. Infect Chemother. 2025;57(1):13–30. doi:10.3947/ic.2024.0117
24. Brasil. Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Vigilância em Saúde. Situação epidemiológica da coqueluche no Brasil – painel interativo [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2025 [citado 2025-05-14]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/coqueluche/situacao-epidemiologica>
25. Pereira MAD, Arroyo LH, Gallardo MDPS, Arcêncio RA, Gusmão JD, Amaral GG, et al. Vaccination coverage in children under one year of

age and associated socioeconomic factors: maps of spatial heterogeneity. Rev Bras Enferm. 2023;76(4):e20220734. doi:10.1590/0034-7167-2022-0734

26. Minas Gerais (Estado). Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social. Plano Estadual de Assistência Social de Minas Gerais (PEAS/MG) 2024–2027 [Internet]. Belo Horizonte: SEDESE; 2024 [citado 2025-05-14]. Disponível em: https://social.mg.gov.br/images/Docs2023/docs_2024/PEAS_MG_2024-2027_.pdf

27. Ferreira AF, Ramos J, RAN, Maciel AMS, Barbosa JC, Saavedra RC, Antunes MBC, et al. Vaccination coverage, vaccine hesitancy and factors associated with incomplete vaccination: a household survey conducted with children born between 2017 and 2018 in inland municipalities of Northeastern Brazil. Epidemiol Serv Saude. 2024;33(spe2):e20231224. doi:10.1590/S2237-96222024v33e20231224.especial2.en

Como citar este artigo: Ferreira Júnior, C.L., da Silva, W.S., Carvalho, R.D.P., Carvalho, C.D.P., Jesus, K.D., Nunes, M.C.R., Cruz, C.S.S. (2025). Vigilância Epidemiológica da coqueluche em Minas Gerais: tendências temporais e padrões espaciais (2014–2024). *O Mundo Da Saúde*, 49. <https://doi.org/10.15343/0104-7809.202549e17772025P>. Mundo Saúde. 2025,49:e17772025.