

## ARTIGO ORIGINAL



## Comportamento espacial da cobertura vacinal de hepatite A, tríplice viral e varicela no estado de Minas Gerais, 2020

### Spatial behavior of hepatitis A, MMR, and varicella vaccination coverage in the state of Minas Gerais, 2020

Gabriela Cunha Corrêa Freitas de Oliveira<sup>I</sup> , Luiz Henrique Arroyo<sup>II</sup> , Aline Mendes Vimieiro<sup>III</sup> , Josianne Dias Gusmão<sup>III</sup> , Valéria Conceição de Oliveira<sup>I</sup> , Eliete Albano de Azevedo Guimarães<sup>I</sup>

<sup>I</sup>Universidade Federal de São João del-Rei – Divinópolis (MG), Brasil.

<sup>II</sup>Universidade de São Paulo – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

<sup>III</sup>Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais – Belo Horizonte (MG), Brasil.

## RESUMO

**Objetivo:** Analisar o comportamento espacial da cobertura vacinal da hepatite A, tríplice viral e varicela em crianças e a relação com determinantes socioeconômicos, no estado de Minas Gerais. **Métodos:** Estudo ecológico que considerou os registros de doses aplicadas em crianças extraídos do Sistema de Informação de Imunização de 853 municípios mineiros, em 2020. Analisaram-se as coberturas vacinais e os fatores socioeconômicos. A estatística *scan* espacial foi utilizada para identificar agrupamentos espaciais e medir o risco relativo pelo indicador de cobertura vacinal e o Índice de Moran Bivariado para identificar os fatores socioeconômicos correlacionados com a distribuição espacial da vacinação. Utilizou-se a base cartográfica do estado e de seus municípios e os softwares ArcGIS e SPSS. **Resultados:** Observaram-se baixas coberturas para as vacinas de hepatite A (89,0%), tríplice viral (75,7%) e varicela (89,0%). Foram identificados aglomerados significativos em todas as vacinas analisadas. Os aglomerados de maior chance de a população ser vacinada se alocaram majoritariamente nas regiões Centro, Centro-Oeste, Centro-Sul, Noroeste, e as de menor propensão para a vacinação encontram-se nas regiões Norte, Nordeste e Triângulo do Sul. O índice de desenvolvimento humano municipal, a taxa de urbanização e o produto interno bruto tiveram dependência espacial com a cobertura vacinal. **Conclusões:** Há heterogeneidades no comportamento espacial das coberturas para as vacinas hepatite A, tríplice viral e varicela, e essa condição se encontra associada a fatores socioeconômicos. Destaca-se que os registros de vacinação requerem atenção e devem ser continuamente acompanhados para aprimoramento da qualidade das informações utilizadas nos serviços e nas pesquisas. **Palavras-chave:** Programas de imunização. Vacinas. Cobertura vacinal. Sistemas de informação em saúde. Análise espacial. Enfermagem em saúde pública.

**AUTORA CORRESPONDENTE:** Eliete Albano de Azevedo Guimarães. Avenida Sebastião Gonçalves Coelho, 400, Chanadour, CEP: 35504-296, Divinópolis (MG), Brasil. E-mail: [elietalbano@ufsj.edu.br](mailto:elietalbano@ufsj.edu.br)

**CONFLITO DE INTERESSES:** nada a declarar.

**COMO CITAR ESSE ARTIGO:** Oliveira GCCF, Arroyo LH, Vimieiro AM, Gusmão JD, Oliveira VC, Guimarães EAA. Comportamento espacial da cobertura vacinal de hepatite A, tríplice viral e varicela no estado de Minas Gerais, 2020. Rev Bras Epidemiol. 2023; 26: e230030. <https://doi.org/10.1590/1980-549720230030.2>

Esse é um artigo aberto distribuído sob licença CC-BY 4.0, que permite cópia e redistribuição do material em qualquer formato e para qualquer fim desde que mantidos os créditos de autoria e de publicação original.

Recebido em: 08/11/2022

Revisado em: 04/04/2023

Aceito em: 14/04/2023



## INTRODUÇÃO

Destacada como uma intervenção prioritária para a prevenção da mortalidade infantil, redução de hospitalização e de ocorrência de doenças imunopreveníveis, a vacinação previne em todo o mundo até 2,5 milhões de mortes a cada ano<sup>1-3</sup>. Essa intervenção é considerada um dos maiores avanços da humanidade e é reconhecida como o investimento em saúde pública de melhor relação custo-benefício<sup>3,4</sup>.

Atualmente, a estratégia global Agenda de Imunização 2030 prevê um mundo onde as pessoas, de todas as idades e todos os lugares, beneficiem-se plenamente das vacinas ofertadas, para melhorar a saúde e o bem-estar da população. Essa intervenção propõe manter os resultados positivos conquistados na vacinação e recuperar as perdas ocasionadas pelo Sars-CoV-2 (COVID-19)<sup>5</sup>.

No entanto, no mundo todo, menos de dois terços dos países conseguiram atingir as coberturas ideais<sup>6</sup>. Entre as vacinas ofertadas às crianças, é observada a queda de coberturas das vacinas contra sarampo, caxumba, rubéola e varicela, doenças altamente contagiosas e com várias complicações clínicas associadas<sup>7</sup>. Além dessas, destaca-se a vacina contra a hepatite A, doença com manifestações clínicas brandas na infância e que raramente pode apresentar evolução para quadro grave de falência fulminante, com queda na cobertura vacinal em todos os estados do Brasil após o ano de 2015<sup>8</sup>.

No ano de 2020, cerca de 23 milhões de crianças perderam vacinas vitais, chegando a 3,7 milhões a mais do que em 2019<sup>5</sup>. Para a primeira dose da vacina de sarampo, por volta de 3 milhões de crianças não foram imunizadas, o que contribui para o aumento de surtos, como os ocorridos em 2017, na Venezuela, 2018 e 2019, em Madagascar, Filipinas e Brasil<sup>9,10</sup>. Na Europa, os países vêm apresentando queda nas coberturas vacinais desde 2016, sendo as maiores taxas de queda para as vacinas de sarampo e tríplice bacteriana (DTP), chegando a quase 14 milhões de crianças sem o esquema vacinal para essas vacinas em 2019<sup>11</sup>. Nos Estados Unidos, em Montana, menos de duas em cada cinco crianças com 24 meses apresentaram esquema completo para as vacinas administradas na infância<sup>12</sup>.

No Brasil, as coberturas vacinais não se mostram distribuídas uniformemente no país, e quedas são observadas para algumas vacinas ofertadas no calendário do Programa Nacional de Imunizações (PNI)<sup>13-15</sup>. Entre 2006 e 2016, alguns estados, como Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais, mostraram redução no número de crianças vacinadas com a tríplice viral<sup>15,16</sup>. A partir de 2015, identificou-se entre os municípios brasileiros declínio na cobertura da vacina hepatite A, variando entre 60% e 82%<sup>8</sup>. Já a varicela apresenta cobertura média de 78,0% em 2016 e, desde então, queda, chegando a 34,3% em 2019<sup>17</sup>.

Coberturas vacinais baixas estão frequentemente relacionadas às condições geográficas e ao *status* socioeconômico da população<sup>18-20</sup>, às condições estruturais e de oferta

e acesso aos serviços de saúde<sup>14,19,21</sup>, ao desconhecimento das estratégias recomendadas pelo programa de imunização<sup>22-24</sup>, à hesitação vacinal<sup>13,14</sup> e, mais recentemente, à pandemia da COVID-19<sup>25,26</sup>. Esta última agravou as desigualdades pré-existentes na saúde, expondo desigualdades sociais, discriminação e gradientes de saúde nas populações humanas, entre os países e dentro destes<sup>27</sup>.

Particularmente, ante a pandemia causada pela COVID-19, que agrava ainda mais a situação vacinal da população, a vigilância é importante e necessária para reduzir os bolsões de populações não vacinadas e, conseqüentemente, evitar risco de novas epidemias de doenças imunopreveníveis. O monitoramento sistemático das coberturas vacinais é uma ação imprescindível de gestão para conhecer não apenas o que motiva os atrasos e rejeições à vacina, mas também as realidades em que estão inseridos<sup>19,28-30</sup>.

Conhecer a distribuição espacial das coberturas e os possíveis determinantes possibilita identificar fatores intervenientes, imprescindíveis para o planejamento e a implementação de estratégias assertivas de vacinação. A contribuição específica da utilização da análise espacial no campo da vacina é discutida há anos e tem aumentado continuamente desde meados dos anos 2000<sup>31</sup>. No Brasil, o uso desse tipo de análise tem acontecido; no entanto, ela precisa ser fortalecida, haja vista a dimensão continental do território brasileiro, o tamanho populacional, a diversidade cultural e socioeconômica e os fundamentos de suas diferenças regionais<sup>32</sup>.

Dessa forma, o objetivo foi analisar o comportamento espacial da cobertura vacinal da hepatite A, tríplice viral e varicela em crianças e a relação com determinantes socioeconômicos, no estado de Minas Gerais.

## MÉTODOS

Trata-se de um estudo ecológico para determinar a cobertura das vacinas hepatite A, tríplice viral e varicela e sua distribuição espacial no estado de Minas Gerais, em 2020.

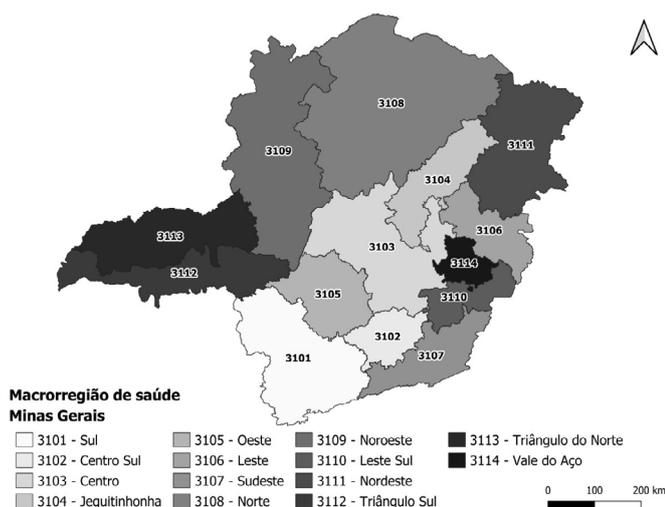
Minas Gerais, segundo estado mais populoso do Brasil, possui uma área de 586.528,293 km<sup>2</sup>, uma população estimada de 20.033.665 de habitantes e um grau de urbanização de 85,29%<sup>33</sup>. Seu território é dividido em 14 macrorregiões (Sul, Centro-Sul, Centro, Jequitinhonha, Oeste, Leste, Vale do Aço, Sudeste, Norte, Noroeste, Leste do Sul, Nordeste, Triângulo do Sul, Triângulo do Norte) que abrangem o universo de 853 municípios<sup>34</sup>. Para este estudo, foram estabelecidos como unidades territoriais de análise os municípios das 14 macrorregiões do estado de Minas Gerais (Figura 1).

Foram analisados os registros de doses das vacinas hepatite A (dose única), tríplice viral (segunda dose) e varicela (primeira dose)<sup>35</sup> aplicadas aos 15 meses das crianças, obtidos da base de dados do Sistema de Informação do PNI, dos 853 municípios mineiros, em 2020. Realizou-se uma análise espacial para identificar e avaliar os aglomerados

(cluster) de vacinados<sup>36</sup> e os possíveis fatores socioeconômicos associados às coberturas vacinais. A vacina tetraviral não foi incluída, uma vez que houve desabastecimento do imunobiológico no período da pesquisa<sup>37</sup>.

A cobertura vacinal foi considerada a variável resposta e apresenta, no numerador, o total de doses que completam o esquema de cada vacina analisada e, no denominador, o número de nascidos vivos no município (registrados no Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos, ano 2019) multiplicado por 100. Segundo o Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos, nasceram no ano de 2019 um total de 256.892 crianças no estado<sup>38</sup>, fração correspondente ao denominador que compõe a base de cálculo do indicador cobertura vacinal para o ano de 2020. O PNI estabeleceu meta de 95% para as vacinas hepatite A, tríplice viral e varicela<sup>37</sup>.

As variáveis explicativas analisadas foram agrupadas segundo variáveis socioeconômicas (índice de desenvolvimento humano municipal; taxa de urbanização; produto interno bruto *per capita*), provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e da Fundação João Pinheiro<sup>39</sup> (Quadro 1).



**Figura 1. Macrorregiões do estado de Minas Gerais, Brasil, 2020.**

Para identificar e analisar os aglomerados (*clusters*) de vacinados no espaço, foi realizada a técnica de análise espacial denominada estatística de varredura, desenvolvida por Kulldorff e Nagarwalla<sup>36</sup>. Nesse tipo de análise, é estabelecida uma varredura gradual por meio de uma janela de análise de tamanho variável em toda a extensão territorial do cenário em estudo. Para tanto, nesta pesquisa, a janela de análise foi estabelecida como circular, e seu raio tendo limite superior específico e selecionado em 50% da população-alvo de vacinados em Minas Gerais. Essa janela possui como característica intrínseca uma alta flexibilidade tanto na sua localização como no seu tamanho, desenvolvendo um número infinito de círculos geográficos distintos, cada um destes é elegível para ser um aglomerado<sup>36</sup>.

A estatística de varredura usa diferentes modelos de probabilidade, e, para o número de vacinados nos municípios mineiros, foi estabelecido o modelo discreto de Poisson, modelo este considerado o mais adequado para a modelagem de taxas ou dados de contagem. Para cada janela analisada, testa-se a hipótese nula (H0) ante a hipótese alternativa (H1) para a existência de um risco elevado do evento analisado (cobertura vacinal), em comparação com a janela exterior, ou seja, o restante do território analisado<sup>40</sup>.

A análise foi processada pelo *software* SaTScan 9.6, delimitando como parâmetro a não sobreposição geográfica dos aglomerados<sup>41</sup>. O teste de significância dos aglomerados identificados baseou-se na comparação entre as estatísticas de teste de razão de verossimilhança e uma distribuição nula, obtida de acordo com a simulação de Monte Carlo. O número maior de replicações realizadas na simulação de Monte Carlo afeta o poder do respectivo teste, e, para analisar a vacinação no estado, estabeleceu-se 999 replicações<sup>36</sup>.

Para os aglomerados significativos, foi considerado o risco relativo (RR) como forma de comparação das informações em áreas dessemelhantes. O RR é uma medida epidemiológica com valor não negativo e que representa o quão comum é o evento no determinado aglomerado espacial. Considerando o número de vacinados no estado de Minas Gerais, os valores de RR maiores que 1 (RR>1) repre-

#### Quadro 1. Descrição das variáveis consideradas para o estudo.

Variáveis	
Variável resposta	
Cobertura vacinal	A cobertura vacinal apresenta no numerador o total de doses que completam o esquema de cada vacina e, no denominador, o número de nascidos vivos no município (registrados no Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos), multiplicado por 100. O Programa Nacional de Imunizações estabeleceu meta de: 95% para tríplice viral, hepatite A e varicela <sup>37</sup> .
Variáveis explicativas - variáveis socioeconômicas	
Índice de desenvolvimento humano municipal	O índice de desenvolvimento humano municipal é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. O índice varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano <sup>33</sup> .
Taxa de urbanização	Quantitativo da população urbana dividido pelo da população total, multiplicado por 100. A taxa de urbanização corresponde ao percentual de população urbana de cada estado em relação à população total <sup>33</sup> .
Produto interno bruto <i>per capita</i>	Corresponde ao valor do produto interno bruto total do município no ano dividido pela sua população total, em reais correntes <sup>39</sup> .

sentam um aumento na probabilidade de ser vacinado em determinado local, enquanto o valor menor que 1 ( $RR < 1$ ) se opõe a essa definição, ou seja, uma redução na chance de ser vacinado em uma região<sup>42</sup>. Esse cálculo é realizado pela seguinte fórmula matemática:

$$RR = \frac{cE[c]}{(c-e)(E[c]-E[e])} = \frac{cE[c]}{(c-e)/(c-E[e])}$$

Sendo  $c$  o número de casos observados dentro do *cluster*,  $C$  o número total de casos no conjunto de dados,  $E[c]$  o número de casos esperados dentro da janela sob a hipótese nula. Calcularam-se também os intervalos de confiança (IC95%) dos RR dos aglomerados espaciais significativos<sup>43,44</sup>.

Para identificar os fatores socioeconômicos correlacionados com a distribuição espacial da vacinação no estado de Minas Gerais, foi conduzida a análise denominada Moran Bivariado. Essa análise é uma medida global de autocorrelação para medir a influência ou correlação de uma variável perante outra em suas proximidades<sup>45</sup>.

O Moran Bivariado pode ser interpretado como um coeficiente de regressão em uma regressão bivariada, sendo gerado valor de  $p$ , com valores significativos ( $p < 0,05$ )<sup>45</sup>. As variáveis selecionadas para a análise de correlação espacial foram aquelas apresentadas no método, sendo elas: índice de desenvolvimento humano municipal; taxa de urbanização e produto interno bruto *per capita*.

Tanto para a análise de autocorrelação espacial global (índice de Moran) como para o Moran Bivariado (correlação espacial), foi considerada uma matriz de vizinhança do tipo *Queen*, em que municípios que dividem limites são considerados vizinhos. Essas análises foram conduzidas no *software* Geoda 1.12.

Para elaborar os mapas coropléticos com os resultados das respectivas análises de varredura, foi utilizada a base cartográfica do estado de Minas Gerais e de seus respec-

tivos municípios, obtida gratuitamente no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e elaborada por meio do *software* ArcGIS 10.8.

O estudo utiliza-se de dados de domínio público de acesso irrestrito, para o qual não existe identificação dos indivíduos participantes da investigação, portanto, não sendo necessária apreciação por parte de Comitê de Ética em Pesquisa.

## RESULTADOS

No estado de Minas Gerais, em 2020, foram observadas baixas coberturas para as vacinas de hepatite A (89,0%), varicela (89,0%) e tríplice viral (75,7%). Identificou-se que somente 57,2% ( $n=488$ ) dos municípios atingiram coberturas maiores ou iguais a 95,0% para a hepatite A, 56,2% ( $n=479$ ) para a varicela e 35,3% ( $n=301$ ) para a tríplice viral. Ao analisar a Figura 2, observam-se semelhanças na distribuição espacial das coberturas para as vacinas hepatite A e varicela. Esse padrão não foi identificado na distribuição da vacina tríplice viral, que apresentou maior número de municípios com coberturas abaixo de 95% ( $n=552$ ).

A estatística *scan* espacial detectou a presença de aglomerados estatisticamente significativos para a cobertura vacinal da hepatite A, tríplice viral e varicela (Figura 3).

Nas regiões Norte e Nordeste, foram observados os aglomerados com maior extensão territorial (maior número de municípios do mesmo aglomerado) que apresentaram menor chance de vacinar sua população com as vacinas hepatite A (*cluster* 4), tríplice viral (*cluster* 5) e varicela (*cluster* 5). A região Triângulo do Sul também apresentou aglomerado com menor chance de vacinar as crianças contra a varicela (*cluster* 6). Destaca-se que as regiões Centro, Centro-Oeste, Centro-Sul (hepatite A: *cluster* 5; tríplice viral: *cluster* 6 e 7; varicela: *cluster* 7 e 8) e Noroeste (tríplice viral:

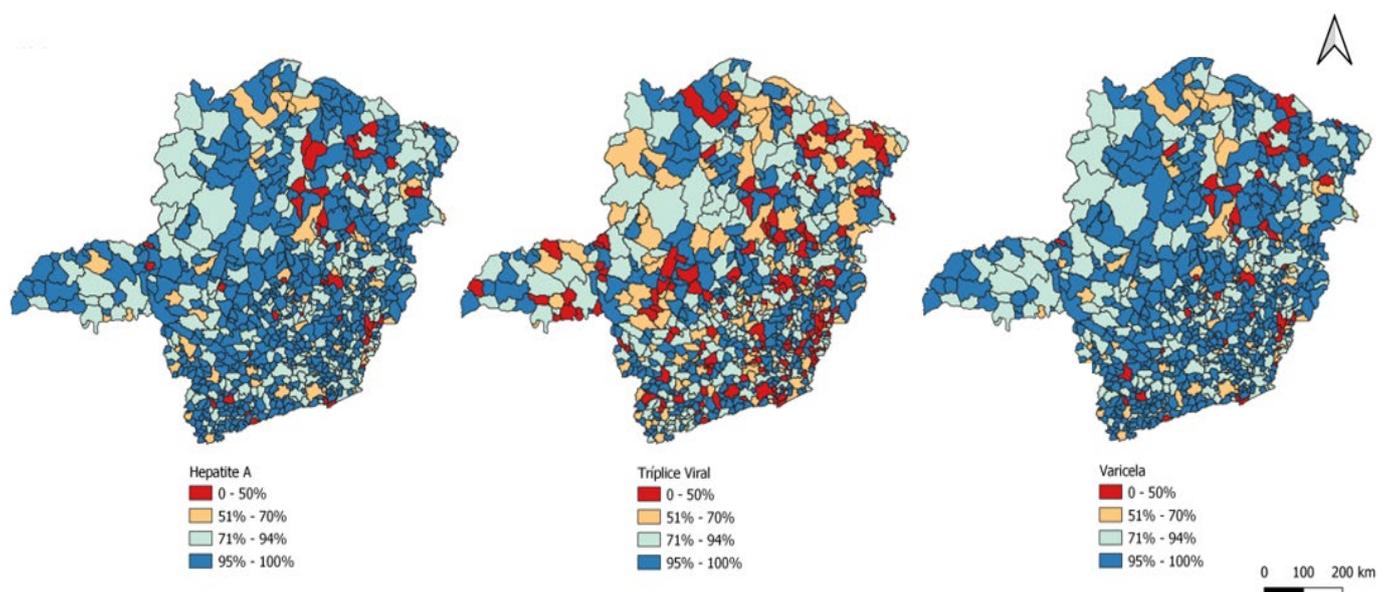


Figura 2. Distribuição espacial da cobertura vacinal da hepatite A, tríplice viral e varicela em Minas Gerais, 2020.

cluster 9) demonstraram comportamento inverso, ou seja, maior chance de vacinar a população.

A vacina hepatite A apresentou seis aglomerados, quatro deles com menor chance de a população ser vacinada. As vacinas tríplice viral e varicela obtiveram nove aglomerados. Em ambas, observaram-se mais aglomerados com menor chance de terem sua população vacinada. Tanto os aglomerados de maior ou menor chance de vacinação apresentam um padrão semelhante, ou seja, estão em regiões próximas, mesmo eles tendo tamanhos diferentes, pressupondo-se que existem características que levam os municípios a terem coberturas similares.

Na tentativa de identificar fatores que possam influenciar a alteração dos valores das coberturas das vacinas hepatite A, tríplice viral e varicela em termos exploratórios, são indicados, na Tabela 1, os resultados de análises realizadas entre as coberturas vacinais, em 2020, e as variáveis socioeconômicas selecionadas para o estudo. A variável índice de desenvolvimento humano municipal teve correlação espacial positiva, altamente significativa estatisticamente, para as coberturas das três vacinas analisadas. Isso indica que municípios com porcentagens mais altas

de cobertura vacinal tendem a estar espacialmente correlacionados quando índices de desenvolvimento humano municipal estão mais altos nos seus municípios vizinhos.

Observou-se ainda que as variáveis taxa de urbanização e produto interno bruto *per capita* tiveram uma pequena correlação espacial positiva para as coberturas vacinais da hepatite A e varicela. Destaca-se que a cobertura vacinal da tríplice viral, apesar de ter mostrado tendência similar de correlação espacial positiva com esses índices, porém de magnitude muito baixa, apresenta uma importante singularidade na sua distribuição espacial. Isso é um forte indício de que existe algum fator externo que está influenciando essa distribuição espacial. Contudo esse fator externo não está incluído nesta análise, o que resulta em um valor diferente de Moran Bivariado das vacinas hepatite A e varicela.

## DISCUSSÃO

A análise espacial da cobertura vacinal em tempos de pandemia apontou um comportamento heterogêneo das vacinas hepatite A, tríplice viral e varicela entre as macror-

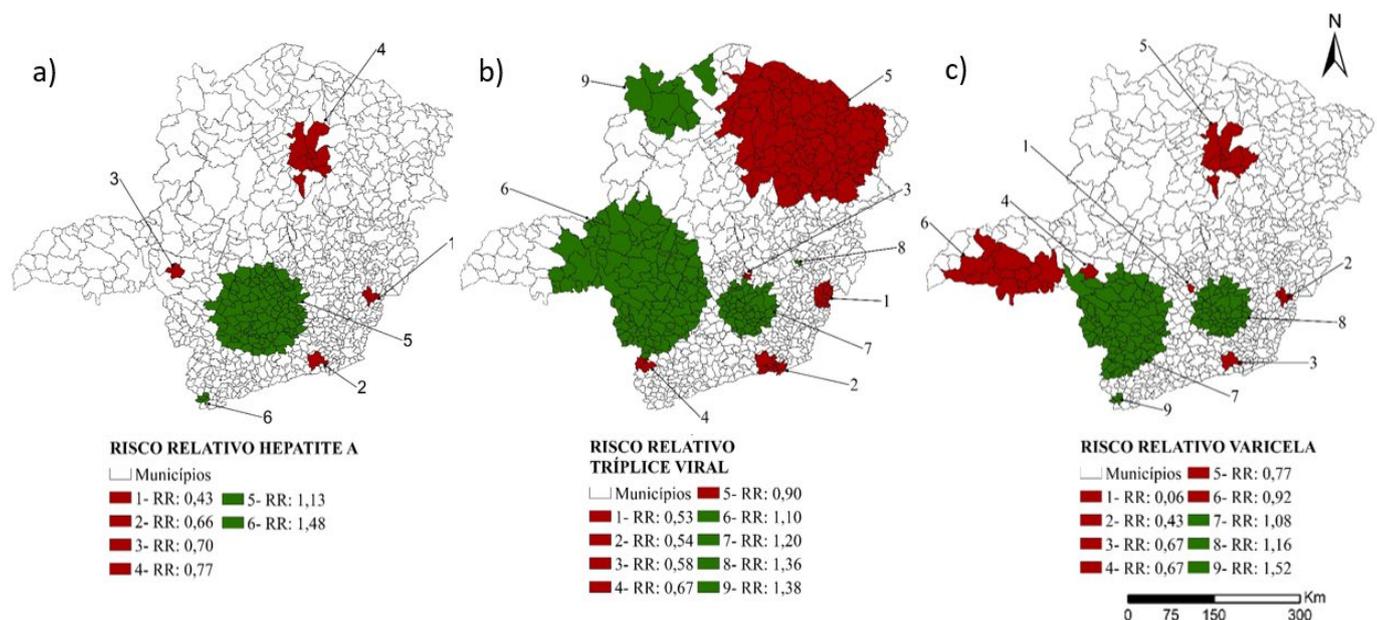


Figura 3. Áreas de aglomerados espaciais da cobertura vacinal referentes às vacinas hepatite A, tríplice viral, varicela em menores de dois anos, Minas Gerais, 2020.

Tabela 1. Fatores socioeconômicos associados à cobertura vacinal da hepatite A, tríplice viral e varicela em Minas Gerais, 2020.

Variáveis socioeconômicas	Índice de Moran Global Bivariado		
	Hepatite A I (p-valor)*	Tríplice viral I (p-valor)*	Varicela I (p-valor)*
Índice de desenvolvimento humano municipal	0,089 (0,001)	0,032 (0,017)	0,091 (0,001)
Taxa de urbanização	0,057 (0,002)	0,021 (0,100)	0,057 (0,003)
Produto interno bruto <i>per capita</i>	0,033 (0,009)	0,005 (0,410)	0,032 (0,012)

\*Valores significativos (p<0,05).

regiões do estado brasileiro, e essa condição se encontra associada a fatores socioeconômicos.

Variações regionais nas coberturas também são observadas no Brasil e em outros países, e tais diferenças se devem às grandes discrepâncias geográficas, sociais e culturais entre e dentro das regiões<sup>16,46-50</sup>. O Brasil e o estado de Minas Gerais, por exemplo, compreendem grandes dimensões territoriais que têm efeitos socioeconômicos desiguais entre os grupos populacionais<sup>51</sup>. Essa desigualdade afeta diretamente as condições de acesso e atendimento aos serviços de saúde, principalmente para populações mais carentes ou vulneráveis<sup>52</sup>. Cada vez mais é reconhecida internacionalmente a necessidade de uma melhor governança das interdependências entre os sistemas de saúde, sociais, ambientais e econômicos para garantir a equidade na saúde pública<sup>27</sup>.

Neste estudo, observou-se maior correlação espacial da cobertura vacinal com o índice de desenvolvimento humano municipal, medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda.

Na Espanha, o maior nível de escolaridade dos pais promoveu o aumento da probabilidade de as crianças serem vacinadas<sup>53</sup>. Na Nigéria, crianças pertencentes às famílias de maior renda contribuíram para a completude do esquema vacinal<sup>54</sup>. No Brasil, estudos relatam que, quanto maior o nível de escolaridade<sup>55,56</sup> e renda dos pais<sup>8,57,58</sup>, menor é a completude do esquema vacinal, o que pode estar associado à hesitação vacinal<sup>8,26,57,59</sup>, mais evidente durante a pandemia da COVID-19, que expôs preocupações com a qualidade e segurança dos imunobiológicos<sup>8,26,59</sup>.

O produto interno bruto e a taxa de urbanização repercutem sobre a cobertura vacinal e os demais fatores socioeconômicos, pois podem contribuir para um cenário de pobreza<sup>8,50</sup>, impactando assim o acesso organizacional, geográfico e a qualidade dos serviços de saúde<sup>16,18,19,22,60,61</sup>. Estudos brasileiros identificaram que a localidade da residência influencia a queda da cobertura vacinal<sup>57,62</sup>.

Contudo, para além das desigualdades socioeconômicas observadas neste estudo, há evidência de outros determinantes associados às baixas coberturas vacinais, como a dificuldade de acesso aos serviços de saúde<sup>22,63</sup>, o número de filhos<sup>64,65</sup>, as oportunidades perdidas de vacinação<sup>66,67</sup>, o subfinanciamento do setor de saúde e a complexidade do calendário vacinal<sup>14</sup>. A pandemia da COVID-19 também agravou as desigualdades sociais pré-existentes na saúde, expondo mazelas sociais profundamente enraizadas, discriminação e gradientes de saúde nas populações humanas, entre e dentro dos países<sup>27</sup>.

Pressupõe-se que há um fator externo influenciando a distribuição da cobertura vacinal de tríplice viral. Esse fator pode se relacionar ao registro de doses aplicadas no Sistema de Informação de Imunização no Brasil. A mudança desse sistema do Brasil, ocorrida em 2014, que alterou a forma de alimentar o sistema, passando para o registro

nominal, trouxe dificuldades nos lançamentos dos registros de doses aplicadas<sup>68,69</sup>. Atualmente, o lançamento do registro de doses aplicadas é feito no Prontuário Eletrônico do Cidadão, *software* desenvolvido pela estratégia e-SUS Atenção Primária à Saúde<sup>35</sup>.

O calendário de vacinação infantil no Brasil prevê uma dose de tríplice viral aos 12 meses e uma segunda dose de tríplice viral associada ao componente varicela (tetra viral) aos 15 meses<sup>37</sup>. Contudo a distribuição da vacina tetraviral não ocorre de forma sistemática para todos os estados brasileiros. Em Minas Gerais, desde 2018, não há abastecimento com essa vacina<sup>70</sup>. Pressupõe-se que alguns profissionais estejam realizando o lançamento da segunda dose da tríplice viral no campo da vacina tetraviral. Esse pressuposto aponta para coberturas subestimadas, o que condiz com os achados neste estudo, em que a vacina tríplice viral apresentou um comportamento espacial diferente das outras vacinas (hepatite A e varicela), ambas administradas aos 15 meses de idade.

A utilização do Sistema de Informação de Imunização torna-se um processo complexo e multidimensional influenciado por condições estruturais e de processo, problemas nos componentes tecnológicos dos *softwares*, pouca experiência da equipe de saúde com recursos tecnológicos e treinamento no manuseio e entendimento do sistema, o que impacta o lançamento desses dados e automaticamente a cobertura vacinal<sup>68,71,72</sup>.

Embora este estudo tenha buscado fornecer uma visão geral dos correlatos da cobertura vacinal, é provável que exista variabilidade regional dentro dos municípios e também entre outros conjuntos de aglomerados. Entre as limitações do presente estudo, é importante considerar que ele foi do tipo ecológico, embasado em dados secundários, que podem apresentar inconsistência na qualidade e quantidade de informações, em razão de preenchimentos e lançamentos equivocados de doses aplicadas no sistema de informação. Mas, apesar disso, a escolha por esse tipo de fonte reduz os custos operacionais e não inviabiliza a realização das análises. Para minimizar essa limitação, foi realizada a análise de consistência da base de dados.

Os resultados deste artigo são úteis para projetar intervenções quanto à estruturação dos serviços de imunização e implementação de ações de gerenciamento (supervisão, monitoramento, avaliação) pelos gestores e profissionais de saúde, para aumentar a cobertura vacinal nas localidades de maior risco de transmissão de doenças imunopreveníveis. No campo da pesquisa, é preciso avançar no conhecimento sobre a prática dos profissionais atuantes em sala de vacinação nas ações de vigilância da situação vacinal infantil e confirmar, por meio de outros delineamentos metodológicos, os fatores que impactam a cobertura vacinal da população infantil.

Além disso, os registros de vacinação e a qualidade dos dados dos Sistemas de Informação de Imunização são questões que requerem atenção e devem ser continua-

mente acompanhados, para aprimoramento desses dados e redução de informações lançadas de forma equivocada.

Por fim, este estudo visa subsidiar políticas e promover ampliação equitativa do acesso e da utilização dos serviços de imunização, mas, para isso, novos estudos são necessários.

## REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Immunization agenda 2030: a global strategy to leave no one behind. Geneva: World Health Organization; 2020.
2. Turner HC, Thwaites GE, Clapham HE. Vaccine-preventable diseases in lower-middle-income countries. *Lancet Infect Dis* 2018; 18: 937-9. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(18\)30478-X](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(18)30478-X)
3. World Health Organization. Immunization. Geneva: World Health Organization; 2019.
4. Diniz MO, Ferreira LCS. Biotecnologia aplicada ao desenvolvimento de vacinas. *Estudos Avançados* 2010; 24: 19-30. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000300003>
5. Organização Pan-Americana da Saúde. Pandemia de COVID-19 leva a grande retrocesso na vacinação infantil, mostram novos dados da OMS e UNICEF [Internet]. 2021 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/15-7-2021-pandemia-covid-19-leva-grande-retrocesso-na-vacinacao-infantil-mostram-novos>
6. Peck M, Gacic-Dobo M, Diallo MS, Nedelec Y, Sodha SS, Wallace AS. Global routine vaccination coverage, 2018. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2019; 68(42): 937-42. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6842a1>
7. Di Pietrantonj C, Rivetti A, Marchione P, Debalini MG, Demicheli V. Vaccines for measles, mumps, rubella, and varicella in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2020; 4: CD004407. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004407.pub4>
8. Brito WI, Souto FJD. Universal hepatitis A vaccination in Brazil: analysis of vaccination coverage and incidence five years after program implementation. *Rev Bras Epidemiol* 2020; e200073. <https://doi.org/10.1590/1980-5497202000073>
9. Organização Pan-Americana da Saúde. Dados preliminares da OMS apontam que casos de sarampo em 2019 quase triplicaram em relação ao ano passado [Internet]. 2019 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/12-8-2019-dados-preliminares-da-oms-apontam-que-casos-sarampo-em-2019-quase-triplicaram-em>
10. Fundo das Nações Unidas para a Infância. Surto global de sarampo, uma ameaça crescente para crianças [Internet]. 2019 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/surto-global-de-sarampo-uma-ameaca-crescente-para-criancas>
11. Organização Pan-Americana da Saúde. OMS e UNICEF alertam para declínio na vacinação durante pandemia de COVID-19 [Internet]. 2020 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/15-7-2020-oms-e-unicef-alertam-para-declinio-na-vacinacao-durante-pandemia-covid-19>
12. Newcomer SR, Freeman RE, Wehner BK, Anderson SL, Daley MF. Timeliness of early childhood vaccinations and undervaccination patterns in Montana. *Am J Prev Med* 2021; 61(1): e21-e29. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2021.01.038>
13. Sato APS. What is the importance of vaccine hesitancy in the drop of vaccination coverage in Brazil? *Rev Saude Publica* 2018; 52: 96. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052001199>
14. Silveira MF, Buffarini R, Bertoldi AD, Santos IS, Barros AJD, Matijasevich A, et al. The emergence of vaccine hesitancy among upper-class Brazilians: results from four birth cohorts, 1982-2015. *Vaccine* 2020; 38(3): 482-8. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.10.070>
15. Braz RM, Domingues CMAS, Teixeira AMS, Luna EJA. Classification of transmission risk of vaccine-preventable diseases based on vaccination indicators in Brazilian municipalities. *Epidemiol Serv Saude* 2016; 25(4): 745-54. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000400008>
16. Arroyo LH, Ramos ACV, Yamamura M, Weiller TH, Crispim JA, Cartagena-Ramos D, et al. Áreas com queda da cobertura vacinal para BCG, poliomielite e tríplice viral no Brasil (2006-2016): mapas da heterogeneidade regional. *Cad Saude Publica* 2020; 36: e00015619. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00015619>
17. Manetti CL, Fernandes B, Oliveira DK, Banovski DC, Araújo SP, Brusque CEP, et al. Varicela grave: uma análise das notificações compulsórias, Brasil 2012 a 2019. *Res Soc Dev* 2021; 10(2): e7510212026. <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I2.12026>
18. Hortal M, Di Fabio JL. Rechazo y gestión en vacunaciones: sus claroscuros. *Rev Panam Salud Publica* 2019; 43: e54. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2019.54>
19. Guzman-Holst A, DeAntonio R, Prado-Cohrs D, Juliao P. Barriers to vaccination in Latin America: a systematic literature review. *Vaccine* 2020; 38(3): 470-81. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.10.088>
20. Hu Y, Chen Y. Evaluating childhood vaccination coverage of NIP vaccines: coverage survey versus zhejiang provincial immunization information system. *Int J Environ Res Public Health* 2017; 14(7): 758. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070758>
21. Figueiredo A, Johnston IG, Smith DMD, Agarwal S, Larson HJ, Jones NS. Forecasted trends in vaccination coverage and correlations with socioeconomic factors: a global time-series analysis over 30 years. *Lancet Glob Health* 2016; 4(10): e726-35. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30167-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30167-X)
22. Duarte DC, Oliveira VC, Guimarães EAA, Viegas SMF. Vaccination access in Primary Care from the user's perspective: senses and feelings about healthcare services. *Esc Anna Nery* 2019; 23: e20180250. <https://doi.org/10.1590/2177-9465-EAN-2018-0250>
23. Veras AACA, Lima EJJ, Caminha MFC, Silva SL, Castro AAM, Bernardo ALB, et al. Vaccine uptake and associated factors in an irregular urban settlement in northeastern Brazil: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2020; 20(1): 1152. <https://doi.org/10.1186/S12889-020-09247-7>

24. Ferreira AV, Freitas PHB, Viegas SMF, Oliveira VC. Access to the vaccine room of the family health strategy: organization aspects. *J Nurs UFPE on line* 2017; 11(10): 3869-77. <https://doi.org/10.5205/reuol.12834-30982-1-SM.1110201722>
25. Bramer CA, Kimmins LM, Swanson R, Kuo J, Vranesich P, Jacques-Carroll LA, et al. Decline in child vaccination coverage during the COVID-19 pandemic — Michigan Care Improvement Registry, May 2016-May 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2022; 69(20): 630-1. <https://doi.org/10.15585/MMWR.MM6920E1>
26. Sato APS. Pandemic and vaccine coverage: challenges of returning to schools. *Rev Saude Publica* 2020; 54: 115. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2020054003142>
27. Mujica OJ, Brown CE, Victora CG, Goldblatt P, Silva Jr JB. Health inequity focus in pandemic preparedness and response plans. *Bull World Health Organ* 2022; 100(2): 91. <https://doi.org/10.2471/BLT.21.287580>
28. Succi RCM. Vaccine refusal – what we need to know. *J Pediatr (Rio J)* 2018; 94(6): 574-81. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.01.008>
29. Metcalf TU, Cubas RA, Ghneim K, Cartwright MJ, Van Grevenynghe J, Richner JM, et al. Global analyses revealed age-related alterations in innate immune responses after stimulation of pathogen recognition receptors. *Aging Cell* 2015; 14(3): 421-32. <https://doi.org/10.1111/accel.12320>
30. Rodrigues CMC, Plotkin SA. Impact of vaccines; health, economic and social perspectives. *Front Microbiol* 2020; 11: 1526. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01526>
31. Fundo das Nações Unidas para a Infância. Improving vaccination coverage and reducing inequities: use of GIS in immunization programs. New York 25-26 October, 2016 [Internet]. 2017 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <https://www.unicef.org/media/58031/file>
32. Silva TPR, Gomes CS, Carmo AS, Mendes LL, Rezende EM, Velasquez-Melendez G, et al. Spatial analysis of vaccination against hepatitis B in pregnant women in an urban Brazilian area. *Cien Saude Colet* 2021; 26(3): 1173-82. <https://doi.org/10.1590/1413-81232021263.28262018>
33. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem da população de 2008 [Internet]. 2017 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>
34. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Macrorregiões de Saúde de Minas Gerais [Internet]. 2021 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>
35. Ministério da Saúde. e-SUS Atenção Primária à Saúde. Prontuário Eletrônico do Cidadão (PEC). Manual de uso – Versão 5 [Internet]. 2021 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <https://cgiap-saps.github.io/Manual-eSUS-APS/docs/PEC>
36. Kulldorff M, Nagarwalla N. Spatial disease clusters: detection and inference. *Stat Med* 1995; 14(8): 799-810. <https://doi.org/10.1002/SIM.4780140809>
37. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Programa Nacional de Imunizações. Coberturas vacinais no Brasil: período 2010–2014 [Internet]. 2015 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: [https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit\\_accion\\_files/br\\_5113.pdf](https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/br_5113.pdf)
38. Brasil. Ministério da Saúde. DATASUS. Nascidos vivos – Brasil [Internet]. 2022 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sinasc/cnv/nvuf.def>
39. Fundação João Pinheiro. Estatística e informações: Minas Gerais [Internet]. 2019 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <http://fjp.mg.gov.br/>
40. Lucena KDT, Silva ATMC, Moraes RM, Silva CC, Bezerra IMP. Análise espacial da violência doméstica contra a mulher entre os anos de 2002 e 2005 em João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Cad Saude Publica* 2012; 28(6): 1111-21. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2012000600010>
41. Coulston JW, Riitters KH. Geographic analysis of forest health indicators using spatial scan statistics. *Environ Manage* 2003; 31(6): 764-73. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-0023-9>
42. Lawson A. Bayesian disease mapping: hierarchical modeling in spatial epidemiology. 3<sup>rd</sup> ed. United Kingdom: Chapman and Hall/CRC; 2021.
43. Arroyo LH, Yamamura M, Protti-Zanatta ST, Fusco APB, Palha PF, Ramos ACV, et al. Identificação de áreas de risco para a transmissão da tuberculose no município de São Carlos, São Paulo, 2008 a 2013. *Epidemiol Serv Saúde* 2017; 26(3): 525-34. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000300010>
44. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Índice Paulista de Vulnerabilidade Social [Internet]. 2013 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <http://ipvs.seade.gov.br/view/index.php>
45. Anselin L. The Moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association. In: Fischer M, editor. *Spatial analytical perspectives on GIS*. London: Routledge; 2019. p. 111-26. <https://doi.org/10.1201/9780203739051-8>
46. World Health Organization. World Health Organization vaccination coverage cluster surveys: reference manual. Geneva: World Health Organization; 2018.
47. Organização Pan-Americana da Saúde. Países das Américas devem tomar medidas para manter a pólio fora da Região [Internet]. 2018 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/23-10-2018-paises-das-americas-devem-tomar-medidas-para-manter-polio-fora-da-regiao>
48. Queiroz RCCS, Queiroz RCS, Rocha TAH, Silva FS, Santos IG, Silva IP, et al. Vaccination services and incomplete vaccine coverage for children: a comparative spatial analysis of the BRISA cohorts, São Luís (Maranhão State) and Ribeirão Preto (São Paulo State), Brazil. *Cad Saude Publica* 2021; 37(6): e00037020. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00037020>
49. Agegnehu CD, Alem AZ. Exploring spatial variation in BCG vaccination among children 0-35 months in Ethiopia: spatial analysis of Ethiopian Demographic and Health Survey 2016. *BMJ Open* 2021; 11(4): e043565. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-043565>

50. Melaku MS, Nigatu AM, Mewosha WZ. Spatial distribution of incomplete immunization among under-five children in Ethiopia: evidence from 2005, 2011, and 2016 Ethiopian Demographic and health survey data. *BMC Public Health* 2020; 20(1): 1362. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09461-3>
51. Domingues EP, Magalhães AS, Faria WR. Infraestrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em Minas Gerais. *Pesqui Planej Econ* 2009; 39(1): 121-58.
52. Perrett KP, Nolan TM. Immunization during pregnancy: impact on the infant. *Paediatr Drugs* 2017; 19(4): 313-24. <https://doi.org/10.1007/s40272-017-0231-7>
53. Mora T, Trapero-Bertran M. The influence of education on the access to childhood immunization: the case of Spain. *BMC Public Health* 2018; 18(1): 893. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5810-1>
54. Adebowale A, Obembe T, Bamgboye E. Relationship between household wealth and childhood immunization in core-North Nigeria. *Afr Health Sci* 2019; 19(1): 1582-93. <https://doi.org/10.4314/ahs.v19i1.33>
55. Couto MT, Barbieri CLA. Cuidar e (não) vacinar no contexto de famílias de alta renda e escolaridade em São Paulo, SP, Brasil. *Ciê Saúde Coletiva* 2015; 20(1): 105-14. <https://doi.org/10.1590/1413-81232014201.21952013>
56. Smith PJ, Chu SY, Barker LE. Children who have received no vaccines: who are they and where do they live? *Pediatrics* 2004; 114(1): 187-95. <https://doi.org/10.1542/peds.114.1.187>
57. Cata-Preta BO, Santos TM, Mengistu T, Hogan DR, Barros AJD, Victora CG. Zero-dose children and the immunisation cascade: understanding immunisation pathways in low and middle-income countries. *Vaccine* 2021; 39(32): 4564-70. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.02.072>
58. Barata RB, Ribeiro MCSA, Moraes JC, Flannery B, Vaccine Coverage Survey 2007 Group. Socioeconomic inequalities and vaccination coverage: results of an immunisation coverage survey in 27 Brazilian capitals, 2007-2008. *J Epidemiol Community Health* 2012; 66(10): 934-41. <https://doi.org/10.1136/jech-2011-200341>
59. Aps LRMM, Piantola MAF, Pereira SA, Castro JT, Santos FAO, Ferreira LCS. Adverse events of vaccines and the consequences of non-vaccination: a critical review. *Rev Saude Publica* 2018; 52: 40. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000384>
60. Mizuta AH, Succi GM, Montalli VAM, Succi RCM. Perceptions on the importance of vaccination and vaccine refusal in a medical school. *Rev Paul Pediatr* 2019; 37(1): 34-40. <https://doi.org/10.1590/1984-0462/2019;37;1;00008>
61. My C, Danchin M, Willaby HW, Pemberton S, Leask J. Parental attitudes, beliefs, behaviours and concerns towards childhood vaccinations in Australia: a national online survey. *Aust Fam Physician* 2017; 46(3): 145-51. PMID: 28260278
62. Gonçalves JS, Olivindo DDF. As coberturas vacinais no controle das doenças imunopreveníveis: uma revisão integrativa. *Res Soc Dev* 2021; 10(6): e59110616536. <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I6.16536>
63. Escobar-Díaz F, Osorio-Merchán MB, De la Hoz-Restrepo F. Motivos de no vacunación en menores de cinco años en cuatro ciudades colombianas. *Rev Panam Salud Publica* 2017; 41: e123. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2017.123>
64. Silva FS, Barbosa YC, Batalha MA, Ribeiro MRC, Simões VMF, Branco MRFC, et al. Incomplete childhood immunization with new and old vaccines and associated factors: BRISA birth cohort, São Luís, Maranhão State, Northeast Brazil. *Cad Saude Publica* 2018; 34(3): e00041717. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00041717>
65. Tauil MC, Sato APS, Costa AA, Inenami M, Ferreira VLR, Waldman EA. Vaccination coverage according to doses received and timely administered based on an electronic immunization registry, Araraquara-SP, Brazil, 2012-2014. *Epidemiol Serv Saude* 2017; 26(4): 835-46. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000400014>
66. Olorunsaiye CZ, Langhamer MS, Wallace AS, Watkins ML. Missed opportunities and barriers for vaccination: a descriptive analysis of private and public health facilities in four African countries. *Pan Afr Med J* 2017; 27(Suppl 3): 6. <https://doi.org/10.11604/pamj.suppl.2017.27.3.12083>
67. Assad SGB, Corvino MPF, Valente GSC, Cortez EA, Santos SCP. Educação permanente e vacinação: minimizando oportunidades perdidas. *Res Soc Dev* 2020; 9(11): e59391110198. <https://doi.org/10.33448/RSD-V9I11.10198>
68. Silva BS, Guimarães EAA, Oliveira VC, Cavalcante RB, Pinheiro MMK, Gontijo TL, et al. National immunization program information system: implementation context assessment. *BMC Health Serv Res* 2020; 20(1): 333. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05175-9>
69. Cruz A. A queda da imunização no Brasil. *Consensus* 2017; 20-9.
70. Brasil. Ministério da Saúde. Coordenação-Geral do Programa Nacional de Imunizações. Nota informativa nº 135-SEI/2017-CGPNI/DEVIT/SVS/MS. Informa as mudanças no Calendário Nacional de Vacinação para o ano de 2018 [Internet]. 2017 [acesso em 21 out. 2022]. Disponível em: [https://saude.es.gov.br/Media/sesa/Imuniza%C3%A7%C3%A3o/SEI\\_MS%20-%20Nota%20Informativa%20135%20-%20mudancas%20no%20calendario%20nacional%20de%20vacinacao%202018.pdf](https://saude.es.gov.br/Media/sesa/Imuniza%C3%A7%C3%A3o/SEI_MS%20-%20Nota%20Informativa%20135%20-%20mudancas%20no%20calendario%20nacional%20de%20vacinacao%202018.pdf)
71. Oliveira VC, Guimarães EAA, Amaral GG, Silva TIM, Fabríz LA, Pinto IC. Acceptance and use of the information system of the national immunization program. *Rev Lat Am Enfermagem* 2020; 28: e3307. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.3360.3307>
72. Guimarães EAA, Morato YC, Carvalho DBF, Oliveira VC, Pivatti VMS, Cavalcante RB, et al. Evaluation of the usability of the immunization information system in Brazil: a mixed-method study. *Telemed J E Health* 2021; 27(5): 551-60. <https://doi.org/10.1089/TMJ.2020.0077>

## ABSTRACT

**Objective:** To analyze the spatial behavior of hepatitis A, measles, mumps, and rubella (MMR), and varicella vaccination coverage in children and its relationship with socioeconomic determinants in the state of Minas Gerais. **Methods:** This ecological study investigated records of doses administered to children, extracted from the Immunization Information System of 853 municipalities in Minas Gerais, in 2020. We analyzed the vaccination coverage and socioeconomic factors. Spatial scan statistics were used to identify spatial clusters and measure the relative risk based on the vaccination coverage indicator and the Bivariate Moran Index, and thus detect socioeconomic factors correlated with the spatial distribution of vaccination. We used the cartographic base of the state and its municipalities and the ArcGIS and SPSS software programs. **Results:** Hepatitis A (89.0%), MMR (75.7%), and varicella (89.0%) showed low vaccination coverage. All vaccines analyzed had significant clusters. The clusters most likely to vaccinate their population were mainly located in the Central, Midwest, South Central, and Northwest regions, while the least likely were in the North, Northeast, and Triângulo do Sul regions. The municipal human development index, urbanization rate, and gross domestic product were spatially dependent on vaccination coverage. **Conclusions:** The spatial behavior of hepatitis A, MMR, and varicella vaccination coverage is heterogeneous and associated with socioeconomic factors. We emphasize that vaccination records require attention and should be continuously monitored to improve the quality of information used in services and research.

**Keywords:** Immunization programs. Vaccines. Vaccination coverage. Health information systems. Spatial analysis. Public health nursing.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal de São João del-Rei – Divinópolis (MG) e da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais – Belo Horizonte (MG).

**COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA:** O estudo utiliza-se de dados de domínio público de acesso irrestrito, para o qual não existe identificação dos indivíduos participantes da investigação, portanto, não sendo necessária apreciação por parte de Comitê de Ética em Pesquisa.

**COLABORAÇÃO DOS AUTORES:** Oliveira, G. C. C. F.: Análise formal, Curadoria de dados, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Metodologia. Arroyo, L. H.: Curadoria de dados, Metodologia. Vimieiro, A. M.: Conceituação. Gusmão, J. D.: Conceituação. Oliveira, V. C.: Análise formal, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição. Guimarães, E. A. A.: Administração do projeto, Análise formal, Conceituação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Metodologia, Obtenção de financiamento, Supervisão.

**FONTE DE FINANCIAMENTO:** Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (APQ-00638-21); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (código 001).

