

Cobertura vacinal em menores de um ano e fatores socioeconômicos associados: mapas da heterogeneidade espacial

Vaccination coverage in children under one year of age and associated socioeconomic factors: maps of spatial heterogeneity

Coberturas de vacunación en menores de un año y factores socioeconómicos asociados: mapas de heterogeneidad espacial

Matheus Adriano Divino Pereira^I

ORCID: 0000-0002-5127-5659

Luis Henrique Arroyo^{II}

ORCID: 0000-0003-3302-0502

Maria Del Pilar Serrano Gallardo^{III}

ORCID: 0000-0002-5163-6821

Ricardo Alexandre Arcêncio^{IV}

ORCID: 0000-0003-4792-8714

Josianne Dias Gusmão^{IV}

ORCID: 0000-0001-5109-2687

Gabriela Gonçalves Amaral^{IV}

ORCID: 0000-0002-9629-2815

Valéria Conceição de Oliveira^I

ORCID: 0000-0003-2606-9754

Eliete Albano de Azevedo Guimarães^I

ORCID: 0000-0001-9236-8643

^IUniversidade Federal de São João del-Rei. Divinópolis, Minas Gerais, Brasil.

^{II}Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

^{III}Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España.

^{IV}Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

^VUniversidade do Estado de Minas Gerais. Divinópolis, Minas Gerais, Brasil.

Como citar este artigo:

Pereira MAD, Arroyo LH, Serrano Gallardo MDP, Arcêncio RA, Gusmão JS, 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. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2022-0734pt>

Autor Correspondente:

Eliete Albano de Azevedo Guimarães
E-mail: elietalbano@ufsj.edu.br



EDITOR CHEFE: Antonio José de Almeida Filho
EDITOR ASSOCIADO: Ana Fátima Fernandes

Submissão: 09-06-2022 **Aprovação:** 15-02-2023

RESUMO

Objetivo: analisar a distribuição espacial da cobertura vacinal em menores de um ano e os fatores socioeconômicos associados ao cumprimento das metas preconizadas em Minas Gerais. **Métodos:** estudo ecológico, realizado nos 853 municípios do estado. Foram analisadas as coberturas vacinais da pentavalente, poliomielite, meningocócica C, febre amarela, rotavírus, e pneumocócica conjugada 10-valente. Realizou-se estatística de varredura e regressão logística múltipla para identificar agrupamentos espaciais e fatores associados ao cumprimento das metas de cobertura. **Resultados:** a análise espacial revelou aglomerados com risco de baixas coberturas para todas as vacinas. Número de famílias com renda per capita até 1/2 salário, Índice Mineiro de Responsabilidade Social e percentual da população pobre ou extremamente pobre se mostraram associados ao cumprimento das metas preconizadas. **Conclusões:** os resultados são úteis para projetar intervenções quanto à estruturação dos serviços de vacinação e implementação de ações para aumentar a cobertura vacinal nos aglomerados com menor propensão à vacinação.

Descritores: Vacinação; Cobertura Vacinal; Criança; Análise Espacial; Estudos Ecológicos.

ABSTRACT

Objective: to analyze vaccination coverage spatial distribution in children under one year old and the socioeconomic factors associated with meeting the recommended goals in Minas Gerais. **Methods:** an ecological study, carried out in 853 municipalities in the state. Pentavalent, poliomyelitis, meningococcal conjugate, yellow fever, rotavirus, and 10-valent pneumococcal conjugate vaccination coverage were analyzed. Scan statistics and multiple logistic regression were performed to identify spatial clusters and factors associated with meeting coverage goals. **Results:** spatial analysis revealed clusters with risk of low coverage for all vaccines. Number of families with per capita income of up to 1/2 wage, Minas Gerais Social Responsibility Index and percentage of the poor or extremely poor population were associated with meeting the established goals. **Conclusions:** the results are useful for designing interventions regarding the structuring of vaccination services and the implementation of actions to increase vaccination coverage in clusters with less propensity to vaccinate.

Descriptors: Vaccination; Vaccination Coverage; Child; Spatial Analysis; Ecological Studies.

RESUMEN

Objetivo: analizar la distribución espacial de las coberturas de vacunación en menores de un año y los factores socioeconómicos asociados al cumplimiento de las metas recomendadas en Minas Gerais. **Métodos:** estudio ecológico, realizado en 853 municipios del estado. Se analizaron las coberturas vacunales de pentavalente, poliomielitis, meningococo C, fiebre amarilla, rotavirus y neumococo conjugado decaivalente. Se realizaron estadísticas de escaneo y regresión logística múltiple para identificar grupos espaciales y factores asociados con el cumplimiento de los objetivos de cobertura. **Resultados:** el análisis espacial reveló conglomerados con riesgo de baja cobertura para todas las vacunas. Número de familias con renta per cápita de hasta 1/2 salario, Índice de Responsabilidad Social Minas Gerais y porcentaje de población pobre o extremadamente pobre se asociaron al cumplimiento de las metas establecidas. **Conclusiones:** los resultados son útiles para el diseño de intervenciones en cuanto a la estructuración de los servicios de vacunación y la implementación de acciones para aumentar las coberturas de vacunación en los conglomerados con menor propensión a vacunar.

Descritores: Vacunación; Cobertura de Vacunación; Niño; Análisis Espacial; Estudios Ecológicos.

INTRODUÇÃO

A cobertura vacinal é uma medida-síntese de performance utilizada nos Programas Nacionais de Imunizações (PNI) e pode ser monitorada por meio de dados administrativos ou pesquisas periódicas de cobertura vacinal⁽¹⁻²⁾.

O *Global Vaccine Action Plan 2011-2020* propôs o cumprimento de metas de coberturas para todas as vacinas do calendário nacional de imunização até 2020. Contudo, menos de dois terços dos países atingiram a meta proposta, a exemplo da terceira dose da vacina tríplice bacteriana, com 66% de cobertura⁽¹⁾.

Na Europa, os países apresentam queda nas coberturas vacinais desde 2016, chegando a quase 14 milhões de crianças sem o esquema vacinal para as vacinas tríplice bacteriana (DTP) e sarampo em 2019⁽³⁾. Em Montana, nos Estados Unidos da América, menos de duas em cada cinco crianças menores de dois anos apresentou esquema completo para as vacinas administradas na infância⁽⁴⁾.

No Brasil, desde a década de 90, a vacinação apresenta níveis de coberturas satisfatórios, garantindo o acesso e maior equidade em saúde⁽⁵⁾. Entretanto, a partir de 2016, as coberturas vacinais para o público infantil têm declinado cerca de 10 a 20 pontos percentuais e, conseqüentemente, evidenciando efeitos negativos, como a ocorrência de epidemias, com a mais recente de sarampo em Roraima e no Amazonas⁽⁶⁻⁸⁾. Destaca-se ainda que a taxa de imunização contra a poliomielite no Brasil, em 2016, foi a mais baixa dos últimos 12 anos (84,4%)⁽⁹⁻¹⁰⁾. Recentemente, a pandemia de COVID-19 intensificou as iniquidades em saúde, com baixas coberturas vacinais de poliomielite e sarampo em municípios socialmente mais vulneráveis e desiguais⁽¹¹⁻¹²⁾.

Estudos realizados em Minas Gerais para analisar tendências da cobertura vacinal em menores de dois anos, entre 2014 e 2020, apontaram para baixas coberturas vacinais a partir de 2015. A vacina tríplice viral apresentou cobertura inferior a 95% em todos os anos analisados. As vacinas pentavalente, Bacilo Calmette-Guérin (BCG), poliomielite e rotavírus (VORH) foram as que apresentaram maior tendência decrescente entre as regiões do estado⁽¹³⁻¹⁴⁾.

As quedas nas coberturas vacinais estão frequentemente relacionadas ao *status* socioeconômico da população e às condições geográficas^(1,15-17), às características relacionadas às condições estruturais e de oferta e ao acesso aos serviços de saúde de cada localidade^(6,16,18) e, mais recentemente, à pandemia de COVID-19⁽¹⁹⁻²⁰⁾. O monitoramento sistemático da cobertura vacinal é uma atividade indispensável para conhecer as realidades onde estão inseridos fatores que vão desde a qualidade da gestão dos programas de vacinação até fatores políticos e socioeconômicos^(15,17,21). Esse monitoramento permite conhecer e identificar territórios que precisam de intervenções nos serviços de imunização para aumentar as coberturas vacinais^(11-12,18).

Considerando as quedas da cobertura vacinal no país e entre as regiões de Minas Gerais, segundo estado mais populoso do Brasil⁽⁹⁾, estudos são necessários para subsidiar a implementação de políticas estaduais de saúde em âmbito regional para aumentar as coberturas vacinais.

OBJETIVO

Analisar a distribuição espacial da cobertura vacinal em menores de um ano e identificar os fatores socioeconômicos associados

ao cumprimento das metas preconizadas de cobertura no estado de Minas Gerais, em 2018.

MÉTODOS

Aspectos éticos

Este estudo, no qual seguiram-se as orientações da Resolução nº466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos. Ademais, é derivado da dissertação de mestrado intitulada "Análise espacial da cobertura vacinal em menores de um ano, Minas Gerais, Brasil", apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Enfermagem da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus* Centro-Oeste Dona Lindu, em 2021, e está disponível em: https://ufsj.edu.br/pgenf/dissertacoes_defendidas.php

Desenho, período e local do estudo

Trata-se de um estudo ecológico realizado no estado de Minas Gerais, em 2018. Para elaboração do método, foram seguidas as recomendações do *STrengthening the Reporting of OBservational studies in Epidemiology*.

O estado de Minas Gerais é composto por quatorze macrorregiões identificadas como Sul (3101), Centro-Sul (3102), Centro (3103), Jequitinhonha (3104), Oeste (3105), Leste (3106), Sudeste (3107), Norte (3108), Noroeste (3109), Leste do Sul (3110), Nordeste (3111), Triângulo do Sul (3112), Triângulo do Norte (3113) e Vale do Aço (3114) (Figura 1). Essas, por sua vez, englobam 89 microrregiões de saúde que abrangem o universo de 853 municípios⁽²²⁾. Para este estudo, foram estabelecidos como unidades territoriais de análise os municípios das 14 macrorregiões do estado.

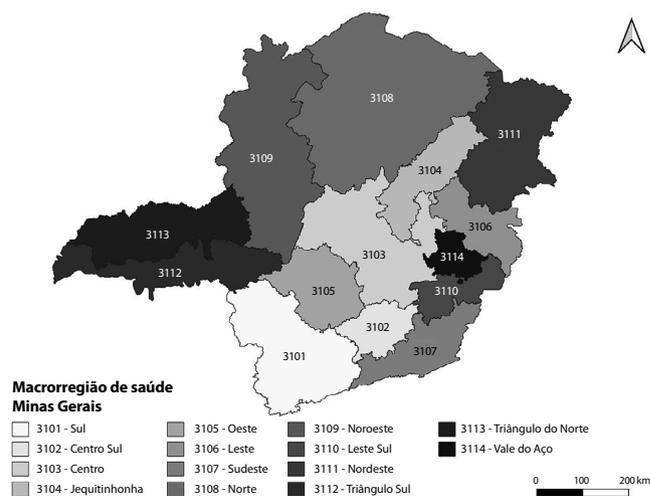


Figura 1 – Macrorregiões do estado de Minas Gerais, Brasil, 2022

População do estudo; critérios de inclusão e exclusão

A população de referência para este estudo consistiu de crianças vacinadas menores de um ano, residentes nos 853 municípios do estado de Minas Gerais. No ano de 2017, foram registrados no

Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos um total de 260.959 crianças no estado⁽²³⁾, fração correspondente ao denominador que compõe a base de cálculo do indicador cobertura vacinal para o ano de 2018.

Protocolo do estudo

Foi analisado o indicador cobertura vacinal das vacinas pentavalente (DTP/Hib/HB) (dose 3), poliomielite (dose 3), meningocócica C (MNC) (dose 2), febre amarela (FA) (dose única), VORH (dose 2) e pneumocócica conjugada 10-valente (VPC10) (dose 2), entre os meses de janeiro e dezembro de 2018. Os dados de registros de doses aplicadas foram obtidos por meio do acesso à plataforma eletrônica do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde⁽²⁴⁾. Nessa base, as vacinas da rede privada são consideradas para o cálculo da cobertura vacinal.

Para a análise de varredura espacial, a variável resposta foi a cobertura vacinal, que apresenta no numerador o total de doses que completam o esquema de cada vacina, e, no denominador, o número de nascidos vivos no município multiplicado por 100. Destaca-se que o PNI do Brasil estabeleceu meta de cobertura de 90% para a vacina VORH, 95%, para pentavalente, poliomielite, VPC10 e MNC, e 100%, para FA⁽²⁵⁾.

Com o objetivo de identificar os fatores socioeconômicos associados ao cumprimento das metas preconizadas pelo PNI para as vacinas, foram selecionadas variáveis explicativas, provenientes das bases do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)⁽²²⁾ e Fundação João Pinheiro⁽²⁶⁾, que foram incluídas nas análises de regressão logística (Quadro 1).

Análise dos resultados e estatística

Inicialmente, os dados foram analisados no *software Microsoft Excel*, versão 2016, no qual foi possível realizar o cálculo da cobertura vacinal⁽²⁵⁾.

Para verificar a existência de aglomerados a partir do indicador cobertura vacinal, utilizou-se a análise de varredura espacial, por meio do *software SaTScan 9.6*, apoiado no modelo discreto de Poisson⁽²⁷⁾. A estatística *scan* atua com a varredura de diversos raios de busca circulares pelo território analisado, ou seja, os municípios de Minas Gerais. Para definir o tamanho desses círculos analíticos, é definido o tamanho máximo do raio de busca, o que, para a presente análise, foi considerado o raio de 50% da população exposta (população-alvo das vacinas analisadas). Cada aglomerado foi estatisticamente analisado pelo teste da razão de verossimilhança (*log-likelihood ratio*), e sua significância estatística foi avaliada usando testes de hipóteses de Monte Carlo⁽²⁸⁾.

Quadro 1 - Variáveis explicativas selecionadas para análise de regressão logística para atingir a meta de cobertura vacinal dos municípios de Minas Gerais, Brasil, 2022

Variável	Descrição	Fonte(ano de referência)
Taxa de urbanização	Razão entre número total de pessoas residentes na área urbana do município e sua população residente total	IBGE/Fundação João Pinheiro (2018)
Número de famílias com renda <i>per capita</i> até 1/2 salário mínimo	Total de famílias quem foram cadastradas no cadastro único, cuja renda <i>per capita</i> é igual ou inferior a 1/2 salário mínimo	Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação – Ministério da Cidadania/Fundação João Pinheiro (2018)
Percentual da população de 25 anos ou mais com ensino médio completo	Razão entre a população de 25 anos ou mais de idade que concluiu o ensino médio e o total de pessoas nessa faixa etária	Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil/Fundação João Pinheiro (2013)
Proporção da população atendida pela Estratégia Saúde da Família	Razão entre a capacidade de atendimento e a população total do município	Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais/Fundação João Pinheiro (2018)
População total (estimativas ajustadas)	Estimativa da população residente	Fundação João Pinheiro (2018)
Esforço orçamentário em atividades de saúde	Participação dos gastos orçamentários apresentados nas prestações de contas anuais realizados nas subfunções atenção básica, assistência hospitalar e ambulatorial, suporte profilático e terapêutico, vigilância sanitária, vigilância epidemiológica e alimentação e nutrição no total de gastos	Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais/Fundação João Pinheiro (2018)
Índice de absorção de tecnologias digitais pela gestão municipal	Indicador fornece uma visão resumida sobre a posição de cada município frente à utilização de tecnologias digitais em suas atividades de gestão	Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais/Fundação João Pinheiro (2018)
Esforço orçamentário em atividades de educação	Participação dos gastos orçamentários apresentados nas prestações de contas anuais realizados nas subfunções ensino fundamental, ensino médio, ensino profissional, ensino superior, ensino infantil, educação de jovens e adultos e educação especial no total de gastos	Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais/Fundação João Pinheiro (2018)
Índice de proteção social básica	Indicador composto pela existência dos Serviços de Proteção Integral à Família, de Convivência e fortalecimento dos vínculos para crianças de 0 a 6 anos e de Convivência e Fortalecimento de vínculos para idosos. Cada serviço equivale a 1 ponto, podendo totalizar 3 pontos	Censo do Sistema Único de Assistência Social/Fundação João Pinheiro (2018)

Continua

Continuação do Quadro 1

Variável	Descrição	Fonte(ano de referência)
Percentual de famílias residentes em área rural	Razão entre pessoas das famílias residentes em área rural inscritas no cadastro único e população total	Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação – Ministério da Cidadania/Fundação João Pinheiro (2018)
Percentual de pessoas de 15 anos ou mais de idade que não sabem ler e escrever e a população nessa faixa etária no cadastro único	Razão entre pessoas de 15 anos ou mais de idade que não sabem ler e escrever e a população nessa faixa etária inscrita no cadastro único do município	Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação – Ministério da Cidadania/Fundação João Pinheiro (2018)
Percentual da população em domicílios com banheiro e água encanada	Razão entre a população que vive em domicílios particulares com água encanada e banheiro exclusivo e a população total residente	Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil/Fundação João Pinheiro (2013)
Proporção de internações hospitalares por condições sensíveis à atenção primária	Razão entre o número de internações hospitalares por condições sensíveis à atenção primária e o número total de internações hospitalares (Portaria nº 221, de 17 de abril 2008)	Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde/Fundação João Pinheiro (2018)
Proporção de nascidos vivos cujas mães realizaram sete ou mais consultas de pré-natal	Razão entre o número de nascidos vivos cujas mães fizeram 7 ou mais consultas de pré-natal e o total de nascidos vivos	Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais/Fundação João Pinheiro (2018)
Razão 20% mais ricos/40% mais pobres	Medida do grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar <i>per capita</i> . Compara a renda <i>per capita</i> média dos indivíduos pertencentes ao quinto mais rico com indivíduos aos dois quintos mais pobres	Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil/Fundação João Pinheiro (2013)
Renda <i>per capita</i>	Razão entre a somatória da renda de todos os indivíduos residentes em domicílios particulares permanentes e o número total desses indivíduos	Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil/Fundação João Pinheiro (2013)
Índice Mineiro de Responsabilidade Social	Média ponderada dos subíndices referentes a dez dimensões: educação, saúde, renda e emprego, segurança pública, meio ambiente, saneamento e habitação, cultura, esporte, turismo e lazer, assistência social e finanças municipais	Fundação João Pinheiro (2018)
Percentual da população pobre ou extremamente pobre no cadastro único em relação à população total do município	Razão entre população pobre ou extremamente pobre cadastrada no cadastro único e a população total do município	Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação – Ministério da Cidadania/Fundação João Pinheiro (2018)

Procederam-se aos cálculos das estimativas para o risco relativo (RR) para cada um dos aglomerados identificados na análise de varredura espacial. A partir da respectiva razão, é possível remover o efeito da população, que pode desencadear uma distorção dos achados analíticos. Dessa forma, a análise considera a variável que indica a cobertura vacinal em um determinado aglomerado (grupo de municípios), associando-a a uma determinada população da respectiva localidade. Assim, o RR de um aglomerado é o quociente entre essa cobertura observada no aglomerado e a cobertura vacinal nos demais municípios do estado de Minas Gerais não pertencentes ao aglomerado identificado⁽²⁹⁾. Para efeitos de classificação e interpretação dos resultados neste estudo, ao obter um $RR > 1$, pode-se considerar que os municípios pertencentes aos aglomerados possuem maior chance de vacinar sua população, ou seja, têm maior probabilidade de alcançar altas coberturas vacinais em comparação aos aglomerados com $RR < 1$. Apesar de o RR ser uma medida calculada a partir de uma variável não dicotomizada, ou seja, a cobertura vacinal, a respectiva interpretação (menor ou maior chance de vacinação) foi definida para propiciar melhor compreensão dos resultados, haja vista o grande número de aglomerados e imunobiológicos analisados na presente pesquisa. Ademais, importante destacar que o RR

com valor igual a um representa uma improvável associação entre o local e a chance de ser ou não vacinado.

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 respectivos municípios, obtido gratuitamente no *site* do IBGE e elaborado por meio do *software* ArcGIS 10.8.

Considerando o objetivo de identificar os fatores associados ao cumprimento das metas de cobertura vacinal preconizadas pelo PNI para as vacinas do presente estudo, foram conduzidas regressões logísticas múltipla. Para tanto, a variável dependente foi considerada a partir da dicotomização dos municípios que cumpriram ou não a meta de cobertura vacinal para as seis vacinas analisadas. Dessa forma, considerando os municípios como unidades de análise desta pesquisa, esses foram classificados como “0”, se não conseguiram atingir a meta de cobertura vacinal para cada um dos imunobiológicos analisados, e “1”, se essa meta havia sido alcançada pelo respectivo local. As variáveis explicativas (Quadro 1) foram coletadas de diferentes fontes de dados, para caracterizar os respectivos municípios analisados.

Para selecionar o modelo explicativo final, foi considerado como critério o menor valor de Critério de informação de Akaike (AIC)

do modelo explicativo, considerado a técnica *stepwise* de seleção de variáveis a serem incluídas no modelo estatístico final. O AIC é uma importante métrica para verificar a qualidade do modelo estatístico, sendo que, quanto menor seu valor, maior a qualidade e simplicidade do modelo de regressão. Nessa perspectiva analítica, é importante destacar que o modelo final explicativo pode não possuir todas as variáveis apresentadas no Quadro 1, haja vista o processo de inclusão de eliminação das variáveis no modelo na busca pelo menor valor de AIC possível⁽³⁰⁾.

Destaca-se que o cálculo da Razão de Chances, ou *Odds Ratio* (OR), considera como variável de referência o “não cumprimento da meta preconizada de vacinação”, enquanto o desfecho foi o “cumprimento da meta preconizada de vacinação” (classificação “0” para o município) e o desfecho foi o “cumprimento da meta preconizada de vacinação” (classificação “1”) pelo município.

Para analisar o ajustamento final dos modelos explicativos elaborados, foi realizado o Teste Kolmogorov-Smirnov, um teste não paramétrico utilizado para analisar se os resíduos do respectivo modelo seguem uma distribuição normal. Outro teste realizado foi o pseudo-R² de McFadden, que mede a qualidade do ajuste do modelo estimado. Por fim, foi calculado o valor abaixo da *Receiver Operating Characteristic Curve* (curva de ROC), que analisa a capacidade de sensibilidade/especificidade das variáveis do modelo final em prever o desfecho analisado, ou seja, determina o poder preditivo do modelo final⁽³⁰⁾.

Foi elaborada uma análise de regressão logística múltipla para cada uma das seis vacinas, sendo calculados os respectivos valores de Intervalo de Confiança (IC 95%) e p-valor das variáveis explicativas.

RESULTADOS

As coberturas vacinais das vacinas pentavalente, poliomielite, MNC, VORH, FA, VORH, e VPC10 foram interpretadas considerando as macrorregiões de saúde (n=14) que compõem as unidades de análise de estudo (municípios) do estado de Minas Gerais.

As macrorregiões Centro, Jequitinhonha e Triângulo do Sul não alcançaram as metas preconizadas de cobertura para todas as vacinas analisadas. Verificou-se que nove das 14 macrorregiões

mineiras apresentaram coberturas adequadas para as vacinas pentavalente, poliomielite e VORH, 11, para a vacina VPC10, e oito, para MNC. A macrorregião Triângulo do Norte foi a única a atingir a meta da vacina FA (Tabela 1).

A estatística *scan* espacial detectou a presença de aglomerados estatisticamente significativos para a cobertura vacinal das vacinas pentavalente, poliomielite, VPC10, VORH, MNC e FA. Na região Centro-Norte, foram observados os aglomerados com maior extensão territorial (maior número de municípios do mesmo aglomerado), que apresentaram menor chance de vacinar sua população. Considerando as vacinas pentavalente, VORH e VPC10, seus aglomerados com menor chance de vacinação foram identificados com propensão a se formarem em regiões ao leste de Minas Gerais, como nas macrorregiões Nordeste, Jequitinhonha, Leste, Vale do Aço e Leste Sul. As vacinas poliomielite, MNC e FA estiveram mais dispostas em regiões centrais, englobando macrorregiões como Centro, Norte e Noroeste, mas sem excluir as outras regiões citadas anteriormente.

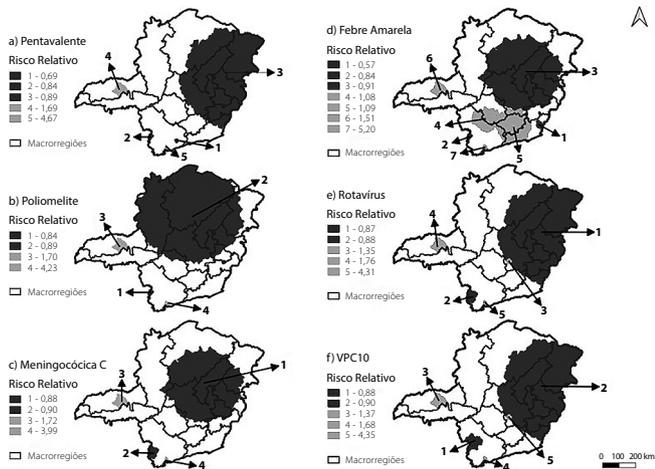
Por outro lado, as regiões Triângulo do Norte e Triângulo do Sul apresentaram aglomerados com maior chance de vacinação para todos os imunobiológicos analisados no presente estudo; entretanto, cabe destacar que esses aglomerados tiveram extensão territorial consideravelmente menor, se comparados aos aglomerados com menor chance de vacinação. Destaca-se também que a região Sul se mostrou heterogênea, pois apresentou aglomerados de menor e maior chance de vacinação conjuntamente, demonstrando a complexidade da região. A vacina FA teve o aglomerado com maior dimensão territorial com maior propensão à vacinação da população, abrangendo a região Centro-Sul e outras quatro vizinhas (Figura 2).

Para identificar os fatores socioeconômicos associados ao cumprimento das metas de cobertura vacinal, foi conduzida a regressão logística múltipla; para tanto, os municípios de Minas Gerais foram dicotomizados entre aqueles que cumpriram e não cumpriram as metas do PNI. A cobertura da vacina FA foi aquela com maior número de municípios que não atingiram a meta preconizada de vacinação (n=292), enquanto a VPC10 apresentou o maior número de municípios que atingiram a meta de cobertura (n=660).

Tabela 1 – Cobertura vacinal em menores de um ano por macrorregião de saúde em Minas Gerais, Brasil, 2018

Macrorregiões	Cobertura vacinal (%)					
	Pentavalente	Poliomielite	VPC10*	VORH†	MNC‡	FA§
Sul	96,9	96,3	99,9	98,5	98,8	94,6
Centro-Sul	96,8	96,9	99,4	98,4	99,2	97,6
Centro	88,9	88,7	92,0	90,0	90,0	90,3
Jequitinhonha	91,7	90,7	91,2	89,1	88,4	87,8
Oeste	96,1	96,1	98,8	97,9	93,3	94,2
Leste	96,2	95,8	100,6	97,4	98,5	90,4
Sudeste	98,8	98,6	102,6	100,7	99,4	96,1
Norte	96,0	95,5	100,3	97,3	97,8	89,8
Noroeste	98,1	98,5	103,1	100,6	99,3	95,9
Leste do Sul	98,9	99,5	102,4	100,6	100,5	95,3
Nordeste	94,4	92,9	95,8	93,4	93,1	88,8
Triângulo do Sul	89,6	88,5	92,5	89,6	86,6	81,2
Triângulo do Norte	124,4	124,3	127,6	127,4	126,7	114,7
Vale do Aço	93,8	94,0	98,3	95,8	95,0	90,8

Nota: *VPC10 - pneumocócica conjugada 10-valente; †VORH - rotavírus; ‡MNC - meningocócica C; §FA - febre amarela.



Nota: risco relativo > 1 tem maior chance de vacinar sua população; risco relativo < 1 menor chance de vacinar sua população.

Figura 2 - Áreas de aglomerados espaciais da cobertura vacinal referentes às vacinas pentavalente, poliomielite, meningocócica C, febre amarela, rotavírus e pneumocócica conjugada 10-valente em menores de um ano, Minas Gerais, Brasil, 2018

A análise de regressão logística para fatores socioeconômicos ao cumprimento da meta de cobertura vacinal em menores de um ano, em Minas Gerais, identificou seis variáveis associadas, sendo essas: número de famílias com renda *per capita* até 1/2 salário mínimo; percentual da população pobre ou extremamente pobre no cadastro único em relação à população total do município; Índice Mineiro de Responsabilidade Social; razão 20% mais ricos/40% mais pobres; proporção da população atendida pela Estratégia Saúde da Família; e proporção de internações hospitalares por condições sensíveis à Atenção Primária à Saúde. Para todas as vacinas analisadas, evidenciou-se que o número de famílias com renda *per capita* até 1/2 salário mínimo, o percentual da população pobre ou extremamente pobre no cadastro único em relação à população total do município e o Índice Mineiro

de Responsabilidade Social estiveram associadas às metas de coberturas vacinais.

O número de famílias com renda *per capita* até 1/2 salário mínimo apresentou associação com todas as seis vacinas analisadas, representando uma chance de até 0,97 (variando entre 0,96 e 0,99, ao considerar o IC95%) menor de os municípios atingirem cobertura indicativa a cada nova família com essa renda. O aumento na proporção de internações hospitalares por condições sensíveis à Atenção Primária à Saúde foi um fator que reduziu as chances de atingir coberturas vacinais para a VPC10, enquanto a razão entre 20% mais ricos e 40% mais pobres esteve relacionada à MNC e FA, reduzindo em 0,92 (variando entre 0,86 e 0,99 ao considerar o IC95%) as chances de atingir metas de vacinação com o aumento do respectivo indicador, ou seja, com o aumento da desigualdade social nos municípios (Tabela 2).

Entre os fatores que estiverem relacionados a um aumento da chance de atingir as metas e cobertura, o Índice Mineiro de Responsabilidade Social foi aquele que representou maiores valores de OR, significando um maior impacto para os municípios cumprirem metas vacinais de VORH, MNC, pentavalente e FA. Entretanto, é importante sublinhar que os IC95% dessa variável foram extensos, significando que a amostra utilizada no presente estudo não possibilita uma representação precisa da média populacional estudada. Somado a isso está a proporção de pessoas atendidas pela Estratégia Saúde da Família (associado a VPC10 e poliomielite) e população pobre ou extremamente pobre no cadastro único (associado à VORH, MNC e pentavalente), que também apresentaram um aumento de chances de cobertura ideal para as respectivas vacinas que apresentaram associação significativa.

A análise do ajustamento dos modelos de regressão logísticas realizados mostrou valores adequados para o Teste Kolmogorov-Smirnov, ou seja, os resíduos dos respectivos modelos apresentaram normalidade. Ao observar os resultados do Pseudo R² de McFadden, verifica-se que os modelos apresentaram valores adequados.

Tabela 2 - Resultado da regressão logística para fatores socioeconômicos ao cumprimento da meta de cobertura vacinal em menores de um ano, Minas Gerais, Brasil, 2018

Variável explicativa (por vacina)	Odds Ratio	Intervalo de Confiança (95%)	Valor de p
Rotavírus			
Número de famílias com renda <i>per capita</i> até 1/2 salário mínimo	0,98	0,97 - 0,99	0,002*
Percentual da população pobre ou extremamente pobre no cadastro único em relação à população total do município	1,02	1,01 - 1,04	0,015*
Índice Mineiro de Responsabilidade Social	36,75	1,36 - 45,27	0,032*
Razão 20% mais ricos/40% mais pobres	0,94	0,88 - 1,01	0,081
Proporção da população atendida pela Estratégia Saúde da Família	1,01	0,99 - 1,03	0,090
Esforço orçamentário em atividades de saúde	1,00	0,99 - 1,1	0,141
Índice de absorção de tecnologias digitais pela gestão municipal	0,65	0,35 - 1,16	0,154
Meningocócica C			
Número de famílias com renda <i>per capita</i> até 1/2 salário mínimo	0,98	0,97 - 0,99	<0,001*
Esforço orçamentário em atividades de saúde	0,97	0,94 - 1,01	0,080
Proporção da população atendida pela Estratégia Saúde da Família	1,01	0,99 - 1,03	0,064
Proporção de nascidos vivos cujas mães realizaram 7 ou mais consultas de pré-natal	0,98	0,96 - 1,01	0,074
Índice Mineiro de Responsabilidade Social	35,72	10,77 - 43,65	0,001*
Percentual da população pobre ou extremamente pobre no cadastro único em relação à população total do município	1,03	1,01 - 1,05	<0,001*
Razão 20% mais ricos/40% mais pobres	0,92	0,86 - 0,99	0,033*
Proporção de internações hospitalares por condições sensíveis à atenção primária	0,99	0,98 - 1,01	0,139

Continua

Continuação da Tabela 2

Variável explicativa (por vacina)	Odds Ratio	Intervalo de Confiança (95%)	Valor de p
Pneumocócica conjugada 10-valente			
Número de famílias com renda <i>per capita</i> até 1/2 salário mínimo	0,98	0,97 – 0,99	0,001*
Proporção da população atendida pela Estratégia Saúde da Família	1,02	1,01 – 1,04	0,002*
Proporção de nascidos vivos cujas mães realizaram 7 ou mais consultas de pré-natal	0,98	0,97 – 1,01	0,075
Proporção de internações hospitalares por condições sensíveis à atenção primária	0,98	0,97 – 0,99	0,038*
Esforço orçamentário em atividades de saúde	1,00	0,99 – 1,01	0,105
Pentavalente			
Número de famílias com renda <i>per capita</i> até 1/2 salário mínimo	0,98	0,97 – 0,99	0,001*
Esforço orçamentário em atividades de saúde	0,97	0,94 – 1,01	0,084
Taxa de urbanização	0,42	0,14 – 1,23	0,115
Razão 20% mais ricos/40% mais pobres	0,94	0,87 – 1,01	0,069
Proporção da população atendida pela Estratégia Saúde da Família	1,01	1 – 1,02	0,142
Proporção de internações hospitalares por condições sensíveis à atenção primária	0,99	0,98 – 1	0,148
Proporção de nascidos vivos cujas mães realizaram 7 ou mais consultas de pré-natal	0,99	0,97 – 1	0,087
Índice Mineiro de Responsabilidade Social	63,02	31,11 – 81,70	0,017*
Percentual da população pobre ou extremamente pobre no cadastro único em relação à população total do município	1,02	1,01 – 1,04	0,049*
Poliomielite			
Número de famílias com renda <i>per capita</i> até 1/2 salário mínimo	0,98	0,97 – 0,99	<0,001*
Esforço orçamentário em atividades de saúde	0,96	0,94 – 1,02	0,087
Proporção da população atendida pela Estratégia Saúde da Família	1,02	1,01 – 1,03	0,024*
Proporção de internações hospitalares por condições sensíveis à atenção primária	0,99	0,97 – 1	0,058
Febre Amarela			
Número de famílias com renda <i>per capita</i> até 1/2 salário mínimo	0,97	0,96 – 0,98	<0,001*
Proporção da população atendida pela Estratégia Saúde da Família	1,01	0,99 – 1,03	0,102
Índice Mineiro de Responsabilidade Social	33,66	26,34 – 67,90	0,002*
Percentual da população pobre ou extremamente pobre no cadastro único em relação à população total do município	1,02	1,01 – 1,03	0,048*
Razão 20% mais ricos/40% mais pobres	0,92	0,86 – 0,98	0,017*
Taxa de urbanização	0,42	0,15 – 1,15	0,093
Esforço orçamentário em atividades de educação	1,00	0,99 – 1,01	0,159
População total (estimativas ajustadas)	1,00	0,99 – 1,01	0,270

Nota: *Valores significativos (p<0,05)

Modelo para "rotavírus": AIC = 975,35; Teste Kolmogorov-Smirnov (D=0,022/valor p=0,772); Pseudo R2 de McFadden = 0,04. Modelo para "meningocócica C": AIC = 925,84; Teste Kolmogorov-Smirnov (D=0,020/valor p=0,873); Pseudo R2 de McFadden = 0,06. Modelo para "pneumocócica conjugada 10-valente": AIC = 888,83; Teste Kolmogorov-Smirnov (D=0,020/valor p=0,115); Pseudo R2 de McFadden = 0,04. Modelo para "pentavalente": AIC = 960,93; Teste Kolmogorov-Smirnov (D=0,021/valor p=0,840); Pseudo R2 de McFadden = 0,05. Modelo para "poliomielite": AIC = 969,82; Teste Kolmogorov-Smirnov (D=0,023/valor p=0,717); Pseudo R2 de McFadden = 0,04. Modelo para "febre amarela": AIC = 1041,60; Teste Kolmogorov-Smirnov (D=0,022/valor p=0,768); Pseudo R2 de McFadden = 0,07.

Por fim, ao considerar a área sob a curva ROC para os modelos de regressão logística múltipla para VORH (ROC=0,63), MNC (ROC=0,60), VPC10 (ROC=0,60), pentavalente (ROC=0,62), poliomielite (ROC=0,54) e FA (ROC=0,63), identifica-se que os modelos apresentaram razoável poder de predição da variável dependente, ou seja, as variáveis socioeconômicas explicam algumas condições que levam ou não os municípios de Minas Gerais a atingirem a meta preconizada do PNI para a cobertura vacinal.

DISCUSSÃO

A distribuição espacial das coberturas das vacinas pentavalente, poliomielite, VPC10, VORH, MNC apresentou diferenças entre si e entre as macrorregiões de saúde do estado de Minas Gerais. Destaca-se que as coberturas vacinais de todas as vacinas analisadas estiveram abaixo das metas preconizadas nas macrorregiões Centro, Jequitinhonha e Triângulo do Sul. Fatores socioeconômicos estiveram associados ao cumprimento dessas metas, com destaque para o número de famílias com renda *per capita* até 1/2 salário mínimo, o percentual da população pobre ou extremamente pobre no cadastro único em relação à população total do município e o Índice Mineiro de Responsabilidade Social.

Globalmente, em 2020, evidenciaram-se coberturas vacinais estimadas abaixo das metas preconizadas para DTP e sarampo, com os impactos anuais mais altos no norte da África e Oriente Médio, sul da Ásia e América Latina e Caribe⁽³¹⁾. No Brasil, verificou-se

uma tendência de redução no número de imunizações para as vacinas BCG, poliomielite e tríplice viral no decorrer dos anos, de 2006 a 2016⁽⁹⁾. Mais recentemente, outros estudos de tendência temporal (2011 – 2021) identificaram quedas na cobertura vacinal de poliomielite e sarampo em todos os estados e regiões brasileiras, sendo maior no Norte e no Nordeste⁽¹¹⁻¹²⁾.

Um estudo realizado no estado de Roraima, que analisou a cobertura vacinal de crianças menores de um ano no período de 2013 e 2017, também encontrou baixas coberturas para as vacinas estipuladas para a referida faixa etária, com destaque para a baixa cobertura da vacina VORH (70,4%)⁽³²⁾. Séries históricas realizadas em Minas Gerais identificaram tendência decrescente de coberturas para vacinas administradas em menores de dois anos, com destaque para as vacinas pentavalente, VORH, BCG, hepatite A e tríplice viral⁽¹³⁻¹⁴⁾. Variações regionais nas coberturas vacinais são observadas entre os municípios brasileiros^(9,11,33-34) e de Minas Gerais⁽¹³⁻¹⁴⁾. Destaca-se que tais municípios compreendem grandes dimensões territoriais, com destaque equivalente para a desigualdade socioeconômica entre as distintas regiões^(9,35). Mais especificamente no cenário da saúde, essa desigualdade afeta diretamente as condições de acesso e atendimento, principalmente para populações mais carentes ou vulneráveis⁽³⁶⁾, o que, consequentemente, dificultará o cumprimento das metas de cobertura vacinal⁽³⁷⁾.

Em Minas Gerais, as regiões Norte de Minas e Vale do Jequitinhonha e Mucuri ocupam uma posição de desvantagem

em relação às demais regiões do estado, com os mais baixos percentuais de indicadores sociais e econômicos e municípios com menores índices de desenvolvimento municipal humano em relação às macrorregiões Triângulo e Central, com excelentes indicadores socioeconômicos⁽³⁵⁾.

Neste estudo, é perceptível uma polarização entre os aglomerados que apresentam menor propensão para vacinação, que se concentram basicamente nas macrorregiões Norte, Nordeste, Leste, Jequitinhonha e Vale do Aço, e os que mostraram maior propensão para população vacinada estão presentes nas macrorregiões Triângulo do Norte e Triângulo do Sul. Dessa forma, Minas Gerais pode ser considerada uma representação da estrutura regional brasileira, com uma região mais pobre e menos desenvolvida ao Norte/Nordeste e uma região mais rica e desenvolvida ao Sul⁽³⁶⁾.

Baixas coberturas vacinais estão frequentemente relacionadas às condições geográficas e ao *status* socioeconômico da população^(1,15-16,38-39); às condições estruturais e de oferta e acesso aos serviços de saúde^(6,16,18,38); ao desconhecimento das estratégias recomendadas pelo programa de imunização^(38,40-41); às notícias falsas sobre as vacinas⁽⁵⁾; à hesitação vacinal^(5,18); e mais recentemente à pandemia de COVID-19^(19-20,31). Essa última agravou as desigualdades pré-existentes na saúde, expondo desigualdades sociais, discriminação e gradientes de saúde nas populações humanas entre e dentro dos países^(12,31,42).

O declínio da vacinação infantil é heterogêneo entre os municípios brasileiros, e essa condição pode estar associada a piores indicadores de desenvolvimento humano e desigualdade social^(9,12,18,24,33-34). Neste estudo, o número de famílias com renda *per capita* até 1/2 salário mínimo, o Índice Mineiro de Responsabilidade Social e o percentual da população pobre ou extremamente pobre inserida no cadastro único mostraram associação com o cumprimento das metas de cobertura vacinal.

O risco do não cumprimento das metas de cobertura vacinal em menores de um ano aumenta entre famílias com renda *per capita* até 1/2 salário mínimo. Como as famílias de classes menos favorecidas geralmente possuem menos acesso aos serviços de saúde, é provável que a busca espontânea pela vacinação seja baixa por falta de infraestrutura, maior distância e dificuldade para acesso aos serviços públicos⁽⁴³⁻⁴⁴⁾. Nesse sentido, tanto no cenário nacional⁽⁴⁵⁾ quanto no cenário internacional⁽⁴⁶⁻⁴⁸⁾, torna-se evidente que o baixo nível de educação e o baixo nível socioeconômico estão associados à vacinação abaixo do preconizado.

Estudo realizado para investigar as disparidades na cobertura vacinal relacionada ao nível socioeconômico, residência urbana/rural e sexo da criança em 86 países de baixa e média renda identificou que em 58 países os níveis de cobertura mais altos eram em áreas urbanas e, na totalidade dos países, o quintil de riqueza mais pobre tinha cobertura vacinal mais baixa⁽⁴⁸⁾. No Brasil, pesquisa com crianças beneficiárias do Programa Bolsa Família, para avaliar a cobertura vacinal segundo nível socioeconômico da família e características maternas, apontou que pertencer ao quintil mais rico (amostra predominantemente pobre) e escolaridade materna ≥ 9 anos estiveram associados a maiores proporções de vacinação em dia⁽⁴⁵⁾.

O percentual da população pobre ou extremamente pobre inserida no cadastro único em relação à população total do município se mostrou associado positivamente ao cumprimento das

metas de cobertura vacinal. Identificar as pessoas mais vulneráveis e realizar medidas de controle de sua vulnerabilidade social pode ser um importante fator para aumentar as coberturas vacinais. Estudo brasileiro de base populacional que analisou o impacto do Programa Bolsa Família na saúde infantil encontrou associação positiva entre receber o benefício do Programa e maior cobertura vacinal infantil em crianças de baixa renda⁽⁴⁹⁾. Entretanto, coorte realizada em São Luís e Ribeirão Preto, municípios situados em duas regiões com diferentes condições socioeconômicas, identificou que o recebimento do benefício do Programa Bolsa Família não exerceu influência sobre a vacinação infantil, apesar do elevado percentual de incompletude vacinal maior em São Luís (37,4%) em relação a Ribeirão Preto (15,2%)⁽³⁴⁾. Esse resultado pode indicar que a condicionalidade do Programa e o monitoramento da situação vacinal não estão sendo realizados adequadamente, uma vez que os percentuais de incompletude vacinal em crianças beneficiárias foram elevados. Estudo longitudinal nacional com beneficiários do Programa Bolsa Família desde 2018 também encontrou baixo percentual de crianças com vacinação adequada tanto no primeiro quanto no segundo ano de vida⁽⁴⁵⁾. A proteção social e a assistência social são fatores a ser considerados como políticas para fortalecer a vacinação. Entretanto, faz-se necessário um controle mais efetivo das condicionalidades dos programas, incluindo aquelas relacionadas à saúde⁽³⁴⁾.

O Índice Mineiro de Responsabilidade Social obteve maior impacto para os municípios cumprirem metas vacinais em menores de um ano. Estudo realizado em 76 países mostrou que o alto Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um preditor para maior empenho e implementação das ações de vacinação⁽⁵⁰⁾. Ao revisar os fatores que influenciam na adesão ao esquema vacinal infantil em diferentes países, especialmente relacionados às condições socioeconômicas, autores observaram que países com IDH mais baixo, como Moçambique, Uganda e Quênia, têm menor cobertura vacinal para DTP do que os países com IDH mais alto⁽⁵¹⁾. Recentemente, estudos brasileiros identificaram aglomerados de baixa cobertura vacinal de poliomielite e sarampo associados a piores indicadores de desenvolvimento humano, desigualdade social e menor acesso à Estratégia Saúde da Família, fatos agravados pela pandemia de COVID-19⁽¹¹⁻¹²⁾.

O alcance de metas de coberturas vacinais altas e homogêneas é fundamental para o controle e eliminação de doenças imunopreveníveis, exigindo esforços e compromissos globais para fortalecer os sistemas de saúde e serviços de imunização. Diferenças na adesão ao esquema vacinal infantil podem ser resultados de contextos diversos de implementação de programas de imunização, que perpassam pelas características do sistema de saúde, complexidade do calendário vacinal, registros na caderneta de vacinação da criança, oferta de imunobiológicos e, especialmente, pelas condições socioeconômicas^(12,18,45,52).

Limitações do estudo

Embora este estudo tenha buscado fornecer uma visão geral dos correlatos do cumprimento das metas preconizadas de cobertura vacinal, é provável que exista variabilidade regional dentro dos municípios e também entre outros conjuntos de aglomerados. Destaca-se o caráter ecológico do estudo, no

qual resultados aqui apresentados consideram como unidade de análise os aglomerados populacionais, impossibilitando sua interpretação para o nível individual.

Pode-se ressaltar, ainda, como limitação do estudo, a qualidade dos dados e o uso das informações produzidas no Sistema de Informações do PNI, que podem interferir nos cálculos reais de cobertura vacinal. Uma preocupante redução na completude de registros de imunização e na cobertura vacinal tem sido observada no Brasil, trazendo o recrudescimento de algumas doenças até então superadas⁽⁹⁾.

Contribuições para a área da enfermagem, saúde ou política pública

Este estudo confere uma importante originalidade, ao abordar um problema emergente de grande impacto social relacionado às condições socioeconômicas e de oferta de serviços, e por considerar como cenário o estado de Minas Gerais, segundo mais populoso do país e o quarto em extensão territorial. Os resultados podem subsidiar a implementação de medidas prioritárias realizadas pelos profissionais de saúde, especificamente os enfermeiros responsáveis pelos serviços de imunização, para evitar o ressurgimento em nível epidêmico de doenças imunopreveníveis já controladas, particularmente diante de um cenário de pandemia de COVID-19 causado pelo SARS-CoV-2, que agrava ainda mais a situação vacinal da população.

CONCLUSÕES

A análise espacial revelou aglomerados com risco de baixas coberturas vacinais para as vacinas pentavalente, poliomielite,

VPC10, VORH e MNC em Minas Gerais. Fatores socioeconômicos estiveram associados com o cumprimento das metas de coberturas vacinais. Entretanto, os valores razoáveis da área sob a curva ROC (variando de 0,54 a 0,63) mostram que existem outras variáveis ou condições que precisam ser mais bem analisadas para compreender com mais exatidão quais os fatores adicionais que podem influenciar a cobertura vacinal em crianças menores de um ano. Outros estudos devem ser conduzidos para identificar outros determinantes para a cobertura vacinal.

A identificação de conglomerados de baixas coberturas subsidia medidas prioritárias quanto à implementação de políticas estaduais de saúde em âmbito regional para aumentar a cobertura vacinal nos aglomerados de maior risco espacial e, consequentemente, de maior transmissão de doenças imunopreveníveis.

FOMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Código 001) e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (APQ-00638-21).

CONTRIBUIÇÕES

Pereira MAD, Arroyo LH, Gallardo MDPS, Arcêncio RA, Oliveira VC, Guimarães EAA contribuíram com a concepção ou desenho do estudo/pesquisa; análise e/ou interpretação dos dados e revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito. Gusmão, JS, Amaral GG contribuíram com a análise e/ou interpretação dos dados e revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito.

REFERÊNCIAS

1. 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;14:758. <https://doi.org/10.3390/IJERPH14070758>
2. World Health Organization (WHO). World Health Organization vaccination coverage cluster surveys: reference manual [Internet]. Geneva: WHO; 2018 [cited 2022 Apr 05]. Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272820/WHO-IVB-18.09-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). OMS e UNICEF alertam para declínio na vacinação durante a pandemia de COVID-19 [Internet]. Washington: OPAS; 2020 [cited 2023 Jan 05]. Available from: <https://www.paho.org/pt/noticias/15-7-2020-oms-e-unicef-alertam-para-declinio-na-vacinacao-durante-pandemia-covid-19>
4. Newcomer SR, Freeman RE, Wehner BK, Anderson SL, Daley MF. Timeliness of Early Childhood Vaccinations and Undervaccination Patterns in Montana. *Am J Prevent Med*. 2021;61(1):21-9. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2021.01.038>
5. 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>
6. 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:e726–35. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30167-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30167-X)
7. Ministério da Saúde (BR). Informações de Saúde (TABNET) – DATASUS [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2020 [cited 2022 Nov 20]. Available from: <https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>
8. Ministério da Saúde (BR). Informe no 37, 19 março de 2019. Situação do Sarampo no Brasil – 2018-2019 [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde, 2019 [cited 2022 Nov 20]. Available from: <https://saude.rs.gov.br/upload/arquivos/carga20190408/30140824-informe-sarampo-n37-19mar19aed.pdf>

9. Arroyo LH, Ramos ACV, Yamamura M, Weiller TH, Almeida Crispim J, 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 Pública*. 2020;36:e00015619. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00015619>
10. Lessler J, Metcalf CJE, Cutts FT, Grenfell BT. Impact on Epidemic Measles of Vaccination Campaigns Triggered by Disease Outbreaks or Serosurveys: a modeling study. *PLoS Med*, 2016;13:e1002144. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002144>
11. Donalizio MR, Boing AC, Sato APS, Martinez EZ, Xavier MO, Almeida RLF, et al. Vaccination against poliomyelitis in Brazil from 2011 to 2021: successes, setbacks, and challenges ahead. *Ciênc Saúde Coletiva*. 2023;28(2):337-50. <https://doi.org/10.1590/1413-81232023282.17842022EN>
12. Sato APS, Boing AC, Almeida RLF, Xavier MO, Moreira RS, Martinez EZ, et al. Measles vaccination in Brazil: where have we been and where are we headed? *Ciênc Saúde Coletiva*. 2023;28(2):351-62. <https://doi.org/10.1590/1413-81232023282.19172022EN>
13. Oliveira GCCF, Rodrigues RN, Silva MC, Nascimento GLM, Lanza FM, Gusmão JD, et al. Childhood vaccination coverage of hepatitis A, measles, mumps and rubella, and varicella: temporal trend analysis in Minas Gerais, Brazil. *Rev Bras Epidemiol*. 2022;25:e220010. <https://doi.org/10.1590/1980-549720220010>
14. Souza JFA, Silva TPR, Silva TMR, Amaral CD, Ribeiro EEN, Vimieiro AM, et al. Cobertura vacinal em crianças menores de um ano no estado de Minas Gerais, Brasil. *Cien Saude Colet*, 2022;27:3659-67. <https://doi.org/10.1590/1413-81232022279.07302022>
15. 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>
16. Guzman-Holst A, DeAntonio R, Prado-Cohrs D, Juliao P. Barriers to vaccination in Latin America: A systematic literature review. *Vaccine*. 2020;38:470-81. <https://doi.org/10.1016/J.VACCINE.2019.10.088>
17. Silva BS, Guimarães EAA, Oliveira VC, Cavalcante RB, Pinheiro MMEK, Gontijo TL, et al. National Immunization Program Information System: implementation context assessment. *BMC Health Serv Res*, 2020;20:333. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05175-9>
18. 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;38:482-8. <https://doi.org/10.1016/J.VACCINE.2019.10.070>
19. 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. *Morb Mortal Wkly Rep*, 2022;69:630-1. <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6920e1>
20. Sato APS. Pandemic and vaccine coverage: challenges of returning to schools. *Rev Saude Publica*, 2020;54:1-8. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054003142>
21. Araújo JD. Polarização epidemiológica no Brasil. *Epidemiol Serv Saúde*. 2012;21:533-8. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742012000400002>
22. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades e Estados - Minas Gerais [Internet]. Brasília: IBGE; 2022 [cited 2022 Apr 05]. Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>
23. Ministério da Saúde (BR). Paineis de monitoramento de nascidos vivos [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2022 [cited 2022 Nov 20]. Available from: <http://plataforma.saude.gov.br/natalidade/nascidos-vivos/>
24. Ministério da Saúde (BR). Imunizações - Doses Aplicadas – Brasil [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2022 [cited 2022 Nov 20]. Available from: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/dhdat.exe?bd_pni/dpnibr.def
25. Ministério da Saúde (BR). Programa Nacional de Imunizações - Coberturas vacinais no Brasil: período 2010 – 2014 [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2015 [cited 2022 Apr 05]. Available from: https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/br_5113.pdf
26. Fundação João Pinheiro. Estatística e informações - Minas Gerais [Internet]. Belo horizonte: Fundação João Pinheiro; 2019 [cited 2022 Apr 05]. Available from: <http://fjp.mg.gov.br/>
27. Kulldorff M, Nagarwalla N. Spatial disease clusters: detection and inference. *Stat Med*. 1995;14:799-810. <https://doi.org/10.1002/SIM.4780140809>
28. Fay M, Follmann D. Designing Monte Carlo Implementations of Permutation or Bootstrap Hypothesis Tests. *Am Stat*, 2002;56:63-70. <https://doi.org/10.1198/000313002753631385>
29. Rodrigues RN, Leano HAM, Bueno IC, Araújo KMFA, Lana FCF. High-risk areas of leprosy in Brazil between 2001-2015. *Rev Bras Enferm*, 2020;73:e20180583. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0583>
30. Hilbe JM. Practical guide to logistic regression. Flórida: CRC Press; 2018.
31. Causey K, Fullman N, Sorensen RJD, Galles NC, Zheng P, Aravkin A, et al. Estimating global and regional disruptions to routine childhood vaccine coverage during the COVID-19 pandemic in 2020: a modelling study. *Lancet*. 2021;398(10299):522-34. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01337-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01337-4)
32. Fonseca KR, Buenafuente SMF. Analysis of vaccination coverage of children under one year old in Roraima, Brazil, 2013-2017. *Epidemiol Serv Saúde*, 2021;30:e2020195. <https://doi.org/10.1590/S1679-49742021000200010>
33. Silva FS, Barbosa YC, Batalha MA, Ribeiro MRC, Simões VMF, Branco MDRFC, et al. Incomplete childhood immunization with new and old vaccines and associated factors: BRISA birth cohort, São Luís, Maranhão State, Northeast Brazil. *Cad Saude Pública*, 2018;34:e00041717. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00041717>

34. Silva FS, Queiroz RCS, Branco MRFC, Simões VMF, Barbosa YC, Rodrigues MAFRA, et al. Bolsa Família program and incomplete childhood vaccination in two Brazilian cohorts. *Rev Saúde Pública*. 2020;54:98. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054001774>
35. Pales RC. Desenvolvimento regional e desigualdades sociais entre as macrorregiões e planejamento de Minas Gerais [Internet]. Montes Claros: Universidade Estadual de Montes Claros, 2014 [cited 2022 Nov 20]. Available from: <https://www.posgraduacao.unimontes.br/uploads/sites/20/2019/06/Raissa-Cota-Pales.pdf>
36. Domingues P, 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. *Pesq Planej Econômico* [Internet]. 2009[cited 2022 Apr 05];39:121–58. Available from: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5125/1/PPE_v39_n01_Infraestrutura.pdf
37. Barata RB, Pereira SM. Social inequalities and vaccination coverage in the city of Salvador, Bahia. *Rev Bras Epidemiol*, 2013;16:266–77. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2013000200004>
38. Ferreira VLR, Waldman EA, Rodrigues LC, Martineli E, Costa AA, Inenami M, et al. Avaliação de coberturas vacinais de crianças em uma cidade de médio porte (Brasil) utilizando registro informatizado de imunização. *Cad Saude Pública*, 2018;34:e00184317. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00184317>
39. Silva ABS, Araújo ACM, Santos MCS, Andrade MS, Mendonça RM. Vaccination coverage indicators for risk classification of vaccine-preventable diseases. *Rev Bras Prom Saúde*. 2019;32:1–11. <https://doi.org/10.5020/18061230.2019.9285>
40. Veras AACA, Fonseca Lima EJ, Caminha MDFC, 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;20:1152. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09247-7>
41. 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>
42. 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;100:91. <https://doi.org/10.2471/BLT.21.287580>
43. Etana B, Deressa W. Factors associated with complete immunization coverage in children aged 12-23 months in Ambo Woreda, Central Ethiopia. *BMC Public Health*. 2012;12:566. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-566>
44. Luhm KR, Waldman EA. Sistemas informatizados de registro de imunização: uma revisão com enfoque na saúde infantil. *Epidemiol Serv Saúde*. 2009;18:65–78. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742009000100007>
45. Barcelos RS, Santos IS, Munhoz TN, Blumenberg C, Bortolotto CC, Matijasevich A, et al. Vaccination coverage in children up to 2 years old, receiving financial support from the Family Income Transfer Program, Brazil. *Epidemiol Serv Saúde*. 2021;30:e2020983. <https://doi.org/10.1590/S1679-49742021000300010>
46. Khan MT, Zaheer S, Shafique K. Maternal education, empowerment, economic status and child polio vaccination uptake in Pakistan: a population based cross sectional study. *BMJ Open*. 2017;7:e013853. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2016-013853>
47. Hosseinpoor AR, Bergen N, Schlotheuber A, Gacic-Dobo M, Hansen PM, Senouci K, et al. State of inequality in diphtheria-tetanus-pertussis immunisation coverage in low-income and middle-income countries: a multicountry study of household health surveys. *Lancet Glob Health*. 2016;4:e617–26. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30141-3/ATTACHMENT/A7F0AB8C-EB99-440A-BCB2-55C4CC9C5FB1/MMC1.PDF](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30141-3/ATTACHMENT/A7F0AB8C-EB99-440A-BCB2-55C4CC9C5FB1/MMC1.PDF)
48. Restrepo-Méndez MC, Barros AJD, Wong KLM, Johnson HL, Pariyo G, França GVA, et al. Inequalities in full immunization coverage: trends in low- and middle-income countries. *Bull World Health Organ*. 2016;94:794-805A. <https://doi.org/10.2471/BLT.15.16217>
49. Shei A, Costa F, Reis MG, Ko AI. The impact of Brazil's Bolsa Família conditional cash transfer program on children's health care utilization and health outcomes. *BMC Int Health Hum Rights*. 2014;14:10. <https://doi.org/10.1186/1472-698X-14-10>
50. García-Toledano E, Palomares-Ruiz A, Cebrián-Martínez A, López-Parra E. Health Education and Vaccination for the Construction of Inclusive Societies. *Vaccines*. 2021;9(8):813. <https://doi.org/10.3390/vaccines9080813>
51. Tauil MC, Sato APS, Waldman EA. Factors associated with incomplete or delayed vaccination across countries: a systematic review. *Vaccine*. 2016;34(24):2635-43. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.04.016>
52. Domingues CMAS, Maranhão AGK, Teixeira AM, Fantinato FFS, Domingues RAS. The Brazilian National Immunization Program: 46 years of achievements and challenges. *Cad Saude Publica*. 2020;36(Supl. 2):e00222919. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00222919>