



Economía, sociedad y territorio

ISSN: 1405-8421

ISSN: 2448-6183

El Colegio Mexiquense A.C.

Braz, Sarah Geciellen Cabral; Raiher, Augusta Pelinski  
Redução da mortalidade infantil e cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento do Milênio 4 no Brasil  
Economía, sociedad y territorio, vol. XXII, no. 68, 2022, January-April, pp. 265-295  
El Colegio Mexiquense A.C.

DOI: <https://doi.org/10.22136/est20221672>

Available in: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11172870010>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's webpage in [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

redalyc.org

Scientific Information System Redalyc  
Network of Scientific Journals from Latin America and the Caribbean, Spain and  
Portugal

Project academic non-profit, developed under the open access initiative

# Redução da mortalidade infantil e cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento do Milênio 4 no Brasil

## Reducing Child Mortality and Meeting Millennium Development Goal 4 in Brazil

SARAH GECIELLEN CABRAL BRAZ\*

AUGUSTA PELINSKI RAIHER\*

### *Abstract*

*This work aims to analyze the conditions that affect the probability of a Brazilian municipality reaching the Millennium Development Goal 4 (MDG4), considering the period from 2000 to 2015. For this, the spatial Probit model was used, with regional estimates. There was evidence of an advance in the municipalities that reached MDG4 in 2015, with heterogeneity across the country. With regard to what affects the probability of meeting MDG4, a negative effect was found for female illiteracy, fertility and income inequality, with a spatial effect of these variables. In addition, the PSF contributed positively to achieving MDG4.*

**Keywords:** *child mortality, MDG4, spatial probit.*

### **Resumo**

Neste trabalho são analisadas as condições que afetam a probabilidade de um município brasileiro atingir o Quarto Objetivo de Desenvolvimento do Milênio (ODM4), de 2000 a 2015. Para isso, utilizou-se o modelo Probit espacial, com estimativas regionais. Evidenciou-se um avanço dos municípios que atingiram o ODM4 em 2015, havendo uma heterogeneidade ao longo do país. Em relação ao que afeta a probabilidade de se atingir o ODM4, encontrou-se efeito negativo para o analfabetismo feminino, para a fecundidade e a desigualdade de renda, existindo um efeito espacial dessas variáveis. Além disso, o PSF contribuiu positivamente para alcançar o ODM4.

**Palavras-chave:** mortalidade infantil, ODM4, probit espacial.

\* Universidade Estadual de Ponta Grossa, correio-e: [sarahgbraz@gmail.com](mailto:sarahgbraz@gmail.com) y [apelinski@gmail.com](mailto:apelinski@gmail.com)

## Introdução

Em 2000 foi realizado um pacto global entre os 191 países membros da Organização das Nações Unidas (ONU). Nesse encontro, os governantes e os chefes de Estados junto com a ONU firmaram objetivos concretos para o novo milênio, como reduzir pela metade a percentagem de pessoas que vivem na pobreza extrema, fornecer água potável e educação a todos, inverter a tendência de propagação do HIV/AIDS, combater a injustiça, a desigualdade, o terror e o crime e comprometeram-se a combatê-los (ONU, 2000).

Além de se determinar objetivos, também foram estabelecidos prazos, de modo que os países que se comprometeram com os objetivos firmados em 2000 teriam até o ano de 2015 para cumpri-los. E o Brasil foi um dos países comprometidos a atingir as metas do milênio.

Neste artigo, o foco será a análise do quarto Objetivo do Milênio e seu cumprimento pelos municípios do Brasil, o qual consiste na redução de dois terços da mortalidade infantil até 2015. O coeficiente ou taxa de mortalidade infantil (TMI) é um indicador socioeconômico que revela a situação de saúde de uma população, sintetizando as condições de bem-estar social, de alimentação, de acesso aos serviços de saúde e o próprio desempenho das ações dirigidas à população menor de cinco anos. Por isso, é um dos principais indicadores utilizados por organismos internacionais na avaliação do grau de desenvolvimento alcançado pelos países e no monitoramento da evolução da equidade social em grupos distintos (Almeida, 2016).

Os dados do relatório *Levels & Trends in Child Mortality* (UNICEF, 2015) sintetizam o alcance desse objetivo, analisando a evolução que se teve em 25 anos, considerando os dados mundiais: em 1990, de 1 000 nascidos vivos, 91 morriam antes dos 5 anos, e em 2015 esse valor caiu para 43. Ademais, em 1990 o número de óbitos de crianças era de 12,7 milhões, reduzindo para 5,9 milhões de óbitos infantis em 2015. De maneira geral, pode-se inferir que as regiões desenvolvidas conseguiram reduzir a mortalidade infantil em dois terços, ao passo que, dentre as regiões em desenvolvimento, nem todas alcançaram esse objetivo. Se a mortalidade infantil continuar seguindo a tendência de queda, o prognóstico é de que em 2026 o mundo alcançará o Quarto Objetivo de Desenvolvimento do Milênio (ODM4) com 10 anos de atraso em relação à meta estabelecida.

No Brasil, de acordo com os dados apresentados no 5º Relatório Nacional de Acompanhamento do ODM (IPEA, 2014), o país atingiria a meta de redução de mortalidade infantil até 2015. Em 1990, a taxa era de 53,7 óbitos para 1 000 nascidos vivos e em 2011 passou para 17,7 óbitos. Houve também redução na desigualdade regional, de modo que,

a mortalidade infantil diminuiu em todas as regiões do país nesse intervalo de tempo, verificando um ritmo mais acelerado no Nordeste (redução de 76%, média de 6.6% ao ano), região na qual se tinha um nível de mortalidade superior às demais regiões (em 1990, a mortalidade no Nordeste era 2,5 vezes maior que a do Sul, diferença que foi reduzida para 1,6 vezes em 2011).

Santos *et al.* (2012) inferem que a implantação de um sistema de saúde universal [o Sistema Único de Saúde (SUS)], após a Constituição Federal de 1988, e a ampliação das coberturas de atenção básica, foi responsável por parte do sucesso brasileiro no alcance da meta do milênio, principalmente por meio da estratégia da Saúde da Família.

É importante destacar que, embora se tenha reduzido às taxas de mortalidade do Brasil e se tenha minimizado as discrepâncias regionais, nem todos os seus municípios atingiram o ODM4. Cenário similar também é verificado quando são analisados os países como um todo, havendo uma expressiva melhora na saúde infantil nas últimas décadas, entretanto, persistindo ainda um processo de desigualdade quanto à redução da mortalidade infantil, atrelado especialmente ao nível socioeconômico de cada espaço (The World Bank, 2021; Arntzen e Nybo Andersen, 2004).

Com efeito, 9% dos municípios brasileiros tiveram crescimento das suas taxas de mortalidade infantil entre 2000 e 2015, além do que 40% dos municípios não atingiram a meta do ODM4. Isso demonstra a heterogeneidade em termos de avanço da saúde infantil no país, questionando quais seriam os fatores que limitam o alcance desta meta para todos os espaços brasileiros. A aferição deste objetivo representa uma melhora nas condições de bem-estar local, e por isso, questiona-se acerca desta desigualdade no alcance do ODM4 para todos os municípios do Brasil.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo identificar os fatores que afetam a probabilidade de um município brasileiro reduzir em dois terços a sua mortalidade infantil. Além disso, as mesmas análises foram feitas para cada região do país, identificando os determinantes de se alcançar o ODM4 regionalmente. Ressalta-se que o ano de 2015 foi escolhido como ano final de análise, dado o prazo estabelecido para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. A principal hipótese desse trabalho é que elementos como taxa de fecundidade, desigualdades de renda, Programa Saúde da Família (PSF) e formação do capital humano feminino, podem afetar a probabilidade de um município atingir a ODM4, existindo um efeito socioeconômico nesse processo.

Como contribuição dessa pesquisa, tem-se a inclusão do espaço na determinação dos fatores que afetam a probabilidade de se cumprir o ODM4, inclusão que se justifica por estar se trabalhando com municípios, de modo que, políticas de saúde, condições socioeconômicas de um espaço, dentre

outros elementos, podem afetar e modificar as condições do envoltório no que se refere à mortalidade infantil. Por isso, incluiu-se o espaço na análise econométrica, diferenciando essa pesquisa das demais que focaram nos determinantes da mortalidade infantil do Brasil (como: Duarte, 1992; Ssewanyana e Younger, 2008; Silva, 2016; Lima *et al.*, 2017; entre outros).

Assim, este artigo está dividido em cinco seções, incluindo esta. Em seguida, tem-se a revisão de literatura na qual se aborda os estudos e dados empíricos encontrados sobre mortalidade infantil. Na terceira seção, tem-se a metodologia, seguida da apresentação dos principais resultados encontrados e as considerações finais.

## **1. A mortalidade infantil como objeto de estudo**

A taxa de mortalidade infantil é uma medida referente ao número de mortes infantis por mil nascidos vivos em um período (CDC, 2021). As intervenções que visam melhorar a sobrevivência dos bebês focam em alvos específicos, como doenças congênitas, parto prematuro, baixo peso ao nascer, complicações relacionadas à gravidez, síndrome da morte súbita do bebê e lesões.

Conforme destacado Reidpath e Allotey (2003), os indicadores de mortalidade infantil não apenas revelam como está a saúde infantil, mas também indicam a qualidade de vida de toda a localidade, sendo o resultado direto e indireto dos problemas sociais locais. Ademais, Reidpath e Allotey (2003) destacam a existência de uma associação entre as causas da mortalidade infantil e os fatores que podem ter influência no estado de saúde das populações como um todo, referindo-se especialmente ao desenvolvimento socioeconômico, a condição de vida, as taxas de doença e a qualidade do meio ambiente. Neste sentido, ignorar a problemática acerca da mortalidade infantil significa não buscar o bem-estar de toda a sociedade.

Neste contexto, no ano de 2000, o Brasil juntamente com outros líderes mundiais membros das Nações Unidas se uniram para fazer um pacto com a ONU, e se comprometeram a alcançar objetivos específicos e atingíveis até o ano de 2015. Dentre estes, o quarto objetivo se propunha a reduzir a mortalidade de crianças com menos de 5 anos em dois terços até o ano de 2015 (ODM4). No caso do Brasil, isso significou reduzir para 15,7 óbitos por 1000 nascidos vivos a mortalidade infantil. Entretanto, nem todos os municípios auferiram esse valor. Assim, essa pesquisa tem como principal foco a identificação dos fatores que podem elevar a probabilidade de um município atingir essa meta.

Duarte (1992) afirma que a mortalidade infantil tende a revelar determinadas características como condições de moradia, saneamento básico,

assistência médica e nutrição, os quais juntos formam diversos riscos contra a vida. O espaço sócio geográfico é considerado pela autora como uma unidade de análise adequada para avaliar os diferenciais de mortalidade infantil, ou seja, os níveis e tendências da mortalidade infantil, analisados para diferentes áreas geográficas, tendem a reproduzir as disparidades existentes entre situações de vida de seus habitantes.

Existem diversos trabalhos que buscam explicar os fatores correlacionados com a mortalidade infantil. Inicialmente, alguns estudos evidenciaram a importância do espaço neste processo, inferindo que as regiões tendem a agrupar indivíduos com características similares, especialmente no que se refere ao seu nível socioeconômico (Knorr-Held e Besag, 1998). Além de que aspectos como meio ambiente, urbanização e a própria genética podem estar associados aos aspectos espaciais da mortalidade infantil. McDonald *et al.* (2018), ao analisar a fronteira entre os Estados Unidos e o México, identificaram a urbanização como fator mais relevante na explicação da mortalidade infantil, com efeitos superiores aos observados para a etnia hispânica ou branca não hispânica. Teoricamente, uma maior urbanização tende a limitar o acesso aos equipamentos de saúde, mitigando o acesso aos médicos e outros insumos necessários para uma melhor qualidade de vida.

Esses aspectos espaciais indiretamente foram analisados por Ssewanyana e Younger (2008), os quais, investigando o país Uganda entre os anos 1974 e 1999, identificaram uma correlação negativa entre a renda das famílias e a mortalidade infantil. Também encontraram correlação negativa entre a educação materna e a mortalidade, contudo, os autores perceberam que o efeito da educação primária era maior que o efeito da educação secundária sobre a mortalidade infantil, demonstrando que existe uma relação de “U” invertido na curva de educação das mães na mortalidade infantil. Além disso, melhorias no alcance das vacinações contra doenças infantis e cuidados gerais com a saúde —aspectos que são localmente determinados — também causaram significantes reduções no número de óbitos infantis em Uganda.

Santos *et al.* (2003) concluíram em um processo de entrevistas entre 40 unidades de saúde no município de Olinda em Pernambuco, que 100% delas dispunham de todas as vacinas, faziam esquema vacinal completo e apresentavam envolvimento multiprofissional; 98% realizavam busca de faltosos; 85% faziam conservação adequadamente e 70% realizavam educação em saúde, confirmando assim a efetividade das ações de imunização pelo PSF.

No trabalho de Christiaensen e Alderman (2004) acerca da Etiópia, os autores evidenciaram um efeito negativo sobre a mortalidade infantil quando considerado a educação dos pais e das mães, com um impacto

maior para essa última. Assim, inferem que um nível maior de instrução dos pais/mães propicia a criação de filhos mais nutridos, com maiores chances de sobrevivência. Os autores também obtiveram resultados semelhantes ao estudar a Uganda, onde a educação primária apresentou um maior efeito na mortalidade infantil do que a educação secundária para as mulheres mães. Ademais, evidenciaram que educação melhora a renda familiar, a qual impacta positivamente o combate da desnutrição infantil.

Lee *et al.* (2016) observam que o aumento do preço dos alimentos, como a crise global dos preços dos alimentos em 2008, leva ao aumento da preocupação com a segurança alimentar mundial. A alta dos preços dos alimentos eleva a probabilidade da fome e a redução de alimentos nutritivos, ocasionando prejuízos à saúde da população e intensificando a mortalidade. Levando em consideração essa preocupação, os autores analisaram o período de 2001 a 2011 através de um painel de dados com 95 países, em desenvolvimento e os menos desenvolvidos, e concluíram que o impacto dos preços é maior nos países menos desenvolvidos que nos em desenvolvimento. Se o preço dos alimentos aumentar em 10%, eleva em 2.3% o número de óbitos infantis com menos de 1 ano, mantendo tudo constante.

Além da mortalidade apresentar um aspecto espacial, também pode ser afetada devido às alterações no tempo, consequência direta da própria evolução das doenças em respostas às mudanças locais (como, por exemplo, alguns tipos de câncer, problemas respiratórios), além das próprias alterações nos comportamentos individuais relacionados à saúde (como atividade física, dieta alimentar, etc.), e do avanço das próprias políticas públicas (Shin *et al.*, 2009, Papoila *et al.*, 2014).

Lima *et al.* (2017) trazem em seu artigo a perspectiva brasileira, analisando o Estado do Mato Grosso, com foco na mortalidade infantil em Cuiabá, capital do estado. Conforme dados encontrados pelos autores para os anos de 2006 a 2010 utilizando o método linkage probabilístico, que consiste em unificar informações da mesma pessoa em duas bases de dados diferentes, no caso deste estudo, Sinasc (Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos e SIM (Sistema de Informação sobre Mortalidade), a mortalidade infantil reduziu em 67.1% e os fatores associados a essa queda foram: o aumento do número de consultas pré-natais, as equipes treinadas para reanimação em salas de parto, a existência de unidades intensivas neonatais preparadas para atender prematuros e as políticas públicas como Bolsa Alimentação e o Programa Bolsa Família.

Almeida *et al.* (2011) fizeram um estudo de caso para os municípios da região sul de São Paulo, entre os anos de 2000 e 2001, através da coleta de dados por questionários e prontuários hospitalares, com uma amostra de 213 recém-nascidos. Como corolário, encontraram mortalidade

elevada tanto para nascimentos de extremo baixo peso quanto para os com maior viabilidade. Nas suas análises, a identificação precoce de uma gestação de risco e o cuidado com o recém-nascido trazem resultados satisfatórios na redução da mortalidade infantil.

Ao investigar os municípios de Pernambuco para os anos de 2000 e 2010, Silva (2016) encontrou relação positiva com o aumento da mortalidade infantil para as variáveis: pobreza, educação e taxa de fecundidade total uma relação negativa com percentual de pessoas com acesso ao saneamento básico e gasto com saúde por habitante. Ademais, infere que quanto maior o nível educacional dos pais, maiores as chances de um diagnóstico precoce de doenças e tratamento, reduzindo assim o número de óbitos infantis.

Silva *et al.* (2004) constataram, ao estudar o impacto do PSF no Município de Sobral, Ceará, uma tendência de aumento progressivo da cobertura vacinal que era de 68% em 1997, passando para 96.5% em 2002. Foi analisado o esquema vacinal básico completo (Pólio, DPT, BCG e Sarampo) de crianças menores de cinco anos. A análise dos efeitos do PSF realizada por Guimarães *et al.* (2009) sobre a mortalidade infantil é fundamentada na lógica de evitabilidade dos óbitos redutíveis pelas ações de atenção primária realizadas pelo programa, que seriam a imunoprevenção; adequado controle da gravidez; adequada atenção ao parto; ações de prevenção, diagnóstico e tratamento precoce e por ações em parceria com outros setores.

Enfim, essas referências evidenciam que a mortalidade infantil é resultado de vários fatores relacionados ao meio no qual estão inseridos e que mudanças temporais podem afetar essa determinação.

## 2. Metodologia

### 2.1. Dados e suas fontes

O 4º Objetivo de Desenvolvimento do Milênio proposto em 2000 consistiu em reduzir a mortalidade infantil de cada país em dois terços até o ano de 2015. No caso do Brasil, a meta era passar de uma mortalidade infantil de 29 óbitos por mil nascidos vivos em 2000 para 15,7 óbitos em 2015.

Portanto, inicialmente coletou-se as informações acerca de mortalidade infantil por mil nascidos vivos de cada município no ano de 2015 (com dados retirados do sítio DATASUS (2015) - Número de óbitos infantis até 5 (cinco) anos de idade por causas evitáveis, por residência), analisando os municípios que conseguiram a meta de mortalidade que o país como um todo deveria ter auferido. Assim, construiu-se uma variável binária,



na qual foi dado o valor “um” para os municípios que atingiram a meta brasileira da ODM4 em 2015 e “zero” para os que não auferiram, chamando-a de ODM4BR.

Na busca de identificar os fatores que elevam as chances de se atingir o ODM4, algumas variáveis explicativas foram determinadas, considerando a literatura da área, conforme mostra o quadro 1.

Além das informações obtidas no sistema DATASUS (2015), dados foram recolhidos do censo, IBGE (2010) e Atlas do Desenvolvimento no Brasil (2010). Por fim, foram utilizados os *softwares* Geoda (Luc Anselin, 2019) e Qgis (2019) para a criação dos mapas, matrizes e testes de autocorrelação espacial e o *software* R Studio (2019) para estimação do modelo Probit Espacial.

**Quadro 1**  
**Variáveis Explicativas do modelo (3), sinal esperado**  
**e fonte dos dados**

<i>Variáveis Explicativas</i>	<i>Sigla</i>	<i>Sinal esperado</i>	<i>Fonte</i>	<i>Período</i>
Taxa de Fecundidade Total	FEC2010	-	Atlas	2010
Taxa de mulheres analfabetas	ANALF2010	-	CENSO-IBGE	2010
Índice de Gini	GINI2010	-	CENSO-IBGE	2010
Renda per capita domiciliar	REN2010	+	CENSO-IBGE	2010
Percentual da população com renda per capita inferior a 1/2 salário-mínimo	POB2010	-	CENSO-IBGE	2010
Visitas domiciliares por enfermeiros do Programa saúde da família (PSF) por mil habitantes	ENF2015	+	DATASUS	2015
Visitas domiciliares dos médicos do PSF por mil habitantes	MED2015	+	DATASUS	2015
Pessoas cadastradas no PSF por mil habitantes	PSF2015	+	DATASUS	2015
Percentual de cobertura de Vacinação Infantil	VAC2015	+	DATASUS	2015

Fonte: elaboração própria.

2.2. *Estratégia Empírica: Modelo Probit Espacial*

Após a realização dos testes de autocorrelação espacial nos resíduos (tabela 1), constatou-se a existência de dependência espacial, e, portanto, os modelos clássicos de regressão linear não devem ser levados em consideração, pois as estimativas tendem a ser enviesadas e inconsistentes, sugerindo o uso da econometria espacial.

**Tabela 1**  
***I* de Moran para os resíduos da estimação Probit**

<i>Matriz</i>	<i>Rainha</i>	<i>Torre</i>	<i>1 vizinho</i>	<i>4 vizinhos</i>	<i>10 vizinhos</i>	<i>15 vizinhos</i>
<i>I</i> de Moran	0.027	0.027	0.002*	0.021*	0.027*	0,023*

Fonte: resultado da pesquisa manipulado através do Geoda Software (Luc Anselin, 2019).  
Nota: (\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 1%. Permutações=999.

Devido à ineficiência dos modelos de regressão linear (MQO), nessa sessão é apresentado o modelo de regressão espacial empregado nesse estudo: o modelo Spacial Autoregressive (SAR). O modelo SAR, segundo LeSage e Pace (2009) é a combinação de um modelo de regressão tradicional com uma estrutura espacial autorregressiva, em que a interação espacial ocorre entre as variáveis dependentes. A especificação matemática para o modelo SAR é:

$$y = \rho Wy + \alpha i_n + X\beta + \varepsilon$$
$$y = (I_n - \rho W)^{-1}(\alpha i_n + X\beta) + (I_n - \rho W)^{-1} \varepsilon$$
$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 In)$$

(1)

Onde: *y* é a variável dependente; *X*: variável explicativa; : vetor *n* x1 com todos os valores unitários; *W*: matriz de proximidade espacial; *α* e *β*: coeficientes de regressão e *ρ*: coeficiente autorregressivo espacial.

Almeida (2012) estabelece que o coeficiente autorregressivo espacial (*ρ*) é o elemento que traz a dependência espacial para o modelo. Um valor positivo indica autocorrelação espacial positiva, ou seja, valores altos ou baixos em determinado local da variável dependente estão relacionados, respectivamente, a existência de valores altos ou baixos em locais próximos. Já valores negativos indicam a relação inversa. A hipótese nula desse modelo é que *ρ* é igual a zero, logo, se ele não for estatisticamente significativo, considera-se que não existe a dependência espacial.

LeSage e Pace (2009) explicam que, em um modelo tipo SAR, a variação de uma variável explicativa não afetará apenas a região da variável

dependente (efeito direto), mas afetará também, pelo efeito indireto, a variável dependente de outras regiões. Os efeitos indiretos são o que é chamado de transbordamento espacial. Para a estimação Probit, os efeitos totais e diretos são calculados assim:

$$\frac{\partial E[y|x_r]}{\partial x_r} = \varphi(S^{-1}I_n\bar{x}_r\beta_r) \times S^{-1}I_n\beta_r \quad (2)$$

Do lado esquerdo são o valor do efeito total e no lado direito os efeitos diretos.

Do modelo SAR, deriva-se o modelo Probit Espacial, que é a instrumentação utilizada neste estudo. Almeida (2012) infere que o Probit espacial, o qual é uma extensão do Probit convencional, incorpora a dependência espacial no modelo de variável latente. No modelo espacial, se leva em consideração o espaço geográfico da probabilidade de o evento ocorrer. Esse tipo de modelo trabalha com uma variável dependente binária: se a variável latente superar um determinado nível crítico  $c$ , o valor observado é “um”, caso não ultrapasse o nível crítico determinado, o valor observado é zero:

$$y = \begin{cases} 1, & y^* \leq ODM4 \\ 0, & y^* > ODM4 \end{cases} \quad (3)$$

$$y^* = \rho W y^* + X\beta + \varepsilon$$

$$\varepsilon \sim (0, \sigma_\varepsilon^2 I_n)$$

Em que:  $\varepsilon$  é o termo de erro aleatório com média zero e variância constante.

Cabe destacar a existências de diferenças estratégias empíricas para se estimar esse tipo de modelo. Fuentes *et al.* (2016) citam a estimação por máxima verossimilhança, mínimos quadrados ponderados e estimadores obtidos por meio do método generalizado dos momentos. Entretanto, os autores citam como importante forma de estimação o método Bayesiano, por ter maior facilidade computacional, despendendo menos tempo. Por isso, essa foi a metodologia aplicada em (3).

Neste sentido, a variável de interesse desse estudo assume dois valores: “um” se atingiu o ODM4 e “zero” caso contrário. Cabe ressaltar que foi considerado como variável dependente a ODM4BR. Assim, a variável dependente a ser investigada tem um intervalo limitado e, por consequência, não pode ser tratada com modelos clássicos de regressão linear (MCRL), visando a obtenção de estimados eficientes. Além disso, quando

se busca identificar a probabilidade de um fenômeno ocorrer condicionado a  $X$  (variável explicativa), o uso de MCRL não garante que as probabilidades estimadas se situem entre zero e um.

Para a modelagem Probit Espacial requer uma matriz de ponderação, nesse caso, a análise está baseada na matriz de distância geográfica de  $k$  vizinhos mais próximos. A decisão do número de vizinhos derivou de um processo de estimação de modo, selecionando o  $k$  vizinhos que originou o coeficiente de autocorrelação espacial com maior significância estatística, conforme metodologia aplicada por Fuentes *et al.* (2016), correspondendo a 10 vizinhos. Por fim, após estimar (3), testou novamente a autocorrelação espacial entre os resíduos de todos os modelos e eliminou-se o efeito espacial que existia *a priori* (tabela 2).

**Tabela 2**  
***I* de Moran para os resíduos da estimação Probit ESPACIAL**

<i>Matriz</i>	<i>Rainha</i>	<i>Torre</i>	<i>1 vizinho</i>	<i>4 vizinhos</i>	<i>10 vizinhos</i>	<i>15 vizinhos</i>
<i>I</i> de Moran)	0.002	0.002	0.0002	0.001	0.001	0.002

Fonte: resultado da pesquisa manipulado através do Geoda Software (Luc Anselin, 2019).

**3. ODM4 e seus determinantes: evidências empíricas para os municípios do Brasil**

A minimização da mortalidade infantil está entre os objetivos de praticamente todos os países. Sua retração indiretamente sinaliza melhorias na condição de vida da população, ultrapassando o enfoque puramente do bem-estar infantil. O índice de mortalidade infantil irá retratar uma intensificação do bem-estar infantil, mas ele vai além, representando, em tese, uma melhora na condição de vida de toda a população.

Por isso, acompanhar a mortalidade infantil e identificar se cada região está alcançando as metas internacionais é importante, sinalizando assim o grau de desenvolvimento humano que se tem. No caso dos municípios brasileiros (tabela 3), observa-se uma importante evolução, com uma redução do percentual de mortalidade infantil média de 38%, saindo de 39,98 em 2000 para 15,05 óbitos infantis por mil nascidos vivos em 2015. Ao mesmo tempo, a expansão do coeficiente de variação indica uma heterogeneidade maior dos dados, resultado que, acompanhado pela diminuição da média da mortalidade infantil, sinaliza que os óbitos infantis vêm diminuindo no decorrer do tempo, contudo, não tem sido homogêneo esse processo. Com efeito, pelos valores máximo e mínimo da tabela 3 pode-se ratificar tal inferência, de modo que a amplitude observada se

elevou no decorrer dos anos. Assim, a mortalidade infantil média do Brasil tem diminuído, entretanto, existem desigualdades nessa distribuição, tendo, ainda, municípios que estão bem aquém desse resultado.

**Tabela 3**  
**Estatística Descritiva acerca da mortalidade infantil**  
**por mil nascidos vivos –municípios brasileiros–, 2000 e 2015**

<i>Variáveis</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Coefficiente de variação</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>
Mortalidade 2000	39,98	18,23	0,45	106,29	12,99
Mortalidade 2015	15,05	14,39	0,95	187,5	0,00

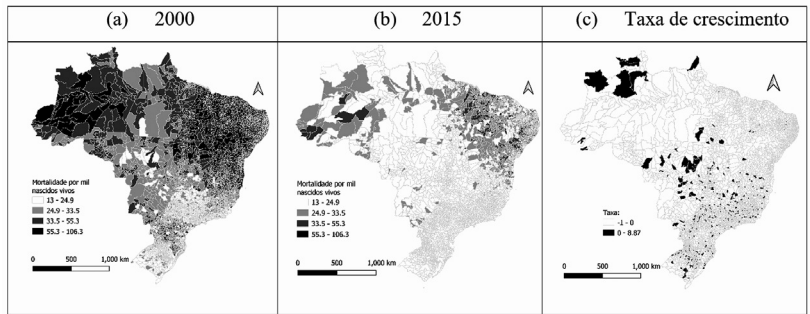
Fonte: resultado da pesquisa, com base nos dados do DATASUS (2015).

Classificando cada município entre aqueles que atingiram o ODM4 do país, igualmente se tem uma evolução importante, em que, em 2000, tinha-se apenas 1.19% dos municípios com menos de 15,7 óbitos infantis, passando para 22.88% em 2010 e, em 2015, cinco anos após o último censo, quase 60% (3319 municípios) dos municípios brasileiros alcançaram a meta do 4º Objetivo do Milênio. Apesar de aproximadamente 60% dos municípios terem alcançado a ODM4BR em 2015, cerca de 9% dos municípios tiveram um aumento de mortes infantis quando comparado com o período inicial (2000), citando como exemplo os municípios: Colina do Sul, Córrego de Ouro na região Centro-Oeste, Vale Verde no Rio Grande do Sul, Presidente Wenceslau na Região Sudeste, dentre outros.

Na figura 1, estão plotados os mapas de mortalidade infantil para os anos de 2000 e 2015<sup>1</sup> e a taxa de crescimento da mortalidade de 2000 para 2015. Nos mapas (a) e (b) pode-se contemplar uma expansão do primeiro intervalo (cor vermelha) em contraposição da queda do 2º intervalo (cor azul claro), evidenciando uma redução significativa da mortalidade infantil por mil nascidos vivos especialmente nas regiões Norte e Nordeste no Brasil. Entretanto, no ano de 2015 (figura 1b), o terceiro e quarto intervalo (amarelo e azul escuro, respectivamente), que antes não se destacavam na figura 1a, passaram a existir, ressaltando que esses intervalos representam taxas de mortalidade maiores. Destarte, apesar da queda evidente do número de óbitos infantis, alguns municípios foram ao contrário do proposto e aumentaram suas taxas de mortalidade infantil por mil nascidos vivos.

<sup>1</sup> As escalas utilizadas na figura 1 tiveram como base os quantis do ano de 2000, visando identificar possíveis evoluções. No primeiro quantil tinha-se um nível de mortalidade inferior do que os demais quantis.

**Figura 1**  
**Mortalidade Infantil por mil nascidos vivos em 2000 (a), em 2015 (b) e taxa de crescimento da mortalidade infantil entre 2000 e 2015 (c) – municípios do Brasil**



Fonte: dados do sistema DATASUS (2015) e manipulados no Software Qgis (2019).

Com efeito, na figura 1c, que apresenta a taxa de crescimento da mortalidade infantil por mil nascidos vivos no país, isso é ratificado. Grande parte dos municípios tiveram taxas negativas do crescimento da mortalidade infantil, entretanto, visualiza-se a localização daqueles municípios que tiveram taxas de crescimento positivas, significando aumento da mortalidade infantil por mil nascidos vivos, os quais estão presentes em todas as regiões do país, como mostra a tabela 4.

**Tabela 4**  
**Número de municípios que elevaram suas taxas de mortalidade infantil entre 2000 e 2015 -por regiões–, no Brasil**

	<i>Norte</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Sul</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Centro-Oeste</i>
Número de municípios	449	1793	1188	1668	466
Percentual em relação ao total de municípios	3.79%	0.89%	13.05%	12.83%	13.30%

Fonte: resultado da pesquisa, com base nos dados do sistema DATASUS (2015).

O Centro-Oeste, Sul e Sudeste, respectivamente, foram às regiões com maior percentual de municípios com taxas de crescimento positivas entre 2000 e 2015, enquanto, o Norte e o Nordeste do país tiveram apenas 4% e 1% de seus municípios com incremento na mortalidade infantil, ou seja, conseguiram obter os maiores percentuais de municípios que reduziram suas taxas de mortalidade infantil no decorrer do tempo. Esses resultados explicam a elevação do coeficiente de variação apresentado na tabela 3, indicando que, embora se tenha reduzido significativamente a média da

mortalidade infantil por mil nascidos vivos ao longo do país, em alguns casos, intensificaram-se os aspectos negativos, elevando esse indicador.

Um ponto importante verificado na figura 1a *versus* 1b refere-se à proximidade dos municípios com as maiores taxas de mortalidade infantil, assim como a proximidade entre os municípios com os menores valores. Com efeito, essa proximidade pode ser comprovada por meio do *I* de Moran, o qual, independente da convenção que se estimou, apresentou-se positivo e estatisticamente significativo (tabela 5), inferindo acerca da existência de uma autocorrelação espacial entre a mortalidade infantil e um padrão de concentração espacial, ou seja, municípios com elevados índices de óbitos infantis por mil habitantes tendem a estar rodeados por municípios com similar característica (e vice-versa). Por tanto, é possível afirmar que os municípios que atingiram o ODM4 em 2015 tenderam a estar próximos entre si, existindo também proximidades entre aqueles que não conseguiram atingir tal meta.

**Tabela 5**  
**Estatística I de Moran univariado -Mortalidade Infantil**  
**por mil nascidos vivos– no Brasil (2000 e 2015)**

Ano	Rainha	Torre	1 vizinho	4 vizinhos	7 vizinhos	10 vizinhos	15 vizinhos
2000	0.874	0.873	0.900*	0.880*	0.870*	0.870*	0.865*
2015	0.046	0.045	0.035*	0.039*	0.042*	0.043*	0.037*

Fonte: resultado da pesquisa manipulado através do Geoda Software (Luc Anselin, 2019).  
Nota: (\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 1%. Permutações=999.

Entretanto, ao analisar o valor do *I* de Moran de 2000 *versus* o de 2015 (tabela 5) verifica-se que este diminui no decorrer dos anos. Isso indica que existe um padrão de distribuição espacial da mortalidade infantil por mil nascidos vivos, entretanto, esse padrão de concentração vem diminuindo a sua intensidade no decorrer dos anos. Isso ratifica a disposição mais homogênea da mortalidade infantil de 2015 (figura 1b) comparativamente à de 2000 (figura 1a).

Nas figuras 3 e 4 são apresentados os *clusters* espaciais, ratificando o padrão de distribuição espacial concentrado da mortalidade infantil por mil nascidos vivos ao longo do Brasil no decorrer dos anos. Em 2000, os *clusters* estavam mais concentrados comparados com 2015, com uma interligação maior entre os municípios com alta mortalidade infantil (Alto-Alto), bem como entre os com menor mortalidade (Baixo-Baixo),

evidenciando a importância do espaço na distribuição desse indicador, com a formação de grandes conglomerados. No caso do *cluster* Baixo-Baixo, abrangia basicamente o Sul, Sudeste e Centro-Oeste, e o Alto-Alto localizava-se no Norte e Nordeste. Em 2015, praticamente eliminou-se essa distribuição geográfica, existindo ainda uma concentração maior dos *clusters* Alto-Alto no Norte e Nordeste e Baixo-Baixo no Sul/Sudeste/Centro-Oeste, mas tornou-se mais homogênea essa distribuição entre as regiões brasileiras.

Relacionando espacialmente a mortalidade infantil de 2000 com a taxa de crescimento da mortalidade entre 2000 e 2015 (figuras 1a e 1c), se observa (tabela 6) que aqueles municípios que tinham altas taxas de mortalidade infantil em 2000 tenderam a ter no seu envoltório municípios com taxas menores de crescimento da mortalidade infantil entre 2000 e 2015 (*I* de Moran Bivariado apresentou-se negativo e estatisticamente significativo).

**Tabela 6**  
**Estatística I de Moran Bivariado -Mortalidade Infantil por mil habitantes de 2000 versus taxa de crescimento da mortalidade infantil entre 2000 e 2015– no Brasil (2015)**

<i>Matriz</i>	<i>Rainha</i>	<i>Torre</i>	<i>1 vizinho</i>	<i>4 vizinhos</i>	<i>7 vizinhos</i>	<i>10 vizinhos</i>	<i>15 vizinhos</i>
<i>I</i> de Moran	-0.223	-0.223	-0.219*	-0.229*	-0.225*	-0.218*	-0.218*

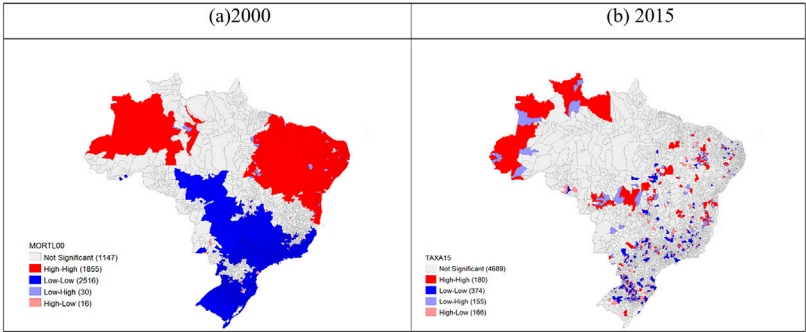
Fonte: resultado da pesquisa manipulado através do Geoda Software (Luc Anselin, 2019).  
Nota: (\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 1%. Permutações=999.

Isso significa que os municípios que mais reduziram seus óbitos infantis no decorrer do tempo eram municípios que tinham vizinhos com alto índice de mortalidade infantil inicial, característica das regiões Norte e Nordeste. Destarte, como em 2000 os municípios com elevada mortalidade estavam próximos, formando dois grandes conglomerados Alto-Alto (figura 2a), essa tendência de retração maior dos mais elevados índices de mortalidade observados em 2000 potencialmente beneficiou esses dois *clusters*, justificando o rompimento dos conglomerados Alto-Alto em 2015.

Da mesma forma, aqueles que tenderam a ter as maiores taxas de crescimento dos óbitos infantis (ou que tiveram menores decréscimos desses óbitos) eram áreas que inicialmente tinham na vizinhança menor mortalidade infantil inicial, característica especialmente do Sul/Sudeste/Centro-Oeste. Portanto, ratifica as inferências anteriores quanto ao fenômeno espacial existente na evolução da mortalidade infantil por mil nascidos vivos ao longo do Brasil, com uma melhora expressiva para as regiões que inicialmente tinham alta mortalidade infantil por mil nascidos vivos.



**Figura 2**  
**I de Moran Local (LISA): Clusters espaciais -Mortalidade Infantil**  
**por mil habitantes– no Brasil (2000 e 2015)**



Fonte: resultado da pesquisa manipulado através do Geoda Software (Luc Anselin, 2019).  
Nota: (\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 1%. Permutações=999.

Na tabela 7, tem-se a evolução de cada região no que se refere ao ODM4. Tanto no início da década de 2000, quanto em 2015, as regiões Sul e Sudeste lideravam o *ranking* de menores taxas de mortalidade, com um percentual maior de municípios atingindo a meta do milênio. Em 2000, Norte, Nordeste e Centro-Oeste não possuíam nenhum município com menos de 15,7 óbitos infantis por mil nascidos vivos, e no ano de 2015 prosperaram.

**Tabela 7**  
**Número de municípios brasileiros que alcançaram o ODM4 -por**  
**região– 2000 e 2015**

Região	N. de municípios que atingiram o ODM		Varição (a-b)	% de municípios que atingiram o ODM	
	2000 (a)	2015 (b)	2000-2015	2000	2015
Sul	53	832	779	4,46%	70,03%
Sudeste	13	1 100	1 087	0,78%	65,95%
Norte	0	203	203	0%	45,21%
Nordeste	0	926	926	0%	51,65%
Centro-Oeste	0	258	258	0%	55,36%

Fonte: elaboração própria.

A região Sul teve uma grande alavancagem, passando de 53 municípios dentro do ODM4 em 2000 para 832 municípios no ano de 2015, man-

tendo-se como a região com os melhores resultados, ou seja, 70% de seus municípios conseguiram reduzir a mortalidade infantil a menos de 15,7 em 2015.

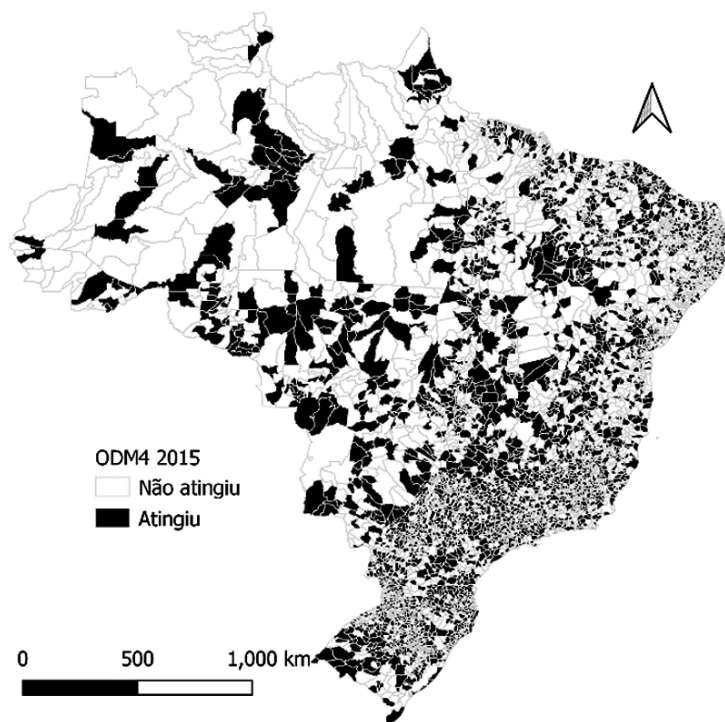
O Sudeste seguiu em 2º lugar, com 66% de seus municípios dentro do ODM4 em 2015, subindo de 13 para 1 100 municípios (2000 e 2015, respectivamente). O Centro-Oeste apresentou 55% dos seus municípios atendendo o ODM4, ficando um pouco abaixo das regiões Sul e Sudeste.

As regiões Norte e Nordeste obtiveram números expressivos, evidenciando uma melhoria importante durante os anos de 2000 a 2015: de 449 municípios na região Norte, 203 municípios conseguiram reduzir sua mortalidade infantil para a meta do milênio; na região Nordeste, de 1 793 municípios, 926 deles alcançaram o 4º ODM de 15,7 óbitos infantis por 1 000 nascidos vivos em 2015.

Apesar da melhora significativa de todas as regiões, Sul e Sudeste se destacaram em relação às demais regiões, demonstrando que existe disparidade ao longo do país, a qual precisa ser considerada ao estimar os parâmetros determinantes para o alcance do ODM4 entre os municípios, e, por isso, estimativas individualizadas serão efetuadas para cada região.

Na Figura 3, tem-se os municípios que alcançaram o ODM4 no ano de 2015, com uma distribuição espacial importante dos municípios que auferiram o ODM4, atingindo todas as regiões e apresentando certa ligação entre esses municípios. Enfim, a análise inicial do ODM4BR evidencia a evolução positiva que se teve no decorrer dos anos ao longo do país, revelando, ao mesmo tempo, espaços que precisam ser trabalhados para que nestes também se consiga uma melhora em termos de bem-estar infantil. Por isso, torna-se necessário identificar os fatores que elevaram as chances de um município brasileiro atingir o ODM4.

**Figura 3**  
**Municípios brasileiros que atingiram e que não alcançaram o ODM4 (2015)**



Fonte: dados do sistema DATASUS (2015) e manipulados no Software Qgis (2019).

### ***3.1. ODM4BR dos Municípios Brasileiros e seus Determinantes: Probit Espacial***

Embora os municípios brasileiros tenham melhorado no que se refere ao ODM4 ao longo do tempo, ainda existem áreas que estão à margem, tendo também uma heterogeneidade espacial no que se refere à distribuição dos melhores resultados em termos de ODM4. Por isso, é importante identificar fatores que elevam a chance de um município brasileiro atingir essa meta do milênio.

Para isso, estimou-se o Probit Espacial (tabela 8). Esse modelo trabalha com uma variável dependente binária, com valores iguais a 0 e 1. O modelo aqui empregado, trabalha com a probabilidade de o evento ocorrer. Nesse estudo, utilizou-se o valor igual a 0 para municípios com a taxa de mortalidade infantil maior que 15,7 e 1 para os que conseguiram

valores inferiores a esse parâmetro. Os resultados estimados trazem a probabilidade de ocorrência do evento (alcance do ODM4 – 15,7 óbitos por 1000 nascidos vivos) dada as variáveis explicativas estipuladas no modelo. Ademais, o Probit Espacial está sendo utilizado.

Isto posto, na tabela 8 tem-se as estimações para todos os municípios do Brasil, apresentando o modelo Probit clássico e o SAR Probit, ressaltando que o primeiro não leva em consideração o espaço e o segundo sim, de modo que, o efeito espacial está na variável dependente defasada. E o coeficiente  $\rho$  é responsável por captar esse efeito espacial, o qual se apresentou positivo e estatisticamente significativo, ratificando efeitos de transbordamento espacial do alcance/ou não do ODM4.

**Tabela 8**  
**Estimativa do Modelo Probit para ODM4**  
**(Todos os municípios do Brasil)**

	<i>Beta</i>	<i>(p-valor)</i>
Intercepto	1.0410	0.0000***
FEC2010	-15.3600	0.0000***
MED15	0.0002	0.4230
GINI2010	-0.6463	0.0100*
VAC15	0.0001	0.4350
PSF15	0.00001	0.0460*
ANALF2010	-1.5990	0.0000***
Efeito Espacial ( $\rho$ )	0.2435	0.0000***

Fonte: resultado da pesquisa manipulado através do software R Studio (2019).  
Nota: (\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 5%; (\*\*\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 1%. FEC2010: fecundidade inicial; MED15: quantidade de visitas domiciliares realizadas pelo profissional médico por 1000 habitantes; GINI2010: Índice de Gini inicial; VAC15: cobertura vacinal do ano final; PSF15: quantidade de pessoas cadastradas no Programa Saúde da Família por 1000 habitantes no ano final; ANALF2010: taxa de analfabetismo entre as mulheres em 2010 e  $\rho$ :efeito espacial.

A variável “fecundidade” veio com o sinal negativo e estatisticamente significativo, indicando que, quanto maior a taxa de fecundidade do município menor tende a ser a probabilidade de se alcançar o ODM4. Além disso, considerando que, em um modelo tipo SAR, a variação de uma variável explicativa tende a não afetar apenas a região da variável dependente (efeito direto), mas também pode atingir, pelo efeito indireto, a variável dependente das áreas vizinhas, então calculou-se o efeito direto e indireto da “fecundidade” na tabela 9. Como resultado, a fecundidade não apenas impacta, na média, negativamente as chances de um municí-

pio específico atingir o ODM4BR, como também, por transbordamento, atinge negativamente os municípios do envoltório, retraindo a probabilidade deles atingirem a meta do milênio aqui analisada.

**Tabela 9**  
**Efeitos Diretos e Indiretos -ODM4—, todos os municípios**

	<i>Direto</i>	<i>Indireto</i>	<i>Total</i>
FEC2010	-7.8820***	-2.8020***	-10.4300***
MED15	-0.0005	-0.0002	-0.0007
GINI2010	-0.4146*	-0.1400*	-0.5492*
VAC15	-0.0003	-0.0001	-0.0004
PSF15	0.00001*	0.00001*	0.0000*
ANALF2010	-0.7375***	-0.2644***	-0.9659***

Fonte: resultado da pesquisa manipulado através do software R Studio (2019).

Nota: (\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 5%; (\*\*\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 1%.

O Índice de Gini e a taxa de analfabetismo entre as mulheres também obtiveram impactos diretos e indiretos negativos e estatisticamente significativos sobre a probabilidade de se auferir o ODM4, apresentando uma relação inversa em relação ao combate do número de óbitos infantis ao longo do país. Além disso, essas variáveis não apenas impactam, na média, no município específico como, também, no seu envoltório. Importante destacar que em trabalhos como Ssewanyana e Younger (2008) e Duarte (1992) também se verificou uma relação negativa entre a desigualdade de renda e a mortalidade infantil. Da mesma forma, em trabalhos como o de Silva (2016) e Christiaensen e Alderman (2004) se teve igualmente uma relação inversa entre o analfabetismo (que está sendo usado como proxy da precariedade na formação do capital humano) e a mortalidade infantil.

O número de pessoas cadastradas no PSF (PSF2015) obteve um resultado estatisticamente significativo e positivo, revelando que, quanto maior é essa cobertura de atendimento do PSF maiores são as chances de se atingir o ODM4. E quando um município amplia esse número, não apenas ele tende a elevar essa chance como, também, por externalidades, a sua vizinhança também tende a aumentar a probabilidade de auferir a meta 4 dos objetivos do milênio. A análise dos efeitos do PSF realizada por Guimarães *et al.* (2009) sobre a mortalidade infantil é fundamentada na lógica de evitabilidade dos óbitos redutíveis pelas ações de atenção primária realizadas pelo programa, que seriam a imunopre-

venção; adequado controle da gravidez; adequada atenção ao parto; ações de prevenção, diagnóstico e tratamento precoce e por ações com parcerias com outros setores. Assim, esses seriam alguns dos meios pelos quais a cobertura do PSF atingiria a probabilidade de se auferir, direta e indiretamente, o ODM4. Por fim, o número de visitas domiciliares de médicos e a cobertura vacinal não foram significativos para o modelo, contudo, receberam os sinais positivos esperados.

### ***3.2. ODM4 dos municípios brasileiros e seus determinantes para as regiões do Brasil: Probit Espacial***

Conforme apresentado anteriormente, embora o país tenha avançado no cumprimento do ODM4, existe uma discrepância entre as regiões brasileiras. Na tabela 7, tem-se essa demonstração, em que, as Regiões Nordeste e Norte possuíam o menor percentual de municípios dentro do ODM4 em 2015 (15,7 óbitos por 1000/nascidos vivos), com 52% e 45%, respectivamente. Assim, nem a metade dos municípios nortistas tinham alcançado a 4ª meta do milênio, enquanto no Sul, mais de 70% dos seus municípios já estavam dentro do ODM4. No modelo Probit estimado para as regiões brasileiras (tabela 10), no Centro-Oeste, a cobertura vacinal foi considerada significativa e positiva para a redução da mortalidade infantil, assim como a taxa de fecundidade entre as mulheres também afeta negativamente a probabilidade de se atingir o ODM4. No caso do número de visitas domiciliares de médicos por 1000 habitantes, essa variável veio com o sinal negativo, em que, seu aumento impacta negativamente nas chances de se cumprir o quarto objetivo do milênio. Talvez, como é um indicador de insumo na redução da mortalidade infantil, o seu aumento isolado na região, sem o acompanhamento de exames, remédios, dentre outros, pode não afetar a mortalidade infantil como o esperado.

Para os municípios nordestinos, resultou em duas variáveis estatisticamente significativas: o número de pessoas cadastradas no Programa Saúde da Família (PSF) no ano de 2015 e o Índice de Gini. No caso da primeira variável, corrobora com as inferências trazidas pelo Relatório Nacional de Acompanhamento do ODM (IPEA, 2014) do IPEA, no qual se estabelece uma relação positiva entre os municípios com maior atuação do PSF com a redução da mortalidade infantil, especialmente referindo-se aos municípios com maior nível de carência como os observados nas Regiões Norte e Nordeste. Assim, no Nordeste, os fatores que significativamente contribuem para redução das taxas de mortalidade infantil e para o alcance do ODM4 são o combate às desigualdades sociais e a expansão do Programa Saúde da Família (PSF). No caso do Norte do país, que é a região com maiores taxas de mortalidade infantil, apenas a variá-

vel taxa de fecundidade entre as mulheres apresentou-se estatisticamente significativa. Assim, para os municípios nortistas, a maior contribuição para a redução dos óbitos infantis é a redução do número de filhos por mulheres, ressaltando que, segundo dados disponibilizados no site Atlas do Desenvolvimento (2010), a região Norte possui a maior taxa de fecundidade total entre as mulheres.

É importante frisar que as regiões Sul e Sudeste foram às únicas que reduziram, na média, suas taxas de mortalidade infantil por mil nascidos vivos ao ponto de se enquadrarem ao 4º Objetivo de Desenvolvimento do Milênio, ressaltando que, já em 2000 possuíam municípios com taxas de mortalidade menores que 15,7 óbitos por 1000 NV (tabela 4), e em 2015 mais da metade de seus municípios alcançaram a meta do milênio. E essas duas regiões, decorrente da própria situação superior que apresentavam em termos de mortalidade infantil, tiveram elementos diferenciados na análise dos fatores que afetam a probabilidade de se cumprir o ODM4. No Sudeste, a taxa de analfabetismo entre as mulheres se apresentou importante nesse processo, com efeito negativo e estatisticamente significativo, indicando que a escolaridade materna para a região é um fator importante. O número de visitas domiciliares médicas por 1000 habitantes também foi significativo e com impacto positivo.

Para a Região Sul, a variável ANALF2010 também se apresentou importante no processo de redução de óbitos infantis. O analfabetismo, ou a falta de instrução entre as mulheres foi fator decisivo para os municípios sulistas, em que, municípios com menores taxas de analfabetas tendem a elevar suas probabilidades de alcançar o ODM4.

Por fim, um último elemento que diferencia NO/NOR/CO do SU/SUD refere-se ao efeito espacial, em que, nesses dois últimos, não se tem tal transbordamento, enquanto nos três primeiros existe e esse efeito se apresentou estatisticamente significativo, de forma direta e indireta, como se mostra na tabela 11. De certa maneira, isso é relevante dado que nas regiões NO/NOR/CO ainda se está bem aquém de se cumprir o ODM4 em seus municípios, existindo vazios de saúde infantil ao longo desses espaços, que podem ser minimizados com políticas específicas que se retroalimentam. Além disso, ter efeitos de externalidade indica que as políticas públicas não necessariamente precisam atender a todos os espaços, mas devem identificar aqueles com maior potencial de transmissão que, estatisticamente, seus efeitos tendem a atingir o envoltório também.

Tabela 10  
Estimativa do Modelo Probit para ODM4BR  
(regiões brasileiras)

	Centro-Oeste		Nordeste		Norte		Sudeste		Sul	
	Beta	(p-valor)	Beta	(p-valor)	Beta	(p-valor)	Beta	(p-valor)	Beta	(p-valor)
Intercepto	0.3192	0.2640	1.0540	0.0030 **	0.6684	0.1560	1.1720	0.0030 **	0.4988	0.0910
FEC2010	-27.4600	0.0260 *	-2.0510	0.3670	-19.6900	0.0250 *	-11.6400	0.1010	-3.3700	0.3630
ANALF2010	-0.0968	0.4910	-0.6963	0.0640	-0.7003	0.2420	-3.7730	0.0000 ***	-4.1570	0.0000 ***
PSF15	0.00001	0.2300	0.00001	0.0010 **	0.00001	0.1250	0.00001	0.3400	0.00001	0.1940
GINI2010	0.1465	0.4330	-1.7490	0.0020 **	-0.2767	0.3850	0.0391	0.4590	0.6741	0.1360
VAC15	0.0029	0.0420 *	0.0002	0.4450	0.0024	0.1550	-0.0013	0.1780	0.0002	0.4290
MED15	-0.0192	0.0050 *	-0.0032	0.0930	-0.0067	0.0520	0.0026	0.0460 *	0.0003	0.4730
$\rho$	0.2918	0.0100 *	0.2904	0.0000 ***	0.3407	0.0020 **	-0.0558	0.3070	0.1186	0.1180

Fonte: resultado da pesquisa manipulado através do software R Studio (2019).  
Nota: (\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 5%; (\*\*\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 1%



Tabela 11  
Efeitos diretos e indiretos para o Modelo Probit Espacial: ODM4BR e regiões brasileiras (Centro-Oeste, Nordeste e Norte)

	Centro-Oeste			Nordeste			Norte		
	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total
FEC2010	-19.6900*	-11.7300*	-29.6200*	-4.6260	-2.0360	-6.6070	-13.7500*	-9.2360*	-21.7300*
ANALF2010	-0.9511	-0.4525	-1.3270	-0.5720	-0.2562	-0.8218	-0.8654	-0.5443	-1.3480
PSF15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0000	0.0000	0.0000
GINI2010	-0.5900	-0.2740	-0.8222	-1.0970**	-0.5077**	-1.5500**	-0.7506	-0.4200	-1.1330
VAC15	0.0000*	0.0000*	0.0001*	-0.0006	-0.0003	-0.0009	-0.0006	-0.0003	-0.0009
MED15	-0.0127*	-0.0079*	-0.0196*	-0.0029	-0.0013	-0.0042	-0.0052	-0.0036	-0.0083

Fonte: resultado da pesquisa manipulado através do software R Studio (2019).

Nota: (\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 5%; (\*\*) estatisticamente significativo a um nível de significância de 1%.

## Considerações finais

A minimização da mortalidade infantil está entre os objetivos de praticamente todos os países. Sua retração indiretamente sinaliza melhorias na condição de vida da população, ultrapassando o enfoque puramente do bem-estar infantil. No ano de 2000, líderes mundiais se reuniram e se comprometeram a reduzir à pobreza mundial. Para isso, estabeleceram alvos específicos, construindo Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODMs). No quarto objetivo, se propunha reduzir a mortalidade infantil com menos de 5 anos em dois terços até o ano de 2015 (ODM4). No caso do Brasil, isso significou reduzir para 15,7 óbitos por 1 000 nascidos vivos a mortalidade infantil. Entretanto, nem todos os municípios afeiraram esse valor. Assim, essa pesquisa teve como principal foco a identificação dos fatores que elevaram a probabilidade de um município atingir essa meta.

Neste estudo, analisou-se o cumprimento do ODM4 pelos municípios brasileiros, identificando os diferentes fatores que afetaram a chance de se atingir tal meta, considerando o período de 2000 a 2015. Para isso, inicialmente se mensurou o ODM4 para cada município do país, investigando se este foi alcançado no ano de 2015 em todos os municípios brasileiros, analisando também sua distribuição espacial.

Em uma primeira análise para o país, entre os anos de 2000 e 2015, percebeu-se uma redução da taxa de mortalidade infantil, de 40 óbitos infantis por mil nascidos vivos para 15 óbitos infantis por mil nascidos, confirmando o alcance do 4º Objetivo de Desenvolvimento do Milênio. Entretanto, ao serem realizadas análises separadamente por regiões, notou-se disparidades entre as regiões brasileiras. Os municípios do Sul e do Sudeste obtiveram maior sucesso para atingir a 4ª meta, enquanto os municípios das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste do Brasil possuíram uma evolução positiva, entretanto, ainda estavam aquém das demais regiões do país.

Os resultados para a autocorrelação espacial vieram com valores positivos e significativos para a existência de correlação espacial. Da mesma forma, a análise dos *clusters* espaciais evidenciou a predominância para similaridades da mortalidade infantil por mil nascidos vivos, inferindo que, municípios com altas taxas de mortalidade, na média, estavam rodeados por municípios com altas taxas de óbitos infantis e municípios com baixas taxas, na média, estavam cercados por municípios com baixas taxas de mortalidade infantil por mil nascidos vivos.

Na análise das variáveis que afetaram a probabilidade de um município atingir a ODM4 (para 15,7 óbitos por mil nascidos vivos), os resultados encontrados foram semelhantes aos esperados pela literatura. Identificou-se

que as altas taxas de fecundidade total tendem a reduzir a probabilidade de um município alcançar o ODM4, assim como a desigualdade social e o analfabetismo entre as mulheres também podem afetar negativamente a probabilidade de um município se inserir no 4º Objetivo do Milênio. Já o Programa Saúde da Família tende a elevar a probabilidade de se alcançar o ODM4BR 2015. Ressalta-se que o efeito espacial foi significativo e positivo, constatando que essas variáveis não afetam apenas o alcance do ODM4 de um município específico, mas também envoltório (efeitos indiretos).

Ao analisar regionalmente, essas mesmas variáveis se fizeram estatisticamente importantes, entretanto, com distinção de participação entre as regiões, incluindo também outros fatores. No Nordeste, os fatores que contribuem para o alcance do ODM4, é o combate às desigualdades sociais e a expansão do Programa Saúde da Família (PSF). No Norte do país, que é a região com maiores taxas de mortalidade infantil, apenas a variável taxa de fecundidade entre as mulheres apresentou-se estatisticamente significativa. No Sudeste, a taxa de analfabetismo entre as mulheres impacta nesse processo, com efeito negativo e estatisticamente significativo, indicando que a escolaridade materna para a região é um fator crucial. Assim, altas taxas de analfabetismo tendem a reduzir as chances de o município alcançar o ODM4, analisando inversamente, quanto menos mulheres sem instrução, maiores são as probabilidades de o município ter baixas taxas de mortalidade infantil. O número de visitas domiciliares por médicos por mil habitantes também foi significativo e com impacto positivo. Para a Região Sul, o analfabetismo ou a falta de instrução entre as mulheres foi fator decisivo para os municípios sulistas, em que, municípios com menores taxas de analfabetas tendem a elevar suas probabilidades de alcançar o ODM4.

Incentiva-se mais trabalhos acerca da mortalidade infantil com a utilização da ferramenta econometria espacial, com a utilização de dados mais recentes através dos novos censos demográficos, com variáveis mais completas e atualizadas a nível municipal e regional. Também se incentivam trabalhos não apenas com o 4º Objetivo de Desenvolvimento do Milênio, mas com todas as metas desenvolvidas e o seu alcance pelo Brasil, dada a devida importância para os transbordamentos e análises de *clusters* formados para o avanço de políticas públicas.

Por fim, infere-se que a principal contribuição deste trabalho se finda em identificar os municípios que ainda não conseguiram atingir o ODM4, explicitando os fatores que podem promover esse alcance, produzindo evidências para a efetivação de políticas públicas.

## Referências

- Almeida, Wanessa (2016), “Estimación da mortalidade infantil nos municípios brasileiros”, tese de doutorado, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro.
- Almeida, Eduardo (2012), *Econometria espacial aplicada*, Campinas, Editora Alínea.
- Almeida, Marcia; Alencar, Gizelton; Schoeps, Daniela; Novaes, Hillegonda; Campbell, Oona e Rodrigues, Laura (2011), “Sobrevida e fatores de risco para mortalidade neonatal em uma coorte de nascidos vivos de muito baixo peso ao nascer, na região sul do Município de São Paulo, Brasil”, *Cadernos de Saúde Pública*, 27 (6), Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz, pp. 1088-1098.
- Arntzen, Annett; Nybo Andersen, Anne Marie (2004), “Social determinants for infant mortality in the nordic countries, 1980-2001”, *Scandinavian Journal of Public Health*, 32 (5), Trondheim, Sage Publications, pp. 381-389.
- Atlas do Desenvolvimento no Brasil (2010), “Atlas Brasil - Indicadores”, Brasília, PNUD/IPEA/FJP, <<https://acortar.link/DCMCjW>>, 20 de janeiro de 2020.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention) (2021), “CDC”, Washington, D.C, Department of Health & Human Services, <<https://bityli.com/86Fpt>>, 28 de maio de 2021.
- Christiaensen, Luc e Alderman, Harold (2004), “Child malnutrition in Ethiopia: Can maternal knowledge augment the role of income?”, *Economic Development and Cultural Change*, 52 (2), Chicago, The University of Chicago, pp. 287-312.
- DATASUS (Departamento de Informática do SUS) (2015), “TABNET DATASUS”, Brasília, Ministério da Saúde, <<https://bityli.com/Yuowa9>>, 4 de março de 2020.
- Duarte, Cristina Maria (1992), “Quality of life and health indicators: aspects of infant mortality in the state of Rio de Janeiro and its regions”, *Cadernos de Saúde Pública*, 8 (4), Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz, pp. 414-427.

- Fuentes, Christian; Sánches-Val, Mariluz e Hernández, Fernando (2016), “La proximidad geográfica en el contagio del fracaso empresarial en la pyme: una aplicación empírica con el modelo Probit espacial”, *Estudios de Economía Aplicada*, 34 (3), Almería, Universidad de Almería, pp. 629-648.
- Guimarães, Tânia Maria; Alves, João e Tavares, Márcia (2009), “Impacto das ações de imunização pelo Programa Saúde da Família na mortalidade infantil por doenças evitáveis em Olinda, Pernambuco, Brasil”, *Cadernos de Saúde Pública*, 25 (4), Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz, pp. 868-876.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2010), “IBGE – Censo Demográfico”, Rio de Janeiro, Ministério da Economia, <<https://bityli.com/s9ZCqj>>, 4 de março de 2020.
- IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos) (2014), *Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: Relatório Nacional de Acompanhamento*, Brasília, IPEA/MP/SPI, <<https://bityli.com/nzXOa>>, 20 de setembro de 2019.
- Knorr-Held, Leonhard e Besag, Julian (1998), “Modelling risk from a disease in time and space”, *Statistics in Medicine*, 17 (18), New Jersey, John Wiley & Sons Inc, pp. 2045-2060.
- Lee, Hyun-Hoon; Lee, Suejin; Lim, Jae-Young e Park, Cyn-Young (2016), “Effects of food price inflation on infant and child mortality in developing countries”, *The European Journal of Health Economics*, 17 (5), Berlim-Heilderberg, Springer Science Business Media, pp. 535-551.
- Lesage, James e Pace, Kelley (2009), *Introduction to spatial econometrics*, Boca Raton, CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Lima, Jaqueline; Marchezoni, Alexandre; Segri, Neuber; Zavala, Arturo e Akiko, Olga (2017), “Estudo de base populacional sobre mortalidade infantil”, *Ciência & Saúde Coletiva*, 22 (3), Rio de Janeiro, ABRASCO, pp. 931-939.
- Luc Anselin (2019), “Geoda”, 1.14.0.24, Chicago, University of Chicago.

- McDonald, Jill; Brantley, Lindsey e Paulozzi, Leonard (2018), “Mortality, ethnicity, and urbanization among children aged 1-4 years on the US-Mexico border”, *Public Health Reports*, 133 (5), Washington D.C., Office of the Surgeon General, pp. 593-600.
- ONU (Organização das Nações Unidas) (2000), “Declaração do Milênio”, Nova Iorque, 6 a 8 de setembro de 2000, Lisboa, ONU, <<https://bityli.com/8A8ObV>>, 4 de setembro de 2019.
- Papoila, Ana; Riebler, Andrea; Amaral-Turkman, Antónia; São-João, Ricardo; Ribeiro, Conceição; Geraldles, Carlos e Miranda, Ana (2014), “Stomach cancer incidence in Southern Portugal 1998-2006: a spatio-temporal analysis”, *Biometrical Journal*, 56 (3), Weinheim, Wiley-VCH, pp. 403-415.
- Qgis (Quantum Geographical Information System) (2019), “QGIS”, 2.18, San Francisco, QGIS Development Team.
- Reidpath, Daniel e Allotey, Pascale (2003), “Infant mortality rate as an indicator of population health”, *Journal of Epidemiology & Community Health*, 57 (5), Londres, BMJ Publishing Group, pp. 344-346.
- Santos, Anderson Moreira Aristides; Tejada, Cesar Augusto Oviedo e Ewerling, Fernanda (2012), “Os determinantes socioeconômicos do estado de saúde das crianças do Brasil rural”, *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 50 (3), Piracicaba, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, pp. 473-492, <<https://bityli.com/RGWe3t>>, 14 de julho de 2019.
- Santos, Daniela; Dubeux, Luciana; Frias, Paulo; Vanderlei, Lygia e Vidal, Suely (2003), “Avaliação normativa da ação programática imunização nas equipes de saúde da família de Olinda, Estado de Pernambuco, Brasil, em 2003”, in VI Congresso Brasileiro de Epidemiologia, Livro de Resumos [CD-ROM], ABRASCO, Olinda.
- Shin, Hwashin Hyun; Burnett, Richard; Stieb, David M. e Jessiman, Barry (2009), “Measuring public health accountability of air quality management”, *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2, Nova Iorque, Springer Science Business Media, pp. 11-20.

Silva, Anamaria Cavalcante e; Grisi, Sandra e Campos, Jocileide (2004), “O impacto do PSF no Município de Sobral - Ceará: uma análise da evolução da saúde das crianças menores de cinco anos de idade no período de 1995-2002”, VI Congresso Brasileiro de Epidemiologia, Livro de Resumos [CD-ROM], Olinda, ABRASCO.

Silva, Tiago José (2016), “Os determinantes socioeconômicos da mortalidade infantil nos anos de 2000 e 2010: evidências empíricas para os municípios pernambucanos”, *Perspectivas online: Humanas & Sociais Aplicadas*, 6 (17), Campos Dos Goytacazes, Institutos Superiores de Ensino do Censa, pp. 1-13.

Ssewanyana, Sarah e Younger, Stephen (2008), “Infant mortality in Uganda: determinants, trends, and the Millennium Development Goals”, *Journal of African Economies*, 17 (1), Oxford, Oxford University Press, pp. 34-61.

R Studio (2018), “R Studio”, 3.5.1, Boston, The R Foundation for Statistical Computing.

The World Bank (2021), “DataBank”, Washington, D.C, World Bank Group, <<https://acortar.link/WMR0c0>>, 28 de maio de 2021.

UNICEF (United Nations Children’s Fund) (2015), *Levels & Trends in Child Mortality*, New York, UNICEF, <<https://bityli.com/Sm3j7c>>, 20 de setembro de 2019.

*Recebido:* 1 de junho de 2020.

*Encaminhado:* 21 de maio de 2021.

*Aceito:* 11 de junho de 2021.

**Sarah Geciellen Cabral Braz.** Mestre em Economia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil. Atua dentro do funcionalismo público na área de Tecnologia e Informação voltada para Saúde Pública da cidade de Ponta Grossa, Brasil. A sua linha de investigação atual é a economia regional. Entre as suas recentes publicações estão: “Interações Econômicas entre Brasil e APEC: uma análise da diversificação e seus determinantes para as pautas de exportação e importação”, Ponta Grossa, *Editora Atena*, pp.1-28 (em breve).

**Augusta Pelinski Raiher.** Doutora em Economia do Desenvolvimento pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora do Programa de Pós-Graduação em Economia do Programa de Pós-Graduação em

Ciências Sociais e do Curso de economia da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Bolsista Produtividade CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Pesquisadora da área de economia regional e economia social. Entre as suas recentes publicações estão: como co-autora, “A Feminização da Pobreza no Brasil e seus determinantes”, Toledo, *Informe GEPEC*, 24 (1), Paraná, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pp. 53-72 (2020); “COVID-19 and employment in brazilian microregions: a spatial analysis”, *Estudios de Economía Aplicada*, 39 (1), Almería, ASEPELT (Asociación Española de Economía Aplicada), pp. 3-14 (2020); e “A prática esportiva feminina no Brasil: ênfase na condição de pobreza”, *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, 42 (2), Maringá, Universidade Estadual de Maringá, pp. 1-12 (2020).