

ARTIGO ORIGINAL

Associação entre taxa de mortalidade infantil e indicadores de habitação e saneamento: um guia para tomada de decisão em medicina preventiva e social

Association between infant mortality rate and housing and sanitation indicators: a guide to decision making in preventive and social medicine

Djalma Ribeiro Costa¹, Alexandre Gabriel Silva Rego², Lucas Guilherme Mota de Sousa³, Bruno Pinheiro Falcão⁴

1. Médico especialista em medicina preventiva e social. Médico do Hospital Infantil Lucídio Portella, Teresina, Piauí.

2. Médico do Programa Saúde da Família. Fundação Municipal de Saúde de Teresina, Piauí.

3. Médico generalista. Médico da Secretaria Estadual de Saúde do Piauí, Teresina, Piauí.

4. Médico especialista em cirurgia pediátrica. Maternidade Dona Evangelina Rosa, Teresina, Piauí

RESUMO

Introdução: a qualidade de habitação é um importante determinante da saúde humana. Ausência de água encanada, iluminação elétrica, rede de esgotamento sanitário/fossa séptica ou coleta de lixo podem configurar a habitação como inadequada, pondo em risco a vida de crianças, pois elas passam mais tempo dentro de habitações do que a população geral.

Objetivos: conhecer e analisar a associação entre taxa de mortalidade infantil e indicadores de habitação e saneamento no Piauí em 2010. **Metodologia:** estudo ecológico sobre a associação entre taxa de mortalidade infantil e as condições habitacionais e sanitárias (proporção de domicílios com água encanada, proporção de domicílios com banheiro e água encanada, proporção de domicílios com coleta de lixo, proporção de domicílios com energia elétrica e média geométrica desses indicadores). Realizaram-se correlação ecológica,

análise de variância não-paramétrica e análise espacial com índice Moran.

Resultados: água encanada, habitações com banheiro e média geométrica de todos os indicadores associaram-se espacial e não espacialmente com taxa de mortalidade infantil. Localidades próximas da Bahia, Pernambuco e Ceará apresentaram mais iniquidades habitacionais e maior taxa de mortalidade infantil. Energia elétrica não estabeleceu associação com a taxa de mortalidade infantil apesar da distribuição espacial heterogênea. Coleta de lixo teve associação direta com a taxa de mortalidade infantil. **Conclusão:** água encanada, domicílios com banheiro e média geométrica dos indicadores de habitação e saneamento estabeleceram associação ecológica com a taxa de mortalidade infantil. Energia elétrica não demonstrou associação com óbito infantil e coleta de lixo teve associação direta com a taxa de mortalidade infantil. Este estudo estabeleceu associação entre qualidade de habitação e saúde bem como fomentar informações aos gestores de saúde pública para tomada de decisão.

Palavras-chave: Saneamento de Residências. Mortalidade Infantil. Medicina Social. Gestão em Saúde.

ABSTRACT

Introduction: *the quality of housing is an important determinant of human health. Absence of piped water, electricity, sanitary sewage, or garbage collection can configure housing as inadequate, endangering children's lives because they spend more time inside homes than the general population.*

Objectives: *to know and to analyze the association between infant mortality rate and housing and sanitation indicators in Piauí in 2010. **Methodology:** ecological study on the association between infant mortality rate and housing and sanitary conditions (proportion of dwellings with piped water, proportion of dwellings with bathroom and piped water, proportion of dwellings with garbage collection, proportion of dwellings with electricity and geometric mean of those indicators). Ecological correlation, non-parametric analysis of variance and spatial analysis with Moran index were performed. **Results:** piped water, dwellings with bathroom and geometric mean of all indicators were associated spatially and not spatially with infant mortality rate. Locales close to Bahia, Pernambuco and Ceará showed more housing inequities and a higher infant mortality rate. Electric power did not establish an association with the infant mortality rate despite the heterogeneous spatial distribution. Garbage collection was directly associated with the infant mortality rate. **Conclusion:** piped water, dwellings with bathroom and geometric mean of housing and sanitation indicators established an ecological association with the infant mortality rate. Electricity was not associated with infant deaths and garbage collection was directly associated with the infant mortality rate. This study established an association between housing quality and health and provided information to public health managers for decision making.*

Keywords: *Housing Sanitation. Infant Mortality. Social Medicine. Health Management.*

INTRODUÇÃO

A medicina sanitaria que tanto contribuiu com as políticas de proteção da população através da prescrição e normatização de condições sanitárias mínimas, intervenção e desapropriação de unidades habitacionais insalubres e padrões de engenharia habitacional do século XIX à primeira metade do século XX entrou em decadência devido aos avanços tecnológicos em saúde e à ênfase no cuidado individual através de vacinação. Devido aos altos custos da tecnologia em saúde e à ineficiência da medicina curativa em atender às necessidades populacionais, o sanitarismo renasceu na década de 1970 servindo-se com uma nova proposta multiprofissional de promoção da saúde durante a I Conferência Internacional sobre Saúde, em Ottawa - Canadá, em 1986. Um ano depois, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabeleceu uma comissão que lançou o documento *Housing – the implications for health* ¹.

Naquele momento, a OMS estabeleceu que a qualidade de habitação é um importante determinante da saúde humana, atribuiu à definição de habitação suas essências históricas e regionais prescrevendo a ela quatro aspectos: casa (estrutura física), lar (estrutura econômica, social e cultural de seus residentes), bairro (elementos espaciais organizados e distribuídos ao seu redor) e comunidade (pessoas que moram, trabalham ou prestam serviços no bairro). E elencou entre as principais causas de deficiência na qualidade das moradias os problemas de infraestrutura (água encanada, saneamento, escoamento e eletricidade) ².

Estima-se que a população em geral passe cerca de 80% do tempo dentro de habitações, no entanto indivíduos vulneráveis tais quais as crianças soem passar mais tempo dentro delas do que a população em geral, o que as faz mais suscetíveis aos riscos ambientais ¹.

No Brasil, em 1995, a Fundação João Pinheiro, estabeleceu o conceito de inadequação de domicílios, segundo o qual, na ausência de água encanada, iluminação elétrica, rede de esgotamento sanitário/fossa séptica ou coleta de lixo, os domicílios seriam considerados inadequados ou carentes em infraestrutura. Relatórios foram gerados pela mesma fundação até 2018 com otimização da metodologia sempre incluindo indicadores de habitação e saneamento como elementos essenciais à saúde e ao bem-estar dos moradores ^{3,4}.

Questões de saúde e engenharia ambientais utilizadas para explicar a taxa de mortalidade infantil sustentam-se sobre a associação de doenças

transmissíveis com qualidade da água para consumo, esgoto, sanitários, vetores, conservação de alimentos, ventilação, insolação e existência de um espaço para dormitório. Nesse sentido, estudos de tendência histórica relacionam processo de urbanização e redução de mortalidade infantil com melhoria de indicadores de habitação e saneamento ^{1,5-7}.

O Nordeste brasileiro, onde se encontra o Estado do Piauí, sofreu um processo de urbanização mais tardio em relação aos Estados do Sul e Sudeste. Esse processo ocorreu de modo acelerado e desorganizado em muitas cidades, implicando nichos de pobreza e condições sub-humanas de moradia que transcorrem décadas ^{8,9}. Populações mais vulneráveis são vítimas de mistanásia e morrem muitas vezes por causas evitáveis relacionadas às condições de infraestrutura habitacional ¹⁰. Sabe-se que essas iniquidades apresentam distribuição espacial irregular e é por essa razão que este estudo visa conhecer e analisar a associação entre taxa de mortalidade infantil e indicadores de habitação e saneamento no Piauí em 2010 com a finalidade de fomentar a literatura em medicina preventiva e social e auxiliar gestores e estudiosos de administração em saúde na tomada de decisão.

METODOLOGIA

Estudo ecológico sobre a associação entre taxa de mortalidade infantil e as condições habitacionais e sanitárias representadas pelos indicadores proporção de domicílios com água encanada (PDAE), proporção de domicílios com banheiro e água encanada (PDBAE), proporção de domicílios com coleta de lixo (PDCL), proporção de domicílios com energia elétrica (PDEE) e a média geométrica dos indicadores de habitação e saneamento (MGCH). MGCH foi calculada segundo a equação:

$$MGCH = \sqrt[4]{PDAE * PDBAE * PDCL * PDEE}$$

A fonte dos dados foi o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil pelo sítio eletrônico <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/> donde os vetores correspondentes a cada uma das variáveis foram coletadas e filtradas pelos atributos ano 2010, Estado Piauí e unidade de análise Municípios. O processamento dos dados foi realizado conforme a Figura 1. O processamento dos dados foi realizado nos *softwares* MedCalc ¹¹ e GeoDa ¹². No primeiro, realizaram-se estatística descritiva e analítica apresentadas na forma de tabela e gráficos com sumarização dos dados. Na segunda, a análise espacial descritiva e confirmatória por meio de mapas de quartis e tabelas onde foram sumarizados os dados espaciais.

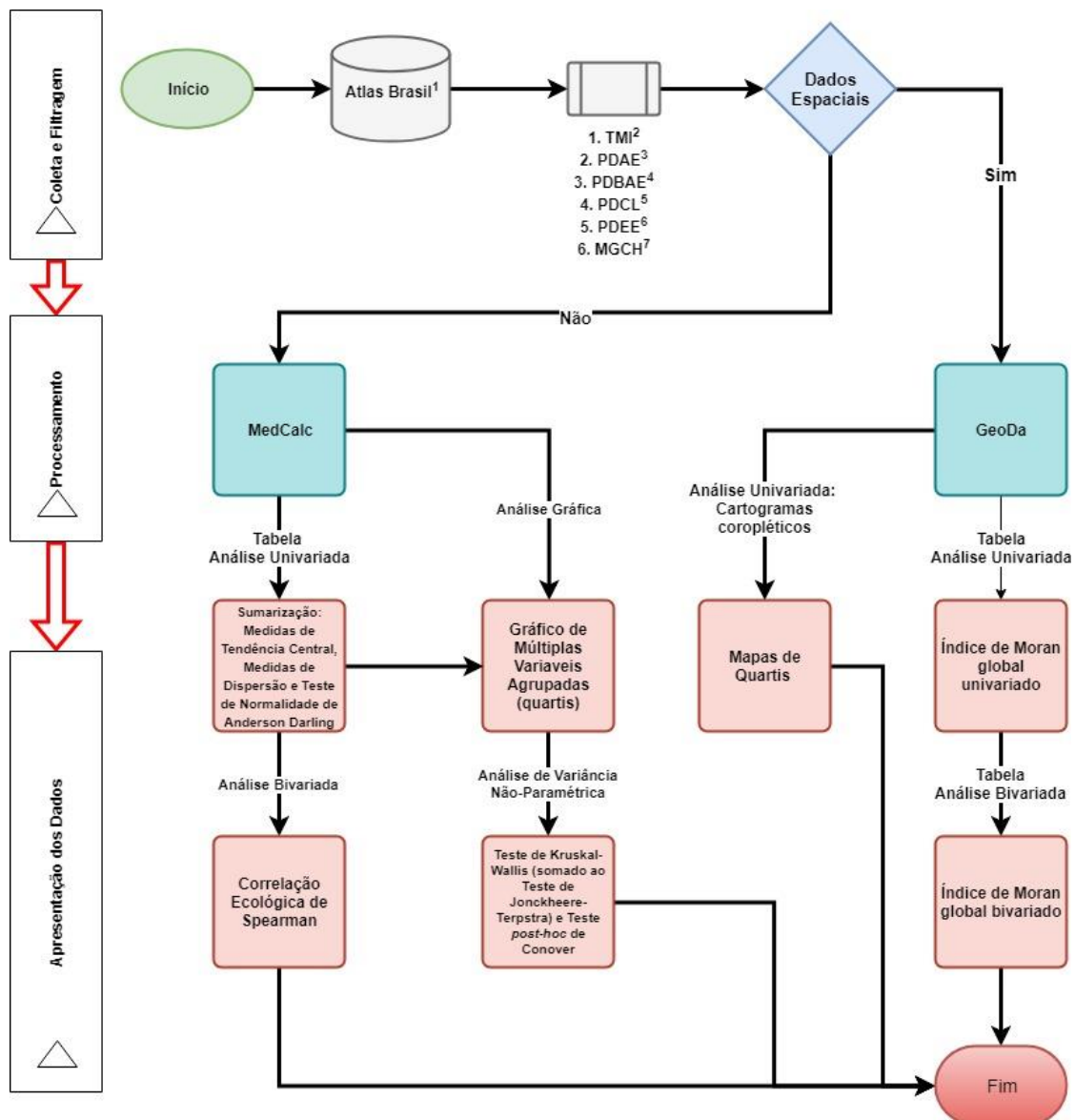


Figura 1. Processo de transformação dos dados em informações.

Legenda: ¹ Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil; ² taxa de mortalidade infantil; ³ proporção de domicílios com água encanada; ⁴ proporção de domicílios com banheiro e água encanada; ⁵ proporção de domicílios com coleta de lixo; ⁶ proporção de domicílios com energia elétrica; e, ⁷ média geométrica dos indicadores de habitação e saneamento.

Os dados foram sumarizados em média, mediana, desvio-padrão, quartis, mínimo e máximo. Estudou-se a distribuição normal de cada vetor através do teste de Anderson-Darling. A estatística do teste A^2 possui como hipótese nula a distribuição normal, ou seja, paramétrica do vetor. Valor-p menor de 0,05 sinalizou para distribuição não-paramétrica.

Gráficos de múltiplas variáveis agrupadas permitem visualizar a influência de duas ou mais variáveis categóricas sobre variáveis contínuas ¹³. Neste estudo, variáveis categóricas foram os quartis da taxa de mortalidade infantil. Variável

contínua foram as variáveis explicativas PDAE, PDBAE, PDCL, PDEE e MGCH.

Correlação ecológica é útil quando são estudados dados agregados ^{14,15}. Quando a distribuição das variáveis não é normal, utilizam-se técnicas não-paramétricas tal qual o teste de correlação de Spearman. Seu coeficiente ρ (lê-se r de Spearman) varia de -1 a +1, em que zero indica ausência de correlação. Valores negativos indicam correlação inversa entre as variáveis. Valores positivos indicam associação direta entre as variáveis ¹⁶. Quando o valor de ρ não for estatisticamente significativo ou for igual a zero, não houve correlação. Valor ρ maior de zero até 0,19, indica muito fraca correlação; 0,2 a 0,39, fraca; 0,4 a 0,59, moderada; 0,60 a 0,79, forte; e 0,80 a 1,0, muito forte correlação ¹⁷.

O teste de Kruskal-Wallis é uma extensão do teste de Wilcoxon e pode ser usado para testar a hipótese de que amostras não-pareadas originam-se de uma mesma população em relação à característica estudada ¹⁶. Neste estudo, a distribuição dos dados em quartis da taxa de mortalidade infantil foi o fator utilizado no processo de amostragem aplicado aos dados dos indicadores de habitação e saneamento. Quando a hipótese nula, a qual sinaliza para homogeneidade entre os grupos, foi rejeitada (valor-p < 0,05), a conclusão foi de que houve diferença estatisticamente significativa entre, pelo menos, dois quartis.

O teste de Jonckheere-Terpstra precisou ser utilizado devido ao aspecto ordinal do fator quartil da taxa de mortalidade infantil, de modo que esse teste avaliou a hipótese de que as medianas estivessem ordenadas (aumentando ou diminuindo) de acordo com a ordem dos quartis ¹⁸.

O teste *post hoc* de Conover foi utilizado para comparação em pares de subgrupos, quando o valor-p do teste de Kruskal-Wallis fora menor de 0,05, para que fosse possível identificar onde estava a diferença significativa entre quartis ¹⁹.

Mapas de quartis forneceram informações sobre disposição espacial dos municípios pertencentes a cada quartil do indicador analisado. Destacaram-se o quarto quartil da taxa de mortalidade infantil e o primeiro quartil dos indicadores de habitação e saneamento devido à importância gerencial que possuem. Ferramenta *OpenStreetMap* foi utilizada para oferecer informações relacionais espaciais do Estado do Piauí como situação geográfica e limites estaduais.

Proximidade espacial foi expressa por pontos cardeais, subcardeais, limites do estado (litoral, Ceará, Pernambuco, Bahia, Tocantins e Maranhão) e região central do Estado quando a informação espacial se distribuía proximamente ao centroide do mapa do Piauí.

Estudo de dependência espacial realizou-se com índice de Moran global. Índice de Moran é uma taxa de autocorrelação que varia de -1 a +1. Sua hipótese intrínseca é estacionariedade dos vetor em $lag = 1$ e $lag = 2$ ²⁰. Os vetores incluídos no modelo foram taxa de mortalidade infantil e indicadores de

habitação e saneamento. Realizou-se teste de Dickey-Fuller Aumentado do pacote *tseries* sob o comando `adf.test(y,k=1)` e `adf.test(y,k=2)`, onde *y* foi o vetor testado, *k=1* significou lag=1 e *k=2* significou lag=2 no *software R Studio* ^{21,22}. Confirmou-se estacionariedade para todos esses vetores.

O índice *I* de Moran foca em valores de pares de regiões vizinhas. É calculado conforme a equação abaixo, em que há *n* regiões e *w_{ij}* é o peso descrevendo a relação entre as regiões *i* e *j*. Se as regiões são adjacentes do tipo rainha num tabuleiro de xadrez, então *w_{ij}* é igual a 1, pois tanto as fronteiras quanto os vértices são considerados contíguos na visualização de um mapa. Caso contrário, *w_{ij}* é zero ²³.

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Valores positivos significantes (valor *z* ≥ +1,96 e pseudo-*p* ≤ 0,05) do índice de Moran indicaram que houve aglomeração e predomínio de observações similares (Alta-Alta e Baixa-Baixa). Valores negativos significantes (valor *z* ≤ -1,96 e pseudo-*p* ≤ 0,05) evidenciaram dispersão e predomínio de observações dissimilares (Baixa-Alta e Alta-Baixa). Valores nulos ou que não são significantes (-1,96 < valor *z* < +1,96 e pseudo-*p* > 0,05) sinalizaram para distribuição espacial aleatória ²⁰ (Figura 2).

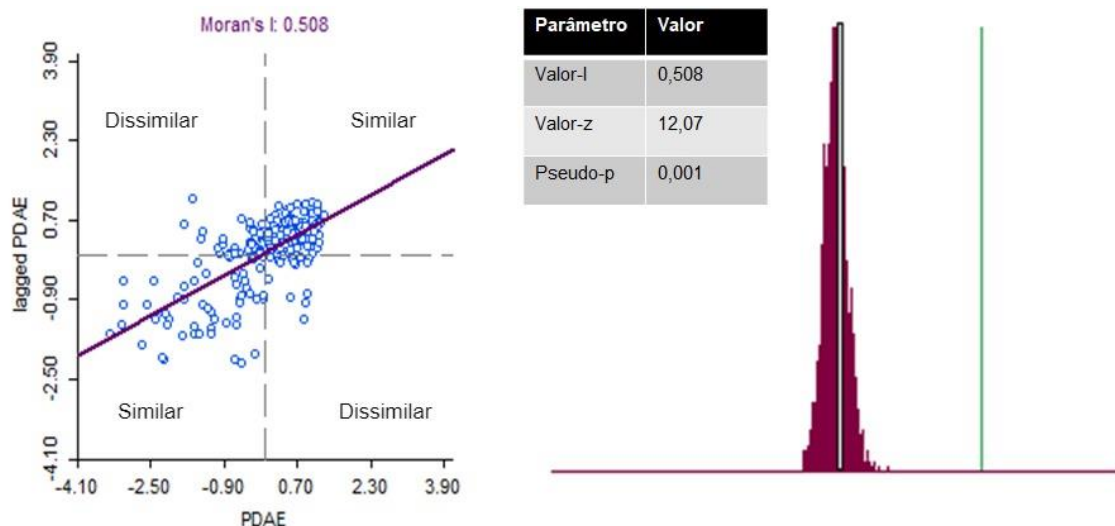


Diagrama do Índice de Moran

Eixo X: variável estudada
Eixo Y: variável estudada com defasagem

Figura 2. Gráfico de dispersão do índice de Moran (à esquerda) e 999 permutações do valor I (à direita). Em análise univariada, as variáveis x e y foram iguais. Em análise bivariada, variável x foi o indicador de habitação e saneamento e y foi a taxa de mortalidade infantil.

O resultado do teste global foi representado na forma de tabela com valor I, média (μ) e desvio-padrão (σ), valor z e pseudo-p tanto na análise univariada quanto na bivariada.

Dependência espacial univariada global indicou se a taxa de mortalidade infantil e os indicadores PDAE, PDBAE, PDCL, PDEE e MGCH foram espacialmente dependentes. A dependência espacial bivariada global indicou se houve a dependência espacial entre o indicador de habitação e saneamento e a taxa de mortalidade infantil ^{20,24,25}.

Este trabalho foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal do Piauí sob o parecer nº 2.975.846 de 22 de outubro de 2018.

RESULTADOS

A taxa de mortalidade infantil variou de 16,1‰ a 41,5‰. O maior coeficiente de variação foi observado em PDBAE em que a média e a mediana foram as menores entre os indicadores estudados. Salvo a PDBAE, demais vetores não tiveram distribuição normal (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis.

Parâmetro	TMI (‰) ¹	PDAE (%) ²	PDBAE (%) ³	PDCL (%) ⁴	PDEE (%) ⁵	MGCH (%) ⁶
Média (μ)	28,2	72,1	54,1	81,8	87,9	71,0
Desvio-padrão (σ)	5,2	21,1	18,6	16,4	12,3	14,5
Coeficiente de variação	184	29,2	34,3	20	14	20,4
Mínimo	16,1	0,5	7,5	24,9	44,1	16,9
Q1	24	62,4	42,1	72,3	84,5	63,5
Mediana (\tilde{x})	27,2	77,7	53,9	87,8	91,8	73,6
Q3	32	87,7	67,9	94,2	96,6	81,5
Máximo	41,5	99,5	94	100	100	95,7
A²	4	7,5	0,57	9,4	13,7	2,27

Valor-p	<0,005	<0,005	0,137	<0,005	<0,005	<0,005
----------------	--------	--------	-------	--------	--------	--------

Legenda: ¹ taxa de mortalidade infantil; ² proporção de domicílios com água encanada; ³ proporção de domicílios com banheiro e água encanada; ⁴ proporção de domicílios com coleta de lixo; ⁵ proporção de domicílios com energia elétrica; ⁶ média geométrica dos indicadores de habitação e saneamento. Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013).

Taxa de mortalidade infantil teve disposição espacial no centro-sul e sudeste do Estado, próximo às fronteiras com Pernambuco e Bahia. Houve 114 municípios com taxa de mortalidade acima da mediana. PDAE, PDBAE e MGCH tiveram disposição espacial norte-sul-sudeste para o primeiro quartil, principalmente nos limites com Pernambuco e Bahia. Houve 114 municípios com PDAE e PDBAE abaixo da mediana. Houve 112 municípios com MGCH abaixo da mediana. PDEE teve disposição espacial nordeste-sudeste-sul para o primeiro quartil, dispondo-se, principalmente, nos limites com Ceará, Pernambuco, Bahia e Maranhão, e 112 municípios tiveram PDEE abaixo da mediana. PDCL teve disposição espacial noroeste-sudoeste-sul para o primeiro quartil, nos limites com Maranhão e Bahia, principalmente. Houve 111 municípios com PDCL abaixo da mediana (Figura 3).

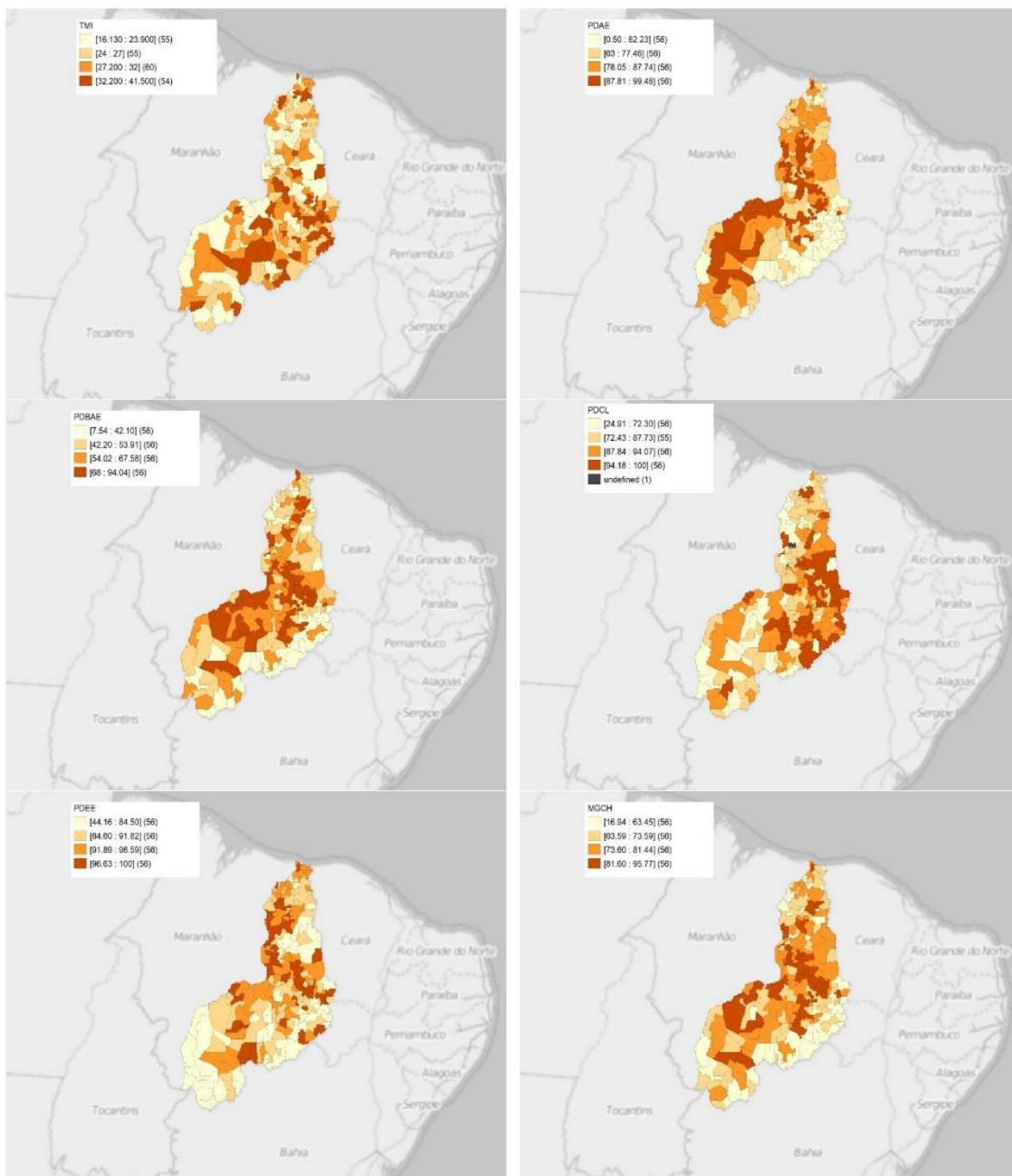


Figura 3. Mapa de quartis da taxa de mortalidade infantil e dos indicadores de habitação e saneamento no Piauí em 2010.

Legenda: TMI: taxa de mortalidade infantil (x1000); PDAE: proporção de domicílios com água encanada (%); PDBAE: proporção de domicílios com banheiro e água encanada (%); PDCL: proporção de domicílios com coleta de lixo (%); PDEE: proporção de domicílios com energia elétrica (%); MGCH: média geométrica dos indicadores de habitação e saneamento (%). Undefined: município Pau d'Arco do Piauí que não informou PDCL em 2010. Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013).

Houve fraca correlação entre a taxa de mortalidade infantil e os indicadores de habitação e saneamento. Não houve correlação estatisticamente significativa com PDEE. Houve correlação negativa com PDAE, PDBAE e MGCH e positiva

com PDCL. PDCL correlacionou-se positivamente com os outros indicadores de habitação e saneamento salvo PDAE com a qual não houve associação estatisticamente significativa.

Tabela 2. Matriz de correlação ecológica.

	TMI ¹	PDAE	PDBAE	PDCL	PDEE
PDAE²	-0,252***				
PDBAE³	-0,196**	0,656***			
PDCL⁴	0,133*	-0,064#	0,211**		
PDEE⁵	-0,082#	0,389***	0,434***	-0,065#	
MGCH⁶	-0,197**	0,755***	0,918***	0,334***	0,460***

Correlação não-paramétrica de Spearman – valores correspondem ao coeficiente ρ .

Legenda: ¹taxa de mortalidade infantil; ²proporção de domicílios com água encanada; ³proporção de domicílios com banheiro e água encanada; ⁴proporção de domicílios com coleta de lixo; ⁵proporção de domicílios com energia elétrica; ⁶média geométrica dos indicadores de habitação e saneamento. #valor- $p > 0,05$, *Valor- $p < 0,05$, **Valor- $p < 0,01$, ***Valor- $p < 0,001$.
Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013).

Detalhamento dessa associação através de quartis da taxa de mortalidade infantil e dos indicadores de habitação e saneamento sinalizou para a presença de associação de estratos que não puderam ser evidenciados tão somente no estudo da correlação ecológica (Figura 4).

1º	PDAE	55	38,4	74,4	83,2	91,3	99,5	15,44**	7.475**	(2º)(4º)
2º		55	6,9	62,1	78,8	85,4	95,8			(1º)
3º		60	7,0	64,9	77,7	88,1	97,7			(4º)
4º		54	0,5	47	66,1	85,6	96,6			(1º) (3º)
1º	PDBAE	55	26,8	50,4	61,7	72,3	94	10,47**	7.906**	(2º)(3º)(4º)
2º		55	14,5	36,6	52,4	68,2	87,9			(1º)
3º		60	9,2	39	55,4	66,3	89,1			(1º)
4º		54	7,5	40,9	51	65,8	80,3			(1º)
1º	PDCL	55	28,9	68	87,1	93,4	99,9	10,86*	10.278#	(4º)
2º		55	24,9	72,6	87,9	95,1	100			-
3º		60	0	67,5	80,4	92,3	100			(4º)
4º		54	33,4	82,5	91,6	95,2	99,7			(1º)(3º)
1º	PDEE	55	55,7	88,3	93,6	96,9	99,9	4,15#	8.580#	-
2º		55	44,1	83,6	91,3	95,8	99,4			-
3º		60	44,2	85	90,1	96,8	99,8			-
4º		54	45,3	80,2	90,7	96,6	100			-
1º	MGCH	55	52,9	69,2	76,8	85,3	95,7	9,96*	7.900**	(2º)(3º)(4º)
2º		55	31,1	62,1	71,8	79,1	93,1			(1º)
3º		60	26,6	62,8	74,0	79,6	94,2			(1º)
4º		54	16,9	61,8	68,6	80,2	89,7			(1º)

¹ Teste *post-hoc* de Conover. #valor-p>0,05; *valor-p<0,05; **valor-p<0,01; e, ***valor-p<0,001. TMI: taxa de mortalidade infantil. Min: mínimo. Max: máximo. Q1: primeiro quartil. Q3: terceiro quartil. \tilde{x} : mediana. Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013).

Todos os indicadores apresentaram dependência espacial. Na análise bivariada, somente PDEE não apresentou dependência espacial. PDCL teve valor-z positivo, sinalizando maior ocorrência de observações similares Alta-Alta e Baixa-Baixa. PDAE, PDBAE e MGCH tiveram valor-z negativo o que sinalizou predominância de observações dissimilares Baixa-Alta e Alta-Baixa, indicando que houve espacialmente a relação inversa entre a variável explicativa (indicador de habitação e saneamento) e a variável resposta (taxa de mortalidade infantil) (Tabela 4).

Tabela 4. Dependência espacial da taxa de mortalidade infantil e dos indicadores de habitação e saneamento no Piauí, 2010.

Análise Univariada	Dependência Espacial pelo índice de Moran				
	Valor I	$\mu[I]$	$\sigma[I]$	Valor-z	Valor-p
TMI	0,1178	-0,006	0,0411	3,01	0,005
PDAE	0,508	-0,0036	0,0424	12,07	0,001
PDBAE	0,4247	-0,0033	0,0407	10,52	0,001
PDCL	0,2939	-0,0062	0,0389	7,71	0,001
PDEE	0,4474	-0,0048	0,0414	10,93	0,001
MGCH	0,4058	-0,0029	0,0415	9,84	0,001
Análise Bivariada com TMI					
PDAE	-0,2069	0,002	0,0313	-6,67	0,001
PDBAE	-0,0684	0,0003	0,0313	-2,19	0,013
PDCL	0,1638	-0,0019	0,0317	5,22	0,001
PDEE	-0,0009	0,0017	0,0311	-0,08	0,46
MGCH	-0,0862	0,0008	0,0309	-2,81	0,004

Legenda: TMI: taxa de mortalidade infantil; PDAE: proporção de domicílios com água encanada; PDBAE: proporção de domicílios com banheiro e água encanada; PDCL: proporção de domicílios com coleta de lixo; PDEE: proporção de domicílios com energia elétrica; MGCH: média geométrica dos indicadores de habitação e saneamento. Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013).

DISCUSSÃO

Condições sanitárias avaliadas através de acesso à água encanada, à banheiro bem como qualidade das condições habitacionais gerais avaliadas pela média geométrica de todos os indicadores habitacionais no Piauí em 2010 confirmam o que outros autores têm observado em Estados e municípios brasileiros. Condições sanitárias dos domicílios são fatores de proteção estatisticamente significantes e independentes para a ocorrência de óbitos infantis para cada mil nascidos vivos²⁶⁻³⁰. Consensualmente, quanto maior for a proporção de domicílios com água encanada e condições sanitárias adequadas, menores são as taxas de mortalidade infantil^{27,31}.

Saúde ambiental avaliada pela proporção de domicílios com coleta de lixo apresentou variabilidade espacial semelhante à das condições sanitárias, correlação positiva com a taxa de mortalidade infantil e dependência espacial com predomínio de observações similares. Estudo sobre a associação entre indicadores socioeconômicos, de gestão pública e de saneamento identificou em municípios brasileiros que a proporção de domicílios com coleta de lixo regredia positivamente com a taxa de mortalidade infantil em modelo de regressão múltipla. Após eliminação de covariáveis, a proporção de domicílios com coleta de lixo passou a regredir negativamente com a taxa de mortalidade infantil, o que, *a priori*, concorda com a literatura epidemiológica que afirma ser a qualidade de saúde ambiental inversamente relacionada com a mortalidade de crianças menores de cinco anos de idade por doenças infecto-parasitárias e diarreicas³¹. Em um estudo realizado no Rio Grande do Norte, observou-se através de um modelo de regressão linear simples que a proporção de domicílios com coleta de lixo regredira negativamente com a taxa de mortalidade infantil³⁰. No Ceará, no entanto, proporção de domicílios com coleta de lixo não foi variável significativa no modelo de regressão múltipla na determinação de mortalidade infantil²⁸. Portanto, a relação entre essas duas variáveis parece ser espaço-específica e ser dependente do método analítico aplicado.

Acessibilidade à energia elétrica variou pouco e estava ao redor de uma mediana acima de 90%, sinalizando ser condição habitacional mais homogênea do que os outros indicadores. Não houve associação entre taxa de mortalidade infantil e proporção de domicílios com energia elétrica tanto espacial quanto não-espacialmente no Piauí em 2010. Apesar disso, o Dossiê de Recursos Naturais da Universidade de São Paulo colocou que nos países onde o consumo de energia comercial *per capita* estava abaixo de uma tonelada equivalente de petróleo (TEP) por ano, as taxas de mortalidade infantil eram altas. Ultrapassar a barreira 1 TEP/*capita* parecia ser, portanto, essencial para o desenvolvimento. À medida em que o consumo de energia comercial *per capita* aumentava para valores maiores de 2 TEP, como ocorrera nos países desenvolvidos, as condições sociais melhorariam consideravelmente, associando-se com a redução da taxa de mortalidade infantil³². Em contraposição, em um estudo ecológico realizado no Ceará sobre a taxa de mortalidade infantil em seus municípios em 1991 e 2000, os autores não identificaram associação da proporção de pessoas que viviam em domicílios com energia elétrica e geladeira com a taxa de mortalidade infantil de modo semelhante ao que foi observado no Dossiê de Recursos Naturais²⁸.

As limitações deste estudo estão relacionadas com a falácia ecológica, porque a relação entre indicadores de habitação e saneamento e a taxa de mortalidade infantil ao nível da população não permite afirmar que condições de moradia adversas estivessem mais presentes entre aqueles que morreram no primeiro ano de vida. Apesar disso, explorar temas estratégicos de interesse em Medicina Preventiva e Social bem como dispor informações úteis para Gestão em Saúde Pública e guiar gestores na aplicação de recursos públicos.

São perspectivas futuras, estudos de tendência histórica para tornar mais evidentes hipóteses que levem em consideração questões gerenciais e geopolíticas espacialmente distribuídas que envolvam indicadores de habitação

e saneamento com impacto sobre a taxa de mortalidade infantil como já foi descrito para outros locais ^{5,33} e estudos individuados que comprovem a associação entre condições de moradia e o óbito infantil no Piauí.

CONCLUSÃO

Associação entre taxa de mortalidade infantil e indicadores de habitação e saneamento foi demonstrada para o Piauí em 2010. Evidências ecológicas incidiram sobre a proporção de domicílios com água encanada, proporção de domicílios com banheiro e água encanada e média geométrica dos indicadores de habitação e saneamento. Não houve associações espaciais e não-espaciais com a proporção de domicílios com energia elétrica. Proporção de domicílios com coleta de lixo estabeleceu uma associação diretamente proporcional com taxa de mortalidade infantil. Isto já foi observado em outros trabalhos, porém vai de encontro ao que se sabe sobre a relação entre qualidade de saúde ambiental e taxa de mortalidade infantil.

Assim, deduz-se que, apesar das limitações intrínsecas ao desenho aplicado, este estudo pôde explorar temas estratégicos em Medicina Preventiva e Social, apresentando áreas prioritárias de intervenção por gestores de Saúde Pública com a finalidade de auxiliar no combate às iniquidades e melhorar a qualidade de vida de famílias vulneráveis.

REFERÊNCIAS

1. Pasternak S. Habitação e saúde. Estudos Avançados. 2016; 30(86):51-66. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100004>
2. World Health Organization. Housing - The Implications for Health. Genebra: WHO Publications; 1987. <http://apps.who.int/iris/handle/10665/59443>.
3. Mendonça LMI de M, Araújo MB, Dutra HS. Déficit Habitacional no Brasil: Relatório Final. Belo Horizonte; 1995.
4. Viana R de M, Ouza L de M de. Déficit Habitacional no Brasil 2015. Belo Horizonte; 2018.
5. Nolte E, Koupilova I, McKee M. Temporal and spatial pattern of infant mortality in Germany after unification. Sozial-und Praventivmedizin SPM. 2001; 46(5):303-310. <https://doi.org/10.1007/BF01321081>.
6. Ramalho AA, Andrade AM de, Martins FA, Koifman RJ. Infant mortality trend in the city of Rio Branco, AC, 1999 to 2015 TT - Tendência da mortalidade infantil no município de Rio Branco, AC, 1999 a 2015. Rev saúde pública. 2018; 52:33.

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102018000100226.

7. Bando DH, Kawano MK, Kumagai LT, et al. Tendência das taxas de mortalidade infantil e de seus componentes em Guarulhos-SP, no período de 1996 a 2011 TT - Trends in infant mortality rates and its components in Guarulhos, SP, 1996-2011 TT - Tendencia de las tasas de mortalidad infantil y de sus. *Epidemiol serv saúde*. 2014; 23(4):767-772. http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742014000400019&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt.
8. Vergolino JR, Dantas M. Os Determinantes do Processo de Urbanização da Região Nordeste do Brasil: 1970-1996. *Rev Econ*. 2005; 31(2):1-27. <https://doi.org/10.5380/re.v31i2.5574>.
9. Pereira Júnior E. Industrial Dynamics and Urbanization in the Northeast of Brazil. *Mercator*. 2015; 14(4):63-81. <https://doi.org/10.4215/RM2015.1404.0005>.
10. Costa DR, Biasoli LF. Mistanásia como desafio aos cuidados às populações vulneráveis no Brasil. In: Biasoli LF, Calgaro C, eds. *Fronteiras Da Bioética: Os Reflexos Éticos e Socioambientais*. 1a ed. Caxias do Sul: EDUCS; 2017:194-209. https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/ebook-fronteiras-bioetica_2.pdf.
11. MedCalc Statistical Software version 19.2. 2020. <https://www.medcalc.org>.
12. Anselin L, Syabri I, Kho Y. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. *Geogr Anal*. 2006; 38(1):5-22. <https://doi.org/10.1111/j.0016-7363.2005.00671.x>
13. Bussab WO, Morettin PA. *Estatística Básica*. 8a ed. São Paulo: Editora Saraiva; 2016.
14. Filho WMS, Gusmão JD. *Epidemiologia Aplicada à Saúde Pública*. 1a edição. Montes Claros: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais; 2015. <http://ead.ifnmg.edu.br/uploads/documentos/D72ZL0JDUU.pdf>. Accessed February 20, 2019.
15. Medronho R de A, Bloch KV, Luiz RR, Werneck GL. *Epidemiologia*. 2a ed. São Paulo: Editora Atheneu; 2009.
16. Filho PF de O. *Epidemiologia e Bioestatística: Fundamentos Para a Leitura Crítica*. 1a. Rio de Janeiro: Rubio; 2015.
17. Owen A. Spearman's correlation coefficient. STATSTUTOR. <http://www.statstutor.ac.uk/types/tests-and-quizzes/spearman-correlation-coefficient/>. Published 2020. Accessed April 27, 2020.

18. Ali A, Rasheed A, Siddiqui AA, Naseer M, Wasim S, Akhtar W. Non-Parametric Test for Ordered Medians: The Jonckheere Terpstra Test. *Int J Stat Med Res.* 2015; 4:203-207.
19. Pohlert T. The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR). *R Packag.* 2014:1-17. <http://cran.r-project.org/package=PMCMR>.
20. Oyana TJ, Margai FM. *Spatial Analysis: Statistics, Visualization, and Computational Methods.* 1a ed. Boca Raton: CRC Press; 2016.
21. McLeod AI, Yu H, Mahdi E. Time Series Analysis with R. In: *Handbook of Statistics.* Elsevier; 2012. p. 661-712. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53858-1.00023-5>.
22. Crawley MJ. *The R Book.* Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2007. <https://doi.org/10.1002/9780470515075>
23. Almeida E. *Economia Espacial Aplicada.* 1a ed. (Silva FD da, Lima T, eds.). Campinas: Editora Alinea; 2012.
24. Anselin L. Global Spatial Autocorrelation (1): Moran Scatter Plot and Spatial Correlogram. *GeoDa: An Introduction to Spatial Analysis.* https://geodacenter.github.io/workbook/5a_global_auto/lab5a.html. Published 2018. Accessed August 12, 2019.
25. Marcello T, Cavalari IA. Análise espacial da taxa de mortalidade infantil no Paraná. *Brazilian J Dev.* 2019; 5(10):127. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-127>
26. Teixeira JC, Guilhermino RL. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003- IDB 2003. *Eng Sanit e Ambient.* 2006; 11(3):277-282. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000300011>.
27. Boing AF, Boing AC. Mortalidade infantil por causas evitáveis no Brasil: um estudo ecológico no período 2000-2002. *Cad Saude Publica.* 2008; 24(2):447-455. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2008000200024>.
28. Filho JGB, Pontes LRFSK, Miná DL, Barreto ML. Mortalidade infantil e condições sociodemográficas no Ceará, em 1991 e 2000. *Rev Saude Publica.* 2007; 41(6):1023-1031. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102007000600018>.
29. Filho JGB, Kerr LRFS, Miná DDL, Barreto ML. Distribuição espacial da taxa de mortalidade infantil e principais determinantes no Ceará, Brasil, no período 2000-2002. *Cad Saude Publica.* 2007; 23(5):1173-1185. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007000500019>.
30. Lima JRO, Santos ELN, Medeiros JP. *Saneamento e Saúde Pública: Análise das Relações entre Indicadores no Estado do Rio Grande do*

Norte. Rev Metrop Sustentabilidade. 2017; 7(2):134-151.
<http://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/1274>.

31. Paixão AN, Ferreira T. Determinantes da Mortalidade Infantil no Brasil. Inf Gepec. 2012; 16(2):6-20.
32. Goldemberg J. Energia e Desenvolvimento. Estudos Avançados 33 Dossiê Recur Nat. 1998; 12(33):7-15.
<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9402>.
33. Areco KCN, Konstantyner T, Taddei JA de AC. Secular trends in infant mortality by age-group and avoidable components in the State of São Paulo, 1996–2012. Rev Paul Pediatr. 2016; 34(3):263-270.
<https://doi.org/10.1016/j.rppede.2016.03.009>.

Recebido: 12 de maio de 2020. **Aceito:** 30 de setembro de 2020

Correspondência: Djalma Ribeiro Costa. **E-mail:** djalmacosta1@gmail.com

Conflito de Interesses: os autores declararam não haver conflito de interesses.

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited