

## RELAÇÃO ENTRE SANEAMENTO BÁSICO E TAXA DE MORTALIDADE INFANTIL: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS PARA OS MUNICÍPIOS DO PIAUÍ, NOS ANOS CENSITÁRIOS (1991, 2000 E 2010)

*Relationship between basic sanitation and infant mortality rate: empirical evidence for Piauí municipalities in census years (1991, 2000 and 2010)*

**Viviane Silva Pereira**

Economista. [vivianemsp@gmail.com](mailto:vivianemsp@gmail.com)

**Edivane de Sousa Lima**

Economista. Doutora em Economia. Professora do departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Campus Universitário Ministro Petrônio Portela, Departamento de Economia. Ininga, 64049-550, Teresina, PI. [edivanelima@yahoo.com.br](mailto:edivanelima@yahoo.com.br)

---

**Resumo:** O objetivo deste estudo é examinar a relação entre o saneamento básico e a taxa de mortalidade infantil nos municípios piauienses, nos períodos censitários de 1991, 2000 e 2010. O método adotado consistiu na estimação de regressores em painel com efeitos fixos. As variáveis utilizadas no modelo econométrico foram: a taxa de mortalidade infantil como variável dependente e o Índice de Desenvolvimento Humano – Renda, taxa de fecundidade, Índice de Desenvolvimento Humano – Educação e o percentual de domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequado como variáveis explicativas. Os resultados obtidos corroboraram a hipótese de que o saneamento básico se constitui um fator gerador de saúde que pode levar a uma redução da taxa de mortalidade infantil nos municípios do Piauí. Concluiu-se que um maior investimento em infraestrutura de saneamento básico contribui de forma significativa na redução da mortalidade infantil.

**Palavras-chave:** Saúde pública; Desenvolvimento; Políticas públicas; Dados em painel; Efeitos fixos.

**Abstract:** The objective of this study is to examine the relationship between basic sanitation and infant mortality rate in the municipalities of Piauí in the census periods of 1991, 2000 and 2010. The method adopted consisted of estimating panel regressors with fixed effects. The variables used in the econometric model were: the infant mortality rate as dependent variable and the Human Development Index - Income, fertility rate, Human Development Index - Education and the percentage of households with water supply and inadequate sanitation as explanatory variables. The results obtained corroborated the hypothesis that basic sanitation is a health generating factor that can lead to a reduction in the infant mortality rate in the municipalities of Piauí. It was concluded that greater investment in basic sanitation infrastructure contributes significantly to reducing infant mortality.

**Keywords:** Public health; Development; Public party; Panel data; Fixed effects.

## 1 INTRODUÇÃO

A melhora da saúde pública, através de ações preventivas, ainda é um desafio, principalmente em relação ao saneamento, pois se confronta com a necessidade de melhor alocação dos recursos produtivos. Os investimentos públicos em saneamento básico fazem parte de um planejamento estratégico de desenvolvimento econômico e social de qualquer país, pois resultam em geração de empregos, valorização de imóveis e melhoria na qualidade de vida. A eficiência, a qualidade e a universalidade desse serviço público são fundamentais para a qualidade de vida da população. Se-roa da Motta (2004) reforça que o investimento do poder público em saneamento produz impactos positivos para outros setores governamentais, o que pode contribuir para a eficiência das políticas públicas. Entre esses setores, destacam-se a agricultura, a educação e o turismo.

O saneamento básico é um dos serviços de infraestrutura que produz externalidades positivas e negativas, pois sua ausência ou sua precariedade causam diversos problemas econômicos, ambientais, sociais e de saúde, com significativas perdas materiais e humanas. A pesquisa feita pelo Instituto Trata Brasil e Fundação Getúlio Vargas (2010) avaliou os impactos da universalização da rede de esgoto no Brasil, estimando uma economia anual de 745 milhões de reais em gastos com internação no Sistema Único de Saúde, um crescimento de 13% na produtividade dos trabalhadores e uma valorização, em média, de 18% no valor dos imóveis, pois inversões em saneamento representam uma valorização do solo e dos imóveis das famílias de baixa renda.

De acordo com Brasil (2004), a relação entre o saneamento e a mortalidade infantil revela o saneamento básico sendo um fator decisivo no combate à mortalidade infantil. Um estudo sobre a análise das condições de vida da população brasileira, feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008) mostra que a taxa de mortalidade infantil apresentou declínio no Brasil, mas ainda precisa melhorar, tendo em vista que o recomendado pelo Ministério da Saúde é de zero a quatro óbitos por mil nascidos vivos. Essa redução é resultado de diversas políticas de assistência à mulher e à criança praticadas no país, que tiveram o desafio de diminuir essas taxas.

Do ponto de vista teórico, existem, pelo menos, cinco teorias que podem explicar a variação da taxa de mortalidade infantil nos países menos desenvolvidos. A primeira, teoria da modernização, que afirma ser a industrialização uma ação importante para a redução da mortalidade infantil, através do aumento da produção econômica, e a consequente melhoria nos indicadores de educação, moradia e saúde. A segunda, teoria da dependência, defende que as relações de dependência entre países (periferia, semiperiferia e núcleo) são um retardo ao bem-estar humano nos países dependentes, devido aos excedentes extras que poderiam ser investidos em crescimento econômico e programas públicos destinados a aumentar o bem-estar humano. Em seguida, a teoria da estratificação de gênero, que defende a condição de aumento da educação feminina como forma importante de reduzir a mortalidade infantil, devido à maior probabilidade de cuidados de saúde com os filhos. A quarta teoria, a da desarticulação econômica, defende que a desigualdade na expansão da força de trabalho entre os setores econômicos, tende a reduzir a produtividade da mão de obra e os níveis salariais e, que essa redução afeta, de forma adversa, o bem-estar humano. Por fim, a teoria de desenvolvimento econômico, que defende o Estado sendo um agente importante para aumentar o bem-estar humano, uma vez que os esforços redistributivos em serviços educacionais e saúde pública, ajudam a atender as necessidades básicas da população mais pobre (FREY; FIELD, 2000).

Segundo o IBGE (2011), o índice de mortalidade de crianças com menos de um ano, no município de Teresina, passou de 16,1 óbitos por mil nascidos vivos, em 2010, para 15,15 óbitos por mil nascidos vivos, em 2014. Em 2015, as taxas de mortalidade infantil do Piauí e do Brasil eram de 19,72 e 13,82 por mil nascidos vivos, respectivamente. Adicionalmente, um levantamento feito pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2018, mostrou a escassez na oferta dos serviços de saneamento básico no Piauí. No município de Teresina, por exemplo, a precariedade na oferta dos serviços de saneamento básico é notória, sobretudo o esgotamento sanitário: 19,96% da população é atendida, sendo que 15% do esgoto gerado recebe tratamento.

Na abordagem de Saker (2007), são gastos nove reais com tratamentos de doenças por falta de saneamento para cada real de falta de investimento. Dessa forma, melhorias na infraestrutura de saneamento dos municípios do Piauí podem contribuir para minimizar consequências negativas, já citadas, relativas à falta de acesso ao saneamento básico, além de repercutir social e economicamente na sociedade civil.

A literatura sobre os serviços de saneamento básico no Brasil é recorrente quanto à falta de cobertura universal. Porém, análises descentralizadas por municípios, em especial, no Piauí, não foram encontradas nos trabalhos científicos disponibilizados, por isso, a motivação desta pesquisa consiste em estudar a relação existente entre o saneamento e a mortalidade infantil no Piauí, na intenção de mensurar o efeito dessa relação, e perceber a importância da melhoria desses serviços de saneamento para a saúde da população.

Dessa forma, a contribuição deste trabalho reside na importância do tema, por não se conhecerem, a priori, trabalhos empíricos que tenham investigado esse tipo de problemática nos municípios do Piauí, bem como, nos possíveis resultados, os quais possam permitir, em algum grau, auxiliar a tomada de decisão de gestores públicos e privados em ações efetivas para melhoria das condições de saúde da população piauiense.

Diante desse contexto, o objetivo geral deste estudo foi examinar a relação entre o saneamento básico e a taxa de mortalidade infantil nos municípios do Piauí, no período censitário de 1991, 2000 e 2010. A metodologia consistiu na utilização de um modelo de regressão para dados em painel composto por 150 municípios. Além desta introdução, o artigo apresenta, na segunda seção, uma breve revisão da literatura sobre saneamento básico e mortalidade infantil, sendo a metodologia e os resultados da pesquisa descritos na terceira seção. Na quarta seção, está a conclusão da pesquisa.

## 2 SANEAMENTO BÁSICO

A Lei nº 11.445/2007 define saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007a). A Organização Mundial da Saúde considera um conceito mais amplo e de importância crucial para o bem-estar do ser humano, definindo o saneamento como o conjunto de medidas para melhorar a qualidade de vida dos habitantes de uma região, contribuindo, assim, para a saúde da população, que vem a ser o completo bem-estar físico mental e social.

O saneamento é um serviço vinculado à saúde pública e demanda grandes investimentos, sendo a universalização um dos objetivos a serem alcançados pelo governo, pois é essencial para que as áreas menos favorecidas sejam alcançadas e, com isso, melhore a qualidade de vida da população. Nesse sentido, o papel dos governos municipais deve ser o de investir em saneamento básico, especialmente nas áreas urbanas, onde, atualmente, se concentra o maior número de pessoas, o que faz deste um espaço produtor de grande volume de lixo e esgoto. Os serviços de saneamento básico só podem ser prestados diretamente pelo poder público ou mediante a concessão ou a permissão ao setor privado.

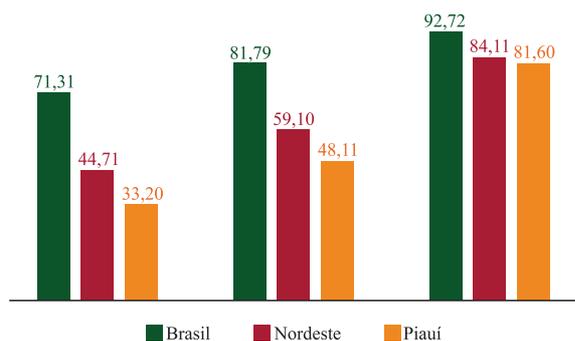
É relevante a presença de saneamento nas cidades, por proporcionar uma melhoria na qualidade de vida das pessoas, promovendo a saúde pública, o que reduz o risco de doenças relacionadas à falta de saneamento e, conseqüentemente, a demanda pelos serviços hospitalares, e ser indispensável para o desenvolvimento.

Dados da Organização Mundial da Saúde indicam que, a cada dólar investido em saneamento, são economizados 4,3 dólares em despesas médicas. O setor de saneamento básico gera externalidades na saúde pública, no meio ambiente, no bem-estar da população e, em algum grau, no

crescimento econômico, pois os investimentos em saneamento estão relacionados a grandes obras, o que permite gerar empregos (NOZAKI, 2007).

O Gráfico 1 apresenta o percentual da população em domicílios com água encanada, nos anos de 1991, 2000 e 2010, no Brasil, na região Nordeste e no estado do Piauí. Observa-se que, no Brasil, houve um aumento de 71,31%, em 1991, para 92,72%, em 2010. O Nordeste apresentou uma melhoria: em 1991, esse índice era de apenas 44,71%, e, em 2000, contava com 59,10% da população com água encanada e passou, em 2010, para 84,11%. O estado do Piauí também apresentou um avanço na questão do abastecimento de água.

**Gráfico 1** – Percentual da população em domicílios com água encanada



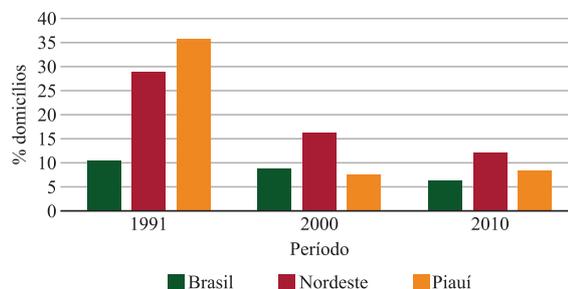
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do Atlas (2013a).

O Gráfico 2 mostra o percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados, nos anos de 1991, 2000 e 2010. Neste período, houve uma diminuição expressiva do índice de 10,39%, em 1991, para 6,12%, em 2010, que pode se inferir ter sido ocasionada pelo aumento da escolaridade ocorrida nesse período, pois se supõe que uma população mais educada é consciente de seus direitos e mais preocupada com higiene e condições de moradia, porque sabe da importância disso para a saúde (FERREIRA, 1992).

No Nordeste, houve uma redução do índice de abastecimento de água e esgotamento

sanitário inadequados, ao longo do período de 28,58%, em 1991, para 12,06% em 2010. O maior índice de água e esgoto inadequados, entre os estados do Nordeste, é o do estado do Maranhão, com índice de 23,99%, em 2010. Já o menor índice encontra-se no estado do Piauí, com 8,15%. Conforme mostra o gráfico, no Piauí, entre 1991 e 2000, este índice diminuiu expressivamente, de 35,51% para 7,31%, mas houve agravamento, após esse período: o índice de domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequado aumentou, de 7,31%, em 2000, para 8,15%, em 2010 (ATLAS, 2013a).

**Gráfico 2** – Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados.



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do Atlas (2013a).

Com base no exposto, o Brasil, de modo geral, e, especificamente, o Nordeste e o Piauí, passaram por grandes mudanças no setor de saneamento, provocadas por uma reestruturação nas políticas públicas, às quais se intensificaram, mostrando seus efeitos no período entre 1991, 2000 e 2010.

## 2.1 Setor de Saneamento Básico e o Sistema Público de Saneamento Básico do Piauí

O fornecimento de água no Piauí, no período em análise, foi realizado pela empresa Águas e Esgotos do Piauí S.A. (AGESPISA), na maior parte dos municípios. A companhia sucedeu ao Instituto de Águas e Energia Elétrica (IAEE), uma empresa de economia mista da qual o governo estadual é o acionista majoritário. Foi criada através das leis estaduais n.º 2.281, de 27 de julho de 1962 e 2.387, de 12 de dezembro de 1962, e tem como objetivo executar a política de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do Piauí (AGESPISA, 2018).

Dos 224 municípios do Piauí, a Agespisa opera em 157. Com exceção de Campo Maior, que é abastecido com Sistema Autônomo de Água e Esgoto-SAAE, e Cocal de Telha, que é abastecido através do Departamento Municipal de Água e Esgoto-DMAE, os 65 municípios restantes são operados com sistemas próprios das prefeituras locais (SNIS, 2016).

Os investimentos no setor de saneamento básico são compostos por recursos não onerosos e onerosos. Os recursos de fontes não onerosas são oriundos do Orçamento Geral da União (OGU), não prevendo retorno financeiro direto dos investimentos, pois os agentes beneficiados não precisam ressarcir os cofres da União. Já os recursos onerosos são provenientes de operações de crédito e têm como fontes o Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) e o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT). Trata-se de empréstimos de longo prazo, concedidos a taxas de juros reduzidas, para investimentos em ações de saneamento básico (BRASIL, 2016). A principal fonte dos recursos é proveniente do Orçamento Geral da União (AGESPISA, 2018).

O setor de saneamento é um exemplo de mercado competitivo que gera distorções chamadas de falhas de mercado, tais como: existência de bens públicos, monopólios naturais, externalidades (positivas ou negativas), poder de monopólio e informação assimétrica. A falha de mercado mais relevante é o poder de monopólio, em que apenas uma empresa oferta determinado serviço. No setor de saneamento básico isso é quase uma regra, pois, em face dos altos investimentos necessários para iniciar a operação e o tempo elevado de *payback* do investimento, a empresa, para ser sustentável e eficiente economicamente, necessita de grandes economias de escala, o que constitui um monopólio natural (MADEIRA, 2010).

Turolla (2002) destaca que o setor de saneamento tem como característica marcante a presença de custos fixos elevados em capital altamente específico e custos marginais pequenos, caracterizando-o como monopólio natural, o que provoca um dilema entre a eficiência produtiva e a eficiência alocativa, além de um baixo incentivo ao investimento.

Na presença de externalidades negativas, o setor de saneamento básico funciona com ineficiência econômica, produzindo mais do que o nível socialmente desejado, e as externalidades positivas desse setor impactam principalmente na saúde da população, pois um maior acesso a água tratada e esgotamento sanitário reduzem os riscos de doenças, principalmente em crianças, que têm um sistema imunológico mais frágil. Portanto, a oferta desse serviço eleva o bem-estar da população, ao mesmo tempo que reduz os custos sobre o sistema público de saúde (CANDIDO, 2013).

### 3 TAXA DE MORTALIDADE INFANTIL

Um dos indicadores comumente utilizado para aferir as condições de vida e saúde de uma população é a ocorrência da mortalidade infantil. Esse índice é utilizado para mensurar ganhos na qualidade de vida, situações de desigualdade; contribuir na avaliação dos níveis de saúde, desenvolvimento socioeconômico e no direcionamento de políticas de planejamento e gestão de recursos públicos voltados para a saúde (SIMÕES, 1999).

O conceito da Taxa de Mortalidade Infantil vem sendo utilizado em diversos estudos que tratam da qualidade de vida de uma população, pois representa a proporção de crianças que morrem antes de completar um ano de vida, sendo considerado um indicador sensível das condições de vida e saúde de uma população (UNICEF, 1989).

A sensibilidade da mortalidade infantil em relação às mudanças dos aspectos sociais, sanitários, de renda e qualidade geral de vida de uma sociedade vem sendo estudada por diversos autores, como: Alves e Belluzzo (2004), Sousa e Maia (2004), Bezerra Filho et al (2007), Paixão e Ferreira (2012). Apesar dos estudos abrangerem diferentes enfoques, com diferentes variáveis e modelos, os resultados sempre têm em comum que a qualidade dos serviços de saúde e do desenvolvimento socioeconômico de uma população tem forte influência na redução da mortalidade infantil.

As altas taxas de mortalidade infantil são relacionadas a um baixo nível de saúde e de desenvolvimento socioeconômico. Segundo Ferreira (2004), a taxa de mortalidade infantil reflete o risco de uma criança morrer antes de completar o seu primeiro ano de vida.

Cunha (2010, p.52) ressaltou a importância da mortalidade infantil como indicadora do nível de desenvolvimento:

O coeficiente de mortalidade infantil é um dos indicadores de saúde mais importantes, pois, além de mensurar a mortalidade infantil de uma região ou país através do valor numérico obtido, permite interpretar se esse país ou região tem bons serviços de saúde e um bom nível de desenvolvimento econômico e social. Isso porque as principais causas da mortalidade infantil são: fatores ambientais (falta de higiene e saneamento), doenças infecciosas, desnutrição e precária assistência pré-natal e ao parto, características próprias de uma região ou país subdesenvolvido.

Diante disso, entende-se que a mortalidade infantil pode ser relacionada a fatores de natureza socioeconômica e, conseqüentemente, ao nível de desenvolvimento do local em estudo.

## 4 MÉTODO

Para a realização deste trabalho, foi necessário seguir alguns procedimentos metodológicos. Primeiramente, realizou-se um levantamento de referências acerca do conteúdo trabalhado em teses, dissertações, artigos científicos e sítios de internet. Em seguida, foi feita a coleta de dados quantitativos em sites oficiais governamentais. Depois de obtidos os dados necessários, organizou-se um banco de dados via Excel e elaborou-se um modelo econométrico simplificado para analisar a relação existente entre os investimentos em saneamento básico, as variáveis socioeconômicas e a taxa de mortalidade infantil-TMI para os municípios do Piauí, nos anos de 1991, 2000 e 2010. A escolha desses anos censitários deve-se à disponibilidade de dados. Nesse sentido, estimou-se um modelo de regressão linear para dados em painel curto, utilizando-se de software estatístico.

Na abordagem empírica, a pesquisa utilizou dados secundários extraídos do Atlas de Desenvolvimento Humano, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da empresa Águas e Esgotos do Piauí S/A (AGESPISA).

O detalhamento das variáveis utilizadas no modelo econométrico, bem como sua definição e os sinais esperados das variáveis explicativas em relação à variável dependente encontram-se no Apêndice A. Vale ressaltar que os sinais dos coeficientes esperados estão de acordo com a literatura que trata sobre o tema.

O estudo teve como principal referência metodológica os trabalhos de Wolfart (2014) e Silva (2017). Por isso, fez-se a adoção de semelhante abordagem empírica para a estimação. A partir da seleção de dados, foram delimitadas quatro variáveis de características socioeconômicas, demográficas e de saneamento como possíveis fatores associados à redução da mortalidade infantil: o IDHM-Renda, a taxa de fecundidade, o percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados e o IDHM-Educação.

### 4.1 Especificação do modelo empírico: Modelo linear de regressão para os dados em painel

Através dos dados em painel foi possível analisar, de forma simultânea, as alterações das variáveis selecionadas ao longo do tempo e entre os diferentes municípios. A escolha do método baseou-se nas pesquisas de mesma temática e na disponibilidade de dados de corte para os 150 municípios piauienses e para os anos do censo (1991, 2000 e 2010). O painel é perfeitamente balanceado, contendo 450 observações.

A variável dependente é a Taxa de mortalidade infantil, representada por TMI na seguinte equação:

$$TMI_{it} = \alpha_i + \beta_1 AGESI_{it} + \beta_2 IDHM-R_{it} + \beta_3 TXFEC_{it} + \beta_4 IDHM-E_{it} + \mu_{it}$$

em que:

TMI<sub>it</sub> = taxa de mortalidade infantil do município (i), no tempo (t);

AGESI<sub>it</sub> = percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequado do município (i), no tempo (t);

IDHM-R<sub>it</sub> = Índice de Desenvolvimento Humano dimensão Renda do município (i), no tempo (t);

TXFEC<sub>it</sub> = taxa de fecundidade do município (i), no tempo (t);

IDHM-E<sub>it</sub> = Índice de Desenvolvimento Humano dimensão Educação do município (i), no tempo (t);

$\mu_{it}$  = é o termo de erro.

Dessa forma, definidas as variáveis e coletados os dados, o modelo foi estimado considerando as seguintes hipóteses:

H<sub>0</sub>:  $\beta = 0$ , a Taxa de mortalidade infantil não depende das variáveis explicativas;

H<sub>1</sub>:  $\beta \neq 0$ , a Taxa de mortalidade infantil depende das variáveis explicativas.

A análise das variáveis utilizadas no modelo e o resultado dos testes e estimações econométricas estão detalhados na próxima seção.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Menezes e Uchoa (2011), a saúde tem uma relação estreita com o desenvolvimento, pois, quando a população está saudável, é mais produtiva, não necessita de gastos com tratamentos de doenças ou mesmo com prevenção. Esse pode ser o fator explicativo das diferenças de desenvolvimento dos países.

Na Tabela 1, estão os dados gerados a partir da estimação do modelo de efeitos fixos. Foram analisados apenas os resultados do modelo de efeitos fixos, que foi o escolhido no teste de especificação.<sup>1</sup> Realizou-se a modelagem aplicando o teste de robustez para corrigir problemas de heterocedasticidade das variáveis regredidas.

**Tabela 1** – Resultado da Regressão de Efeitos Fixos

Variável	Modelo de Efeitos Fixos	Desvio Padrão	P-valor
AGESI	0,12051*	0,0289	0,000
IDHM-R	-54,37878*	15,0096	0,000
TXFEC	2,50196*	0,4041	0,000
IDHM-E	-57,45557*	6,3038	0,000
Constante	80,76336	6,1131	0,000
Sigma_u	6,69496		
Sigma_e	7,35726		
Rho	0,45297		

Variável	Modelo de Efeitos Fixos	Desvio Padrão	P-valor
R <sup>2</sup> within	0,8973		
Observações	450		

Fonte: Elaboração própria.

Nota: \*Significativo ao nível de 1%.

A variável (%) de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados (AGESI) foi escolhida por refletir os serviços de saneamento básico. Nesse sentido, observa-se que o sinal da estimativa dessa variável na taxa de mortalidade infantil é positivo. À medida que a AGESI au-

<sup>1</sup> O teste de *Hausman* foi elaborado para orientar a escolha entre efeitos fixos ou aleatórios (Apêndice C deste artigo). Foi significativo a 1%, indicando o modelo de efeitos fixos, sendo o mais adequado aos dados. Portanto, o modelo escolhido para examinar a relação entre mortalidade infantil e saneamento básico nos municípios pesquisados foi o de efeitos fixos.

menta, a taxa de mortalidade infantil também aumenta, considerando os demais fatores constantes, sendo estatisticamente significativo. Isso significa que, à medida que aumentam os domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados nos municípios piauienses, há, também, um aumento da mortalidade infantil de forma ascendente. No trabalho de Ferreira (2004), por exemplo, o aumento do esgotamento sanitário provoca redução de 2,67% na taxa de mortalidade infantil para os municípios do Ceará.

Conformando, mais uma vez, a ideia de Sousa (2016), de que o saneamento básico é um fator de relevância para a diminuição da mortalidade infantil, as doenças que aparecem, em sua maioria, como causadoras da mortalidade infantil são as hídricas; entre estas, estão as doenças diarreicas. Para ele, a falta de saneamento básico também impacta nas questões econômicas, pois ocasiona as desigualdades sociais.

Observando o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal-Renda, nota-se que a variável apresentou sinal de coeficiente negativo e significância ao nível de 1%, afetando inversamente na taxa de mortalidade infantil. Isso quer dizer que, quando o IDHM-Renda aumenta, a taxa de mortalidade infantil cai. Esses resultados vão, em parte, de encontro com aqueles apresentados na pesquisa de Ferreira (2004), realizada no estado do Ceará, em que o IDH-R revelou que, nas áreas mais pobres, nas quais não há uma distribuição de renda ideal, quanto maior o IDH-R, maior a taxa de mortalidade infantil, e nos municípios mais desenvolvidos, o IDH-R exerce um efeito positivo, reduzindo a taxa de mortalidade infantil.

A taxa de fecundidade (TXFEC) apresentou sinal positivo. Assim, quando a taxa de fecundidade aumenta, a taxa de mortalidade aumenta. Segundo Paixão e Ferreira (2012), a redução da taxa de fecundidade propicia melhor assistência e maior expectativa para a criança.

O Índice de Desenvolvimento Humano-Educação, por sua vez, mostra que a educação está contribuindo para a redução da taxa de mortalidade infantil. Dado um aumento no IDH-Educação, a taxa de mortalidade infantil diminui.

Destarte, a estatística  $\Sigma_u$  é o desvio-padrão do efeito fixo do indivíduo e  $\Sigma_e$  é o desvio padrão do erro idiossincrático. Já o  $Rho$  de 0,4529 mostra que a proporção estimada da variância do componente individual é aceitável. As estimações confirmam a relação existente entre as variáveis, pois o coeficiente de determinação mostra que 89,73% da taxa de mortalidade infantil pode ser explicados pelas variáveis explicativas escolhidas.

## 6 CONCLUSÃO

A análise teve como objetivo examinar a relação entre os investimentos em saneamento básico e a taxa de mortalidade infantil nos municípios piauienses, utilizando a técnica de dados em painel para os anos de 1991, 2000 e 2010, o que permitiu evidenciar resultados empíricos relevantes para auxiliar a tomada de decisão dos gestores públicos e privados, dada a hipótese implícita de que o saneamento básico contribui para a redução e/ou aumento da taxa de mortalidade infantil.

Mediante o que foi exposto neste trabalho, a metodologia empregada com dados em painel mostrou ser adequada, permitindo analisar diferentes municípios que compõem o estado do Piauí, considerando suas características individuais e temporais, o que possibilitou a identificação de efeitos que não são possíveis de serem detectados em outros tipos de análise de regressão.

De acordo com os resultados, todas as variáveis socioeconômicas escolhidas para expressar o comportamento dessa relação nos municípios investigados apresentaram sinais esperados, ratificando, assim, o que a literatura já preconizava. As evidências mostraram que o saneamento básico é um fator relevante para a saúde pública, haja vista que possui uma relação significativa com a taxa de mortalidade infantil. A relação positiva entre taxa de fecundidade e taxa de mortalidade infantil passa a ser um sinalizador de que municípios com taxas de nascimento mais elevadas tendem a possuir famílias mais pobres, pessoas vivendo em situações de vulnerabilidade e expostas a

riscos maiores de doenças na primeira infância. A relação positiva do Índice de Desenvolvimento Humano na dimensão Educação e a taxa de mortalidade infantil, por exemplo, é um orientador de que o grau de instrução dos pais proporciona uma medida condicionante efetiva de precaução para reduzir as enfermidades nos primeiros anos de vida da criança. Entretanto, dadas as restrições de tempo e limitações deste trabalho, seriam, talvez, forçosas essas suposições. Ficam como sugestões para trabalhos futuros.

Portanto, evidenciou-se que a questão norteadora desta pesquisa, de que os investimentos públicos em saneamento básico contribuíram para a redução da taxa de mortalidade infantil nos municípios piauienses nos anos de 1991, 2000 e 2010, foi respondida, confirmando também a hipótese de que o aumento dos investimentos em saneamento e as demais variáveis socioeconômicas influenciaram na redução, em algum grau, da mortalidade infantil.

Dessa forma, fica evidente a necessidade de ações e medidas de políticas públicas que permitam promover o avanço dos indicadores de saneamento básico nos municípios piauienses, pois um município que possui uma infraestrutura de saneamento básico adequada, apresenta índices melhores de saúde, qualidade de vida e bem-estar socioeconômico.

Espera-se que este trabalho possa servir como ponto de partida ou fonte de pesquisa para outros trabalhos similares. Recomenda-se, ampliar o conjunto de municípios e analisar o efeito separadamente do acesso a água e esgotamento sanitário em cada mesorregião do estado do Piauí.

## REFERÊNCIAS

- AGESPISA – ÁGUAS E ESGOTOS DO PIAUÍ S/A. **História**. Teresina, 2018. Disponível em: <<http://www.agespisa.com.br/site/pages/public/aAgespisa.jsf>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- ALVES, D.; BELLUZZO, W. Infant mortality and child health in Brazil. **Economics & Human Biology**, v. 2, n. 3, p. 391-410, 2004.
- ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Consulta**. [S. l.], 2013a. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>. Acesso em: 22 jun. 2018.
- ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL **Metodologia**. [S. l.], 2013b. Disponível em: [http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o\\_atlas/metodologia/construcao-das-unidades-de-desenvolvimento-humano/](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/metodologia/construcao-das-unidades-de-desenvolvimento-humano/). Acesso em: 22 jun. 2018.
- BEZERRA, J. G.; KERR-PONTES, L. R. S.; BARRETO, M. L. Mortalidade infantil e contexto socioeconômico no Ceará, Brasil, no período de 1991a 2001. **Rev Bras Saúde Mater Infant**, v. 7, p. 135-42, 2007.
- BRASIL. **Lei nº. 11.445**, de 05 de janeiro de 2007a. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm). Acesso em: 03 out. 2017.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Gasto público em saneamento básico: governo federal e fundos financiadores: relatório de aplicações 2014**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/334/titulo/gasto-publico-emsaneamento-basico-2014>. Acesso em: 13 maio 2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

CANDIDO, J. L. Falhas de mercado e regulação no saneamento básico. **Revista Informe Econômico**, v. 1, n. 1, p. 85, 2013.

CUNHA, G. F. **Indicadores de sustentabilidade socioambiental relacionados com as atividades do turismo em Itapema (SC), com ênfase na qualidade da água de recreação e na saúde da população**. 2010. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2010.

FERREIRA, C. E. C. de. Saneamento e mortalidade infantil. **São Paulo em perspectiva**, v. 6, n. 4, p. 62-69, 1992.

FERREIRA, C. M. M. **O impacto do saneamento na taxa de mortalidade infantil**: abordagem dos investimentos da CAGECE nos municípios do Ceará-1997 a 2001. 2004. Tese de Doutorado. 2004.

FREY, R. S; FIELD, C. The determinants of infant mortality in the less developed countries: a cross-national test of five theories. **Social Indicators Research**, Vol. 52, n.3, p. 215–234, dec.2000.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 maio 2018.

IBGE. **Síntese de indicadores sociais**: uma análise das condições de vida da população brasileira, 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. 280p.

INSTITUTO TRATA BRASIL; FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento brasileiro**. [s.l.], 2010. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa7/pesquisa7.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2018.

MADEIRA, R. F. O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para universalização do acesso. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 33, p. 123-154, jun. 2010.

MENEZES, T. A. de; UCHOA, F. **Mortalidade Infantil, Saneamento Básico e o Impacto da Saúde sobre o Crescimento Econômico Brasileiro**. 2011. 16 p.

NOZAKI, V. T de. **Análise do setor de saneamento básico no Brasil**. 2007. 109 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)-USP, Ribeirão Preto, 2007.

PAIXÃO, A. N.; FERREIRA, T. Determinantes da mortalidade infantil no Brasil. **Revista Gepec**, v. 85903, p. 1-15.2012.

SAKER, J. P. P. **Saneamento Básico e Desenvolvimento**. Dissertação (mestrado em Direito Político e Econômico) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

SEROA DA MOTTA, R. **Questões regulatórias do setor de saneamento no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 2004. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicacoes/notastecnicas/notastecnicas5.pdf>. Acesso em: 1 de mar. de 2018.

SILVA, V. A. **Saneamento básico**: influência na saúde pública e impacto na mortalidade infantil e no desenvolvimento econômico das regiões brasileiras. 2017. 89 p. Monografia (graduação em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

SIMÕES, C. C. da S. **Estimativas da mortalidade infantil por microrregiões e municípios**. Brasília: Ministério da Saúde, 1999.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015**. Brasília: Ministério das Cidades, fev. 2016.

SOUSA, J.S. Estimação e Análise dos Fatores Determinantes da Redução da Taxa de Mortalidade Infantil no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**. 2016. p.140-155.

SOUSA, T. R. V.; MAIA, S. F. **Uma investigação dos determinantes da redução da taxa de mortalidade infantil nos estados da região nordeste do Brasil**. In: I Congresso da Associação Latino Americana de População, ALAP, 2004, Caxambú. 2004.

TUROLLA, F. A. **Política de saneamento básico**: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas. IPEA. (Texto para Discussão, 922). Brasília. Dez. 2002. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4155](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=4155). Acesso em: 03 out. 2017.

UNICEF. Division of Information and Public Affairs. **Situação mundial da infância, 1989**. New York, UNICEF House, 1989.

WOLFART, G. A. **Saneamento básico como fator desenvolvimento**: um estudo da mortalidade infantil e da infância no Estado do Paraná. 133 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Federal do Oeste do Paraná, Toledo, 2014.

## APÊNDICE A – DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NO MODELO ECONOMÉTRICO

Variável dependente	Definição	Sinal esperado
Taxa de Mortalidade Infantil	Número de óbitos de menores de um ano de idade, por mil nascidos vivos, na população residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado.	
Variáveis explicativas		
% de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequado	Razão entre as pessoas que vivem em domicílios cujo abastecimento de água não provém de rede geral e cujo esgotamento sanitário não é realizado por rede coletora de esgoto ou fossa séptica, e a população total residente em domicílio particular, multiplicado por 100.	+
Taxa de fecundidade	Número médio de filhos que uma mulher teria, ao completar o período reprodutivo.	+
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - Dimensão Renda	A dimensão Renda do IDHM considera a renda per capita da população, ou seja, a renda média mensal dos indivíduos residentes em determinado município. Para o cálculo da dimensão renda, aplica-se a fórmula: $IDHM-R = [\ln(\text{renda per capita do local de referência}) - \ln(\text{valor mínimo de referência})] / [\ln(\text{valor máximo de referência}) - \ln(\text{valor mínimo de referência})]$ (ATLAS, 2013b).	-
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal –Educação	É uma composição de indicadores de escolaridade da população adulta e de fluxo escolar da população jovem. A escolaridade da população adulta é medida pelo percentual da população de 18 anos ou mais de idade com o ensino fundamental completo. O cálculo é feito considerando-se que as taxas de frequência e de conclusão variam entre 0% e 100% e que os valores mínimo e máximo escolhidos são também 0% e 100%. Para “convertê-las” em um índice variando de 0 a 1, basta dividir a taxa por 100. IDHM Educação será a média geométrica desses dois índices, com peso 1 para o índice de escolaridade e peso 2 para o índice de fluxo (ATLAS, 2013b).	-

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE B – ANÁLISE DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS

Variáveis	Média	D.P	Mín.	Máx.
TMI	48,29	20,34	16,13	114,68
% de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados	21,64	22,91	0,02	99,63
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal-Renda	0,47	0,08	0,27	0,73
Taxa de fecundidade	2,38	1,87	0,33	6,88
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal-Educação	0,27	0,16	0,02	0,71

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.

**APÊNDICE C – RESULTADOS DA REGRESSÃO DE EFEITOS ALEATÓRIOS**

Variável	Modelo de Efeitos Aleatórios		
	Coefficiente	Desvio Padrão	P-Valor
AGESI	0,13715	0,0255246	(0,000)
IDHM-R	-47,36165	11,2562	(0,000)
TXFEC	2,16416	0,3259761	(0,000)
IDHM-E	-60,6189	5,266007	(0,000)
Constante	78,73449	4,567169	(0,000)
Sigma_u	4,844151		
Sigma_e	7,357261		
Rho	0,30241		
R <sup>2</sup> within	0,8970		
Observações	450		

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa.