

idp

idn

# MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA

---

**POLÍTICAS PÚBLICAS DE SANEAMENTO:** UMA ANÁLISE  
ENTRE INVESTIMENTO E MORTALIDADE INFANTIL NO  
BRASIL (2009-2019)

**EVÂNIA VIEIRA DA COSTA**

Brasília-DF, 2023

**EVÂNIA VIEIRA DA COSTA**

**POLÍTICAS PÚBLICAS DE SANEAMENTO: UMA ANÁLISE ENTRE INVESTIMENTO E MORTALIDADE INFANTIL NO BRASIL (2009-2019)**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Economia, Políticas Públicas e Desenvolvimento do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia, Políticas Públicas e Desenvolvimento.

**Orientador**

Thiago Costa Monteiro Caldeira

Brasília-DF 2023

**EVÂNIA VIEIRA DA COSTA**

**POLÍTICAS PÚBLICAS DE SANEAMENTO: UMA ANÁLISE ENTRE INVESTIMENTO E MORTALIDADE INFANTIL NO BRASIL (2009-2019)**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia pelo Programa de Mestrado Profissional em Economia, Políticas Públicas e Desenvolvimento do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP).

Aprovado em 17 / 01 / 2023

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Thiago Costa Monteiro Caldeira - Orientador

---

Prof. Dr. Luiz Augusto Ferreira Magalhães

---

Prof. Dr. Mathias Schneid Tessmann

---

C837 Costa, Evânia Vieira da  
Políticas públicas de saneamento: uma análise entre investimento e mortalidade infantil no Brasil / Evânia Vieira da Costa. – Brasília: IDP, 2023.

38 p.  
Inclui bibliografia.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tese/Dissertação) – Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa – IDP, Curso de Mestrado Profissional em Economia, Brasília, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Costa Monteiro Caldeira.

1. Saneamento básico. 2. Mortalidade infantil. 3. Modelo dinâmico de dados. I. Título.

CDD: 332

---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Ministro Moreira Alves  
Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa

## RESUMO

O objetivo geral do presente estudo é investigar a relação entre os gastos com investimentos em saneamento básico, especificamente em água e esgoto e a mortalidade infantil do Brasil, no período de 2009 a 2019. As variáveis escolhidas para o alcance dos resultados foram: índices de chuva, umidade, temperatura, estiagem, alagamentos e enxurradas, educação, mortalidade infantil, de Gini e PIB per capita. O método escolhido na investigação foi o modelo dinâmico de dados em painel. Os resultados apontaram para uma relação inversa entre investimento em saneamento básico e mortalidade infantil, ou seja, investimentos em água e esgoto reduzem a mortalidade infantil brasileira. Consideram-se os resultados deste trabalho úteis para a literatura científica que investiga a relação entre saneamento e mortalidade infantil, para os elaboradores de políticas públicas e para a sociedade em geral.

**Palavras-chaves: Saneamento básico. Mortalidade infantil. Modelo dinâmico de dados em painel.**

## ABSTRACT

The aim of the present study is to investigate the ratio between spending on investments in basic sanitation, specifically in water and sewage, and infant mortality in Brazil, from 2009 to 2019. The variables chosen to reach the results were: rainfall, humidity, temperature, drought, flooding and flooding, education, infant mortality, Gini and GDP per capita. The method chosen in the investigation was the dynamic data model in panel. The results pointed for an inverse relationship between investment in basic sanitation and infant mortality. That is, investments in water and sewage reduce Brazilian infant mortality. The results of this paper are considered useful for the scientific literature that investigates the relationship between sanitation and infant mortality, for public policy makers and for society in general.

**Keywords: Sanitation. Child mortality. Dynamic panel data model.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### **Figura 1**

Investimentos Conforme Categorias

.....22

### **Figura 2**

Investimentos Segundo o Destino de Aplicação

.....22

## LISTA DE TABELAS

### **Tabela 1**

Descrição das variáveis utilizadas e fontes

.....**25**

### **Tabela 2**

Resultados para dados em painel estático com efeito fixo

.....**28**

### **Tabela 3**

Resultados para dados em painel dinâmico System-GMM

.....**30**

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>21</b>
3.1	Dados.....	21
3.2	Modelo Econométrico .....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>32</b>
	Referências .....	34

# 1



## 1

## INTRODUÇÃO

O saneamento básico é uma área de grande importância para um ente público, uma vez que é, através deste, onde se encontra o caminho para o bem-estar e saúde pública da população. Inúmeras doenças são causadas por falta de saneamento. Entre as doenças causadas pela água contaminada, as principais são a diarreia, leptospirose, cólera, hepatite A e febre tifoide. Além dessas doenças, a ausência de saneamento é uma das causas da mortalidade infantil no Brasil.

A falta de investimento em saneamento básico é, e sempre foi, um dos maiores problemas de infraestrutura no Brasil. Conforme Leoneti et al (2011), desde a década de 1950 até o final do século passado, o investimento em saneamento básico no Brasil ocorreu pontualmente em alguns períodos específicos, com um destaque para as décadas de 1970 e 1980. De acordo com o Instituto Trata Brasil, atualmente, 84% da população brasileira é atendida com abastecimento de água tratada e quase 100 milhões de brasileiros (45%) não têm acesso à coleta de esgoto<sup>1</sup>.

O objetivo dessa dissertação é analisar a dimensão da relação do investimento em água e esgoto com a mortalidade infantil brasileira, no período de 2009 a 2019. As variáveis utilizadas para o alcance dos resultados foram as relacionadas a infraestrutura, clima e índices socioeconômicos. A contribuição do estudo se justifica por examinar os investimentos em todo o território nacional, em um grande intervalo de tempo e alcançar as situações mais atuais de saneamento e saúde até a publicação do novo Marco Legal do Saneamento. Os resultados deste trabalho são úteis para a literatura científica que investiga a relação entre saneamento e mortalidade infantil, para os elaboradores de políticas públicas e para a sociedade em geral.

Além desta introdução o trabalho possui mais cinco seções. A segunda seção se refere ao referencial teórico, no qual conceitua e

---

<sup>1</sup> Ver <https://tratabrasil.org.br/principais-estatisticas/>

sintetiza a história do saneamento básico no Brasil, a evolução normativa relacionada ao saneamento brasileiro e a relação entre saneamento e saúde. Em seguida, é apresentada base de dados. Na quarta seção, a metodologia. Depois, os resultados encontrados, bem como sua análise e, por fim, a conclusão.

2



## 2

## REFERENCIAL TEÓRICO

As ações de saneamento têm como objetivos manter o meio ambiente em condições adequadas para a promoção do bem-estar do ser humano e garantir interferências mínimas em sua saúde (SNIS, 2021).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) (WHO, 2018) define saneamento como *“as access to and use of facilities and services for the safe disposal of human urine and faeces”*.

De acordo com o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde, FUNASA, (BRASIL, 2019), saneamento ambiental é o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis de salubridade ambiental, através de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e outros serviços e obras especializadas, com o objetivo de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural.

A expressão “saneamento básico” surgiu a partir da Constituição Federal de 1988 e está prevista em três passagens: i) no artigo 21, XX, que atribui à União a competência para “instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos”; ii) no artigo 23, IX, no qual prevê ser competência comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios a promoção de “programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico”; e iii) no artigo 200, IV, quando expõe que compete ao Sistema Único de Saúde (SUS), nos termos da lei, “participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico”.

Atualmente, o saneamento no Brasil abrange os seguintes serviços básicos: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Esses serviços básicos estão interligados e

interferem diretamente na qualidade de vida da população e no ambiente em que se vive.

O abastecimento de água compreende as atividades, disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias para garantir a disponibilidade de água potável para a população, quais sejam a captação, a adução o tratamento, a reserva e a distribuição da água tratada.<sup>2</sup>

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR nº 9.648/86 define esgoto sanitário como "despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. No Panorama do Saneamento Básico no Brasil (2021), O sistema de esgotamento sanitário é composto por partes principais que guiam as águas residuárias desde a coleta até o corpo receptor. Constitui esse sistema: rede coletora, interceptor, emissário, Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e corpo receptor. Um sistema de esgotamento sanitário ideal é aquele em que há uma rede de coleta que encaminha o esgoto para uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) e, somente após o tratamento adequado, descarta o efluente (esgoto tratado) no corpo receptor (BRASIL, 2021).

A limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos constituem as atividades, disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana (BRASIL, 2021).

De acordo com o item c do art. 3º da Lei 14.026/2020, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas são constituídos pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para amortecimento de

---

<sup>2</sup> O lançamento de esgotos não tratados em corpos de água fluentes, a incapacidade do sistema de drenagem em áreas urbanas e a má gestão dos resíduos sólidos contribuem para o aporte de contaminantes nas águas superficiais e subterrâneas, utilizadas como fontes para o abastecimento humano. Nos centros urbanos, questões associadas ao abastecimento de água também estão relacionadas ao crescimento da população e, conseqüentemente, ao aumento da demanda por água, ao desperdício e à ocupação caótica em áreas periféricas. Em áreas rurais, a preocupação com o desmatamento da vegetação que protege os mananciais, o uso desordenado de agrotóxicos e fertilizantes em atividades agrícolas, têm conseqüências na contaminação de águas superficiais e subterrâneas (BRASIL, 2021).

vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.

No Brasil, somente no início do século XIX é que começou a implantação das primeiras canalizações de águas pluviais e esgoto em importantes cidades. De acordo com Borma et al (2021), a primeira política pública para o saneamento, estruturada independentemente da saúde, ocorreu em 1964, cuja área foi elencada como prioritária pelo governo militar em razão da importância para o desenvolvimento socioeconômico e da saúde.

Conforme o Panorama do Saneamento Básico no Brasil (BRASIL, 2021), no início da década de 1960, o Governo Federal passou a atuar de forma mais ativa na gestão dos serviços, incentivando investimentos no setor de saneamento, especificamente em água e esgotos. Em 1964, o modelo voltado às companhias estaduais foi fortalecido e, durante as décadas de 1960 e 1970, foram criadas diversas companhias estaduais de saneamento. Atualmente, o modelo de gestão dos serviços de saneamento é regido pela Lei nº 11.445, de 2007, e suas alterações<sup>3</sup>.

Devido ao crescimento urbano, os conflitos pela exploração dos serviços públicos e recursos hídricos aumentaram. Assim, em 1934, no então Governo Vargas, através do Decreto nº 24.643 de 10 de julho, foi instituído o Código de Águas. Conforme Silvestre (2008), o Decreto 24.643/34 procurou atender um País que se urbanizava e era palco de importantes transformações econômicas, sociais e políticas. Um País servido por abundância relativa de água e grande potencial hidroenergético no qual se fortalecia o ideário do desenvolvimento, identificado à industrialização (Silvestre, 2008).

A Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007 instituiu o marco regulatório nacional do setor de saneamento básico, ao instituir as diretrizes nacionais para o saneamento básico.

A Lei Federal nº 14.026 de 15 de julho de 2020 atualizou o Marco Legal do Saneamento. Seus principais objetivos são: prever a universalização dos serviços de água e esgoto até 2033, tendo como metas o acesso da população à água potável em 99% e à coleta e tratamento de esgoto em 90%; torna obrigatório o processo licitatório para a prestação de serviços de saneamento; permite que empresas privadas entrem no processo de licitação para a prestação dos serviços

---

<sup>3</sup> Ver Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020.

e dá novas atribuições à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

Atualmente, a Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) é o órgão do Governo Federal responsável por coordenar a implementação da Política Nacional de Saneamento e o seu monitoramento, bem como a avaliação e a revisão do Plano Nacional de Saneamento Básico, Plansab (SNIS, 2021).

Os temas saneamento, saúde pública e meio ambiente estão intimamente interligados. Na literatura sobre o assunto, existem vários estudos relacionados ao saneamento com o aumento da qualidade de vida das pessoas, no que se refere à promoção de melhorias na saúde de crianças, com a redução da mortalidade infantil e de doenças causadas por veiculação hídrica.

No estudo realizado por Teixeira et al (2011), no qual testaram a hipótese de que a ampliação da cobertura por serviços de saneamento básico no período entre 2001 e 2006 foi um investimento capaz de melhorar os indicadores de saúde nos estados brasileiros, concluiu-se que, no período estudado, houve melhoria naqueles indicadores de saúde, porém não foi expressiva, sendo fundamental a utilização de indicadores epidemiológicos e de desenvolvimento social na decisão sobre a priorização de investimentos em saneamento básico no país.

No que concerne à mortalidade infantil, Mendonça e Motta (2005) afirmam a possibilidade de reduzir a mortalidade infantil por meio de prevenção tanto pelo acesso aos serviços de saneamento como pela redução do analfabetismo ou, também, atuar na remediação via acesso a serviços de saúde com a expansão da rede hospitalar ou aumento geral nos gastos com saúde.

Lima et al (2017) analisaram a relação entre as condições de saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo) e indicadores de saúde pública voltados para a mortalidade infantil (taxa de mortalidade infantil e óbitos por doença diarreica aguda em menores de 5 anos de idade), no estado do Rio Grande do Norte. A hipótese testada era de que a ampliação da cobertura de serviços de saneamento básico, no estado do Rio Grande do Norte, pode levar a diminuição dos óbitos infantis. O estudo concluiu que existe uma forte relação entre os indicadores de saneamento e os indicadores de saúde pública voltados para a mortalidade infantil.

O estudo de Silva et al (2021) investigou os efeitos do acesso às condições de saneamento no Brasil sobre os índices de mortalidade infantil e mortalidade na infância. O trabalho utilizou modelos de dados em painel espacial para a obtenção dos resultados. Os resultados mostraram que condições inadequadas de saneamento básico aumentam a mortalidade infantil, sendo que os efeitos indiretos possuem impactos maiores do que os efeitos diretos, sugerindo que políticas públicas para melhoria e maior abrangência de saneamento adequado considerem as externalidades causadas nos municípios vizinhos.

No trabalho realizado por Silva e Esperidião (2017), no qual analisou os impactos do saneamento básicos sobre a mortalidade infantil e o desenvolvimento econômico dos estados do Nordeste, foram estudados os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, como também a mortalidade infantil e algumas variáveis que refletem as questões socioeconômicas da região Nordeste no período de 1991, 2000 e 2010. Os dados foram coletados do IPEADATA e do PNUD. Os resultados foram obtidos a partir da análise descritiva, estatística, da matriz de correlação e dos gráficos de dispersão. Neste estudo concluiu-se que investimentos em abastecimento de água e esgotamento sanitário podem reduzir tanto a mortalidade infantil quanto as desigualdades sociais.

Teixeira e Guilhermino (2006) avaliaram a associação entre as condições de saneamento e saúde nos estados brasileiros, utilizando dados secundários do banco de dados “Indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2003” (IDB, 2003) do Ministério da Saúde e concluíram que a mortalidade infantil, doença diarreica aguda em menores de cinco anos de idade e doenças infecciosas e parasitárias para todas as idades podem ser reduzidas, entre outros fatores, por meio do aumento da cobertura populacional por redes de abastecimento de água e por sistemas de esgotamento sanitário.

Imada et al (2016) analisaram as contribuições das melhorias socioeconômicas, higiênicas e de saneamento na redução de diarreia em uma cidade amazonense e encontraram uma melhora nas condições de saneamento com o aumento do número de banheiros com vasos sanitários.

Entretanto, no sentido contrário aos artigos elencados, no estudo de Ferreira et al (2016), que teve como objetivo avaliar os efeitos da prestação inadequada dos serviços de saneamento na saúde pública

no Brasil, no período entre 2001 e 2010, observou-se que entre os anos de 2004 e 2010, com exceção de 2009, mesmo com o aumento do investimento em saneamento, houve uma elevação do número de doenças relacionadas à água, às excretas e às transmitidas por insetos vetores e roedores.

Outro fato interessante corresponde à comparação da relação de indicadores de disponibilidade hídrica e de saneamento com indicadores sociais e de saúde. O estudo, realizado por Libânio et al (2005), constatou que a condição de vida é mais bem retratada pela abrangência dos serviços de água e esgoto do que pelas reservas hídricas medidas quantitativamente.

No que se refere a outros países, ocorreram efeitos significativos de queda na mortalidade infantil decorrente de investimentos em saneamento, a partir da década de 1990, na Argentina, em função da privatização nesse setor (GALIANI et al, 2005). Já o estudo de Wibowo e Tisdell (1993) descreveu a aplicação das funções de produção da saúde na avaliação dos impactos desta, decorrentes dos investimentos em água potável e esgoto na principal ilha da Indonésia, Java.

O trabalho de Tsur e Zemel (2018), no qual relaciona teoria econômica e política hídrica, explica que uma política de recursos hídricos consiste em alocar as três fontes de água - in natura, de reuso e dessalinizada - nos quatro setores de usuários - doméstico, agricultura, indústria e ambiental, em um determinado momento e com os investimentos em capital necessários. O resultado encontrado foi que os usuários doméstico e industrial deveriam pagar pela coleta e tratamento de esgoto, enquanto os usuários de água de reuso deveriam pagar apenas o custo de transporte das estações de tratamento até o consumo, assim como os custos extras de tais tratamentos, a fim de simplificar muitos problemas de investimento.

# 3



# 3

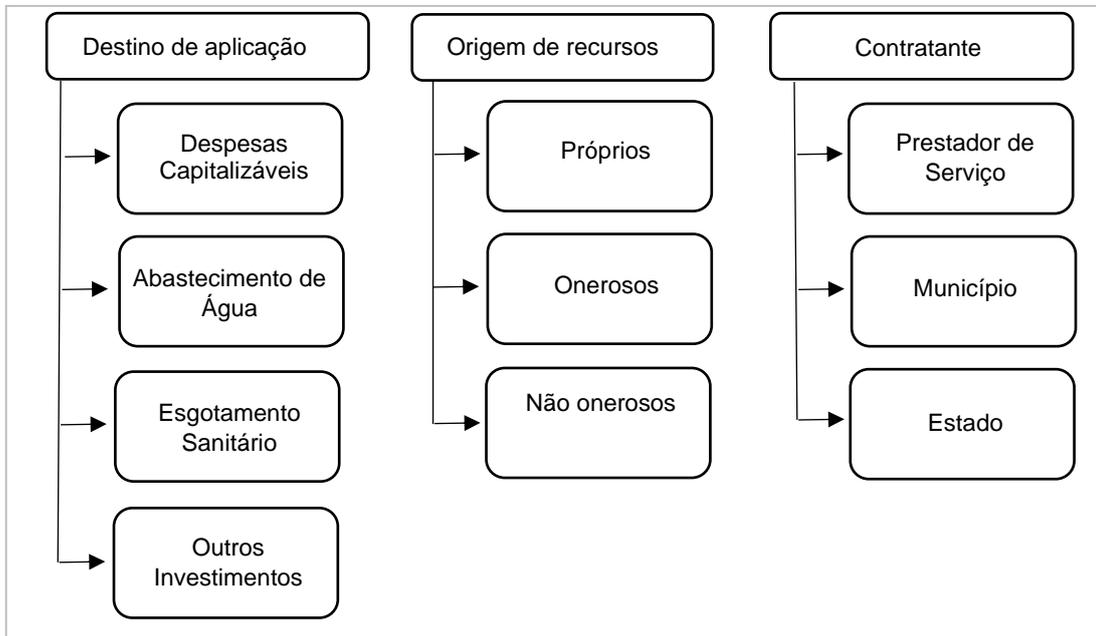
## METODOLOGIA

### 3.1 Dados

Conforme o Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto - Gestão Administrativa e Financeira (SNIS, 2022), os valores de investimentos do SNIS correspondem a montantes efetivamente realizados no ano de referência, informados pelos prestadores responsáveis pelos serviços de água e esgoto.

Os investimentos no SNIS são distribuídos em três categorias: i) destino de aplicação, ii) origem de recursos e iii) contratante. Cabe aos prestadores de serviços obterem as informações sobre investimentos junto às prefeituras e aos governos estaduais para enviar ao SNIS. As informações dos investimentos segundo o destino de aplicação são de preenchimento obrigatório no formulário do SNIS. Já as dos investimentos segundo a origem são de preenchimento facultativo, porque nem todos os prestadores de serviços possuem monitoramento da origem de recursos dos investimentos para preencher os dados nos moldes que o SNIS solicita. Por esse motivo, o estudo utilizou os dados de investimento segundo a categoria destino de aplicação. A figura 1 detalha as três categorias de investimentos no SNIS:

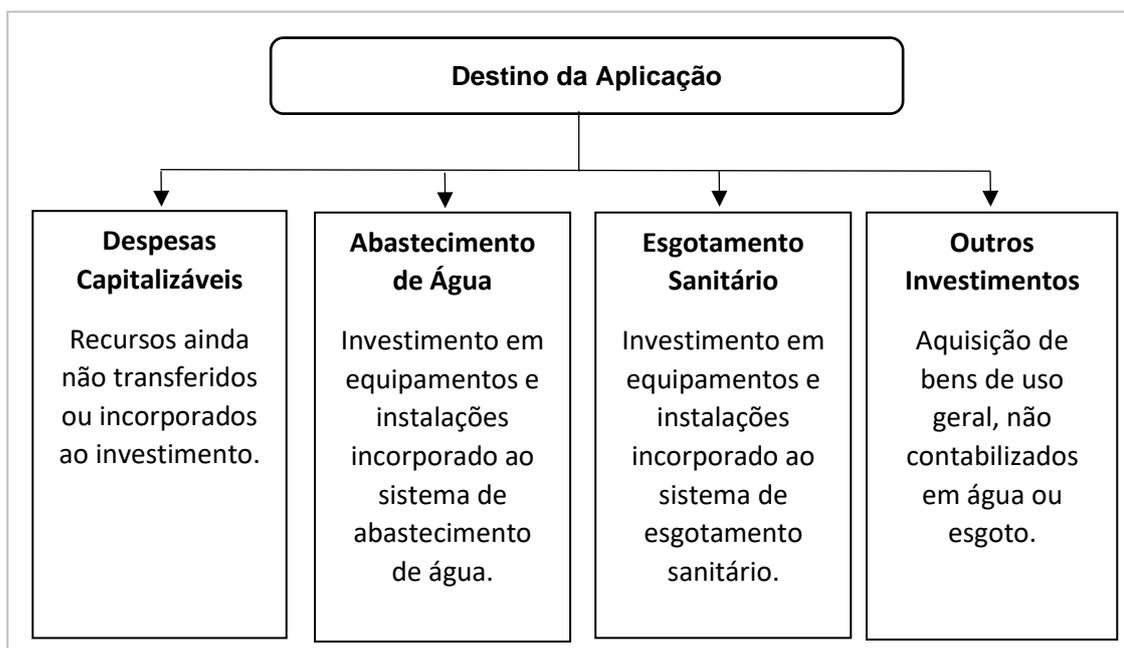
**Figura 1:** Investimentos Conforme Categorias



Fonte: SNIS,2020

Os investimentos distribuídos segundo o destino da aplicação referem-se às seguintes subcategorias: i) despesas capitalizáveis; ii) abastecimento de água; iii) esgotamento sanitário; e iv) outros, conforme se vê na figura abaixo:

**Figura 2:** Investimentos Segundo o Destino de Aplicação



Fonte: SNIS,2020

Os valores de investimentos utilizados no estudo correspondem aos serviços de água e esgoto, uma vez que não se tem dados de todos os anos de investimentos em drenagem pluvial e em resíduos sólidos. Buscou-se obter um número maior de dados disponíveis das variáveis estudadas. Por esse motivo, a periodicidade do modelo utilizada é de 2009 a 2019.

A base de dados de investimento foi obtida através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)<sup>4</sup> e refere-se aos gastos totais com investimentos em fornecimento de água e esgoto, realizados por estado. Cabe salientar que a participação dos prestadores de serviços de água e esgoto é voluntária. No entanto, os programas de investimentos do Ministério do Desenvolvimento Regional exigem o envio regular dos dados ao SNIS como critério de seleção, de hierarquização e de liberação de recursos financeiros para cada tipo de serviço prestado (água e/ou esgoto)<sup>5</sup>.

Os dados de mortalidade infantil, para os anos entre 2009 e 2019, foram coletados no DATASUS<sup>6</sup>. Para o número total de óbitos somou-se a quantidade de óbitos por ocorrência com a quantidade de óbitos por residência<sup>7</sup>.

No caso do PIB per capita por estado, utilizou-se a base de dados do IBGE – Tabela 5938. Em seguida, os PIBs por municípios de cada estado foram somados e divididos pelo número de habitantes desses estados<sup>8</sup>.

---

<sup>4</sup> O SNIS está vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento, do Ministério do Desenvolvimento Regional. O primeiro diagnóstico do SNIS foi lançado em 1995 e teve como atividade inicial a coleta e a disponibilização de dados dos prestadores de serviços de água e esgoto.

<sup>5</sup> Disponível em <http://antigo.snis.gov.br/index.php?Itemid=341>.

<sup>6</sup> O DATASUS é o departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil. É o órgão da Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa do Ministério da Saúde, que tem a finalidade de coletar, processar e disseminar informações sobre saúde.

<sup>7</sup> Conforme DATASUS, a classificação dos óbitos corresponde a: i) óbitos por residência: número de óbitos ocorridos, contados segundo o local de residência do falecido e ii) óbitos por ocorrência: número de óbitos ocorridos, contados segundo o local de ocorrência do óbito.

<sup>8</sup> Tabela 5938 - Produto interno bruto dos municípios a preços correntes, impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes e valor adicionado bruto a

Com relação ao Índice de Gini da distribuição do produto interno bruto a preços correntes, utilizou-se a Tabela 5939 - Índice de Gini do produto interno bruto a preços correntes e do valor adicionado bruto a preços correntes por atividade econômica - Referência 2010, da base de dados do IBGE<sup>9</sup>.

As variáveis chuva, umidade, temperatura e estiagem estão inseridas no modelo pois, referem-se à quantidade disponível de água nos reservatórios e corpos hídricos de maneira geral. Conforme matéria do *Estadão*<sup>10</sup>, a dificuldade de acesso à água provoca a desidratação, assim como doenças ligadas à limpeza e higiene. Segundo a matéria, de acordo com a Water.org, o acesso à água potável e ao sabonete tem a possibilidade de prevenir, anualmente, cerca de 290 mil mortes de crianças de até 5 anos de idade.

No mesmo sentido, alagamentos e enxurradas afetam a saúde da população. As enchentes, por exemplo, causam doenças, tais como leptospirose, hepatite A, febre tifoide e diarreias bacterianas. Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), anualmente, essas doenças levam 15 mil pessoas à morte no Brasil<sup>11</sup>.

Outra variável importante é a educação. De acordo com uma pesquisa feita pelo *Estadão Dados*, o principal fator de mortalidade infantil no Brasil é a falta de estudo dos pais, seguido pela pobreza, e a falta de água encanada ou de esgoto tratado<sup>12</sup>.

Os dados de chuva, umidade e temperatura foram coletados pelo INMET, enquanto os de alagamentos, enxurradas e estiagem foram coletados no S2ID. Para as despesas com educação, utilizou-se o banco de dados do IPEA.

---

preços correntes total e por atividade econômica, e respectivas participações - Referência 2010.

<sup>9</sup> Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5939>.

<sup>10</sup> Disponível em: <https://summitsaude.estadao.com.br/desafios-no-brasil/por-que-a-crise-hidrica-afeta-a-saude-publica/>.

<sup>11</sup> Disponível em: <https://saude.abril.com.br/coluna/com-a-palavra/agua-contaminada-de-enchentes-causa-doencas-serias-mas-ha-alternativas/>.

<sup>12</sup> Disponível em: <https://veja.abril.com.br/educacao/falta-de-estudo-dos-pais-e-o-que-mais-mata-criancas/>.

**Tabela 1:** Descrição das variáveis utilizadas e fontes

Legenda	Descrição	Fonte/Link
<b>In_Óbitos_ocorrência</b>	Óbitos por ocorrência por 100 mil habitantes	DATASUS
<b>In_Óbitos_residência</b>	Óbitos por residência por 100 mil habitantes	DATASUS
<b>In_Óbitos_total</b>	Óbitos Total por 100 mil habitantes	DATASUS
<b>In_Invest_água_esgoto</b>	Investimento Total em água e esgoto por 100 mil habitantes	SNIS
<b>In_Chuva_total</b>	Total de chuvas em (mm)	INMET
<b>In_Umididade_ar</b>	Umidade mínima do ar em (g/m <sup>3</sup> )	INMET
<b>In_Temperatura</b>	Temperatura média em C°	INMET
<b>In_Alagamentos</b>	Quantidade de Alagamentos Informados	S2ID
<b>In_Enxurradas</b>	Quantidade de Enxurradas Informadas	S2ID
<b>In_Estiagens</b>	Quantidade de Estiagens Informadas	S2ID
<b>In_Desp_educ_cult</b>	Despesas com educação e cultura per capita	IPEA
<b>In_PIB</b>	PIB per capita	IBGE
<b>Gini</b>	Índice de Gini	IBGE

Fonte: elaboração própria. Nota: todas variáveis monetárias foram deflacionadas pelo IPCA, para valores de 2019. (ln) representa a utilização do logaritmo natural.

### 3.2 Modelo Econométrico

A metodologia utilizada para o alcance do objetivo deste trabalho foi a técnica de análise de dados em painel. Conforme Marques (2000), apud Ceretta, uma das vantagens da estimação com dados em painel é o tratamento da heterogeneidade dos dados, a contrário de estudos temporais ou seccionais que não levem em conta as características diferenciadoras dos indivíduos e produzem, quase sempre, resultados estreitamente viesados.

Baltagi, apud Gujarati e Porter (2011) enumera, ainda, outras vantagens dos dados em painel sobre dados de corte transversal, quais

sejam: i) conseguem levar em consideração a heterogeneidade entre variáveis; ii) são mais adequados para examinar as dinâmicas da mudança de variáveis; iii) oferecem dados mais informativos, maior variabilidade, menos colinearidade entre variáveis, mais graus de liberdade e mais eficiência; iv) podem detectar e medir melhor os efeitos que não conseguem ser observados em um corte transversal puro ou em uma série transversal pura; v) permitem estudar modelos de comportamento mais complicados e vi) podem minimizar o viés que poderia resultar no caso de um agregado de indivíduos ou empresas.

No que se referem às desvantagens, as variáveis potencialmente endógenas podem estar correlacionadas com a variável dependente, levando a resultados potencialmente enviesados. Desta forma para contornar esse problema, será utilizado o modelo de painel dinâmico, mais especificamente o estimador System-GMM de Blundell e Bond (1998). De acordo com Roodman (2006), o SYS-GMM é adequado quando há variáveis explicativas que não são estritamente exógenas e quando existe uma relação linear, podendo apresentar heterogeneidade e autocorrelação entre os indivíduos, porém, não entre eles.

Ademais, o System-GMM permitirá capturar o comportamento inercial dos óbitos, que decorrem em razão da infraestrutura instalada e instituições que não apresentam mudanças abruptas de um ano para o outro. Permitindo também, modelar os impactos de investimentos de períodos passados nas métricas de óbitos contemporâneos.

Formalmente pode-se representar o System-GMM de Blundell e Bond (1998) pela seguinte equação:

$$\ln y_{it} = \alpha + \ln y_{it-1} + \ln \text{Invest}_{it} + \ln \text{Invest}_{it-2} + \ln \text{Invest}_{it-4} + X_{it} + \mu_i + t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

onde,  $\ln y_{it}$  representa o logaritmo natural dos óbitos por 100 mil habitantes do estado  $i$  no período  $t$ ;  $\alpha$  a constante da regressão,  $\ln y_{it-1}$  o lag da variável dependente do estado  $i$  no período  $t$ ;  $\text{Invest}_{it}$  indica o investimento em água e esgoto do estado  $i$  no período  $t$ ;  $\text{Invest}_{it-2}$ , representa  $lag - 2$  do investimento do estado  $i$  no período  $t - 2$  e  $\text{Invest}_{it-4}$  o  $lag - 4$  do investimento em água e esgoto do estado  $i$  no período  $t - 4$ . Além desses,  $X_{it}$  representa as covariadas;  $\mu_i$  o efeito fixo de estado;  $t$  é o efeito fixo de tempo e  $\varepsilon_{it}$  o termo de erro independente e identicamente distribuído uns dos outros e entre si.

Conforme Roodman (2009), uma limitação do System-GMM decorre da proliferação de muitos instrumentos gerados, implicando

um trade-off entre viés (overfitting) e eficiência do estimador. Desta forma para contornar essa limitação será utilizado o método de Análise de Componentes Principais (PCA) e, também, a correção dos erros padrão para amostra finita de Windmeijer (2005).

# 4

## 4

## RESULTADOS

Na tabela 2 é apresentado o sumário do modelo painel estático com efeito fixo. Os resultados encontrados não foram estatisticamente significativos, indicando que o investimento em água e esgoto não afetou o número de óbitos registrados.

**Tabela 2:** Resultados para dados em painel estático com efeito fixo

Modelos	In_Óbitos_ocorrência		In_Óbitos_residência		In_Óbitos_total	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
In_Invest_água_esgoto	-0.0004	0.005	-0.003	0.003	-0.002	0.004
	(0.003)	(0.004)	(0.004)	(0.005)	(0.004)	(0.005)
<b>Covariadas</b>	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
<b>Efeito Fixo</b>						
<b>Estado</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Ano</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Obs</b>	297	286	297	286	297	286
<b>R<sup>2</sup></b>	0.95	0.96	0.94	0.95	0.95	0.96
<b>Within R<sup>2</sup></b>	0.00	0.17	0.001	0.17	0.001	0.17

Fonte: elaboração própria. Os níveis de significância são representados por \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.10$ ; o valor entre parênteses representa o erro padrão robusto.

A tabela a seguir demonstra os resultados da estimação de dados em painel dinâmico através do Método dos Momentos Generalizados (GMM). Conforme foi descrito anteriormente, o modelo GMM System considera a variável dependente defasada (em *lags*) como sendo uma variável explicativa, de modo que o elemento dinâmico possa controlar a possível existência de correlação entre os valores passados da variável dependente e os valores presentes das demais variáveis explicativas, de forma a eliminar um potencial viés dos estimadores associados com esse tipo de correlação (Scherrer, 2019)

Dando início à interpretação dos resultados, na Tabela 3, a variável dependente defasada  $\ln y_{it-1}$  é significativa ao nível de 1% de confiança para todas as especificações - óbitos por ocorrência, por residência e total -, indicando a existência de um componente inercial,

onde os totais de óbitos infantis passados explicam os totais de óbitos correntes, corroborando a utilização do método de painel dinâmico.

Quanto aos resultados das variáveis de interesse, é possível inferir que os valores correntes de investimentos em água e esgoto contribuíram para uma redução no total de óbitos. Em outros termos, um aumento de 1% nos investimentos em água e esgoto por 100 mil habitantes, reduz em -0,22% o total de óbitos infantis por 100 mil habitantes.

Olhando para os valores dos investimentos passados sobre os totais de óbitos correntes, é possível notar, que os valores investidos dois anos antes apresentam impacto maior sobre os totais de óbitos correntes, indicando que um aumento de 1% nos investimentos em água e esgoto por 100 mil habitantes, reduz em -0,29% o total de óbitos infantis por 100 mil habitantes. Já os valores investidos 4 anos antes, não apresentam impactos sobre os óbitos correntes.

Quanto ao ajuste do modelo aos dados, os testes de Sargan (1958) e Hansen (1982), que verificam a validade dos instrumentos internos gerados, não rejeitam a hipótese nula de que os instrumentos são válidos para todas as especificações. Já os testes de Arellano e Bond (1991), rejeitam a hipótese nula de ausência de autocorrelação de primeira ordem p-valor <5% AR (1) e não rejeitam a hipótese nula de ausência de autocorrelação de segunda ordem p-valor >5% AR (2) para todas as especificações, indicando que os instrumentos são válidos e não são correlacionados com o termo de erro. Por fim, seguindo a literatura, o número de instrumentos internos gerados foi de 27 que é igual ao número de grupos que representam as unidades federativas. (Roodman, 2009; UAM-Accenture, 2014; Lillo & Torrecillas, 2018).

**Tabela 3:** Resultados para dados em painel dinâmico System-GMM

Modelos	In_Óbitos_ocorrência	In_Óbitos_residência	In_Óbitos_total
	(1)	(2)	(3)
<b>Lag1(Óbitos)</b>	<b>0.988<sup>***</sup></b>	<b>1.083<sup>***</sup></b>	<b>1.068<sup>***</sup></b>
	(0.17)	(0.16)	(0.19)
<b>In_Invest_água_esgoto</b>	<b>-0.023<sup>*</sup></b>	<b>-0.019<sup>*</sup></b>	<b>-0.022<sup>**</sup></b>
	(0.01)	(0.01)	(0.01)
<b>Lag2(In_Invest_água_esgoto)</b>	-0.029	<b>-0.029<sup>***</sup></b>	<b>-0.029<sup>**</sup></b>
	(0.03)	(0.01)	(0.01)
<b>Lag4(In_Invest_água_esgoto)</b>	0.004	0.008	0.006
	(0.03)	(0.03)	(0.03)
<b>Covariadas</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Obs</b>	260	260	260
<b>P-valor teste Sargan</b>	0.326	0.258	0.297
<b>P-valor teste Hansen</b>	0.144	0.196	0.182
<b>P-valor teste AR1</b>	0.044	0.017	0.027
<b>P-valor teste AR2</b>	0.437	0.658	0.623
<b>Nº de instrumentos</b>	27	27	27

Nota: Os níveis de significância são representados por <sup>\*\*\*</sup> p<0.01, <sup>\*\*</sup> p<0.05, <sup>\*</sup> p<0.10; o valor entre parênteses representa o erro padrão robusto de Windmeijer (2005).  
Especificação com PCA.

Resultado semelhante foi encontrado por Scherrer (2019), ao constatar que no GMM System ocorre a relação de que um maior investimento em saneamento básico acarreta a diminuição da mortalidade em dois períodos no futuro.

Há muitas suposições pelas quais essas variáveis estão relacionadas à mortalidade infantil. No caso de educação e cultura, por exemplo, quando há uma melhoria na educação das mães - e estas são as que mais estão próximas das crianças - ocorre a orientação do uso de sabonete, lavar as mãos antes de refeições, ingerir água filtrada e lavar bem os alimentos. Com relação a enchentes ou alagamentos causados por chuva, o contato direto com água suja por crianças que moram em áreas com baixo saneamento básico podem ocasionar o surgimento de doenças como leptospirose, hepatite A, febre tifoide e diarreia. No que se refere a chuvas, estas podem ocasionar tanto o aumento quanto a redução da mortalidade infantil. Isto porque tanto o excesso de chuva quanto o seu déficit podem levar à uma contaminação maior da água.





5

# 5

## CONCLUSÃO

A presente dissertação buscou avaliar o impacto do investimento em água e esgoto sobre a mortalidade infantil no Brasil, no período de 2009 a 2019, mediante análise de dados em painel. Para a regressão, foram utilizadas as variáveis: índices de chuva, umidade, temperatura, estiagem, alagamentos e enxurradas, educação, indicadores de mortalidade infantil, de Gini e PIB per capita.

Os resultados obtidos apontam para uma relação inversa entre a proporção de investimentos em saneamento básico com a mortalidade infantil, ou seja, quanto maior o investimento em saneamento básico, especificamente água e esgoto, menor será a taxa de mortalidade infantil.

O trabalho traz importantes contribuições para a área de saneamento ao analisar os gastos de investimento e mortalidade em todo o território nacional, com período relativamente grande, por meio de dados atuais e que antecedem a importantes acontecimentos como o Marco Legal do Saneamento e a pandemia Covid 19.

Como sugestão para trabalhos futuros fica a indicação de estimação utilizando como variáveis dependentes as doenças relacionadas à falta de saneamento básico.





# REFERÊNCIAS

# REFERÊNCIAS

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR n° 9.648/86. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Disponível em <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5589/abnt-nbr9648-estudo-de-concepcao-de-sistemas-de-esgoto-sanitario-procedimento>. Acesso em: 20 set. 2022.

BLUNDELL, Richard; BOND, Stephen. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models, **Journal of Econometrics**. Volume 87, Issue 1, Pages 115-143, 1998.

BORMA, Vera De Simone; MARTINS, Flávia Burmeister; LOCH, Rogério; MARTINELLI, Ivonir Antonio. Contexto histórico brasileiro do saneamento básico - PLANASA, PLANSAB, PNSB e lei n° 14.026/2020. **IBRAOP, XIX SINAOP**, nov. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde, **Manual de saneamento**, Brasília, 4. ed., 2019.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. **Lei n° 11.445** de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis n°s 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n° 6.528, de 11 de maio de 1978. 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: 7 out. 2022.

BRASIL. **Lei n° 14.046** de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei n° 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>. Acesso em: 7 out. 2022.

FERREIRA, Patrícia da Silva Figueiredo; MOTTA, Patrícia Constantino; SOUZA, Tayane Crispim de; SILVA, Thiago Paulo da; OLIVEIRA, Juliana Ferreira de; SANTOS, Ana Silvia Pereira. Avaliação preliminar dos efeitos

da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 06, n. 02, p. 214 - 229, jul./dez. 2016.

GALIANI, Sebastian; GERTLER, Paul; SCHARGRODSKY, Ernesto. Water for life: The impact of the privatization of water services on child mortality. **Journal of political economy**, v. 113, n. 1, p. 83-120, 2005.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C.. Econometria Básica. **AMGH Editora Ltda.**, Quinta Edição, 2011.

HANSEN, Lars Peter; KENNETH, J. Singleton. "Generalized Instrumental Variables Estimation of Nonlinear Rational Expectations Models." *Econometrica*, vol. 50, no. 5, 1982, pp. 1269–86. *JSTOR*, <https://doi.org/10.2307/1911873>. Accessed 27 Dec. 2022.

IMADA, Katuscia Shirota; ARAÚJO, Thiago Santos de; MUNIZ, Pascoal Torres; PÁDUA, Valter Lúcio de. Fatores socioeconômicos, higiênicos e de saneamento na redução de diarreia na Amazônia. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 50, n. 77, dez. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE)- *IBGE Cidades – Municípios*. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5939>. Acesso em: 14 out. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL (BRASIL). **Principais estatísticas**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/principais-estatisticas/>. Acesso em 20 set. 2022.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-48, mar./abr. 2011.

LIBÂNIO, Paulo Augusto; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Eng. Sanit. Ambiente**, Rio de Janeiro, v.10, n. 3, p. 219-228, jul./set 2005.

LIMA, José Ronaldo Oliveira; SANTOS, Érica Luana Nunes dos; MEDEIROS, Jássio Pereira de. Saneamento e saúde pública: análise das relações entre indicadores no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, v. 7 n. 2, p. 134-151, maio/ago. 2017.

MENDONÇA, Mário Jorge Cardoso de; MOTTA, Ronaldo Seroa da. Saúde e saneamento no Brasil. **Ipea. Texto para Discussão**, Rio de Janeiro, n. 1081, abril de 2005.

ROODMAN, D. Como fazer Xtabond2: Uma introdução à diferença e ao sistema GMM no Stata. **The Stata Journal**, 9, 86-136, 2006 <https://doi.org/10.2139/ssrn.982943>.

SARGAN, J. D. (1958). A Estimação de Relações Econômicas Utilizando Variáveis Instrumentais. *Econometrika*, 26, 393-415, 1958. <https://doi.org/10.2307/1907619>

SCHERRER, Isabela de Carvalho. Análise da relação entre investimento em saneamento básico e mortalidade infantil para os municípios do Rio Grande do Sul (2005-2015). **Dissertação de Mestrado**, Rio Grande, 2019.

SILVA, Kelen Rossales da; LEIVAS, Pedro Henrique Soares; SANTOS, Anderson Moreira Aristides dos; HALMENSCHLAGER, Vinícius. Saneamento básico e saúde no Brasil: uma análise via painel espacial. **49º Encontro da ANPEC**, Encontro on Line dezembro de 2021.

SILVA, Valéria Andrade; ESPERIDIÃO, Fernanda. Saneamento básico e seus impactos na mortalidade infantil e no desenvolvimento econômico da região Nordeste. **Scientia Plena**, v.13, n.10, p.1-7, nov. 2017. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/3757>. Acesso em: 14 out. 2022.

SILVESTRE, Maria Elisabeth Duarte. Código de 1934: Água para o Brasil Industrial, **Revista Geo-Paisagem**, Ano 7, n. 13, jan./jun. 2008. Disponível em: <http://www.feth.ggf.br/%C3%81gua.htm>. Acesso em: 07 out. 2022.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021**. Disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA\\_DO\\_SANEAMENTO\\_BASICO\\_NO\\_BRASIL\\_SNIS\\_2021.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICO_NO_BRASIL_SNIS_2021.pdf). Acesso em: 20 set. 2022.

NIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto - Gestão Administrativa e Financeira - ano de referência 2020**. Disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_GESTAO\\_ADMINISTRATIVA\\_FINANCEIRA\\_AE\\_SNIS\\_2022.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_GESTAO_ADMINISTRATIVA_FINANCEIRA_AE_SNIS_2022.pdf). Acesso em: 07 out. 2022.

TEIXEIRA, Júlio César; GOMES, Maria H. R; SOUZA, Janaina. A. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros – estudo comparativo entre 2001 e 2006. **Eng. Sanit. Ambiente**, Rio de Janeiro, v.16, n.2, p.197-204, abr./jun. 2011.

TEIXEIRA, Júlio César; GUILHERMINO, Renata Lopes. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de indicadores e dados básicos para a Saúde 2003 – IDB 2003. **Eng. Sanit. e Ambiente**, Rio de Janeiro, vol. 11, n. 3, p. 277-282, jul./set. 2006.

TSUR, Yacov; ZEMEL, Amos. Water policy guidelines: A comprehensive approach. **Water Resources and Economics**, vol. 23, 1-13, fev. 2018.

WINDMEIJER, Frank. Uma correção de amostra finita para a variância de estimadores GMM lineares eficientes de duas etapas, **Journal of Econometrics**, vol. 126, edição 1, 25-51, maio 2005.

World Health Organization. **Guidelines on sanitation and health**, Geneva, 2018. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/274939>. Acesso em: 20 set. 2022.

WIBOWO D.; TISDELL, C. Health, safe water and sanitation: a cross-sectional health production function for central Java, Indonesia. **Bulletin of the World Health Organization**. V. 71, n. 2, p.237-245, 1993



idn

Bo  
pro  
cit  
ref  
Nos  
são

**idp**

A ESCOLHA QUE  
**TRANSFORMA**  
O SEU CONHECIMENTO