

ALLAN CHRISTOPHER TEIXEIRA RODRIGUES

**A INFLUÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO NO DESEMPENHO ESCOLAR: UMA
ANÁLISE PARA CRIANÇAS BRASILEIRAS RECÉM-ALFABETIZADAS**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Maria Micheliana da Costa Silva.

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

R696i
2024
Rodrigues, Allan Christopher Teixeira, 2000-
A influência do saneamento básico no desempenho escolar:
uma análise para crianças brasileiras recém-alfabetizadas / Allan
Christopher Teixeira Rodrigues. – Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (50 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndice.

Orientador: Maria Micheliana da Costa Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Economia Rural, 2024.

Referências bibliográficas: f. 41-45.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.461>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Rendimento escolar. 2. Alfabetização. 3. Saneamento.
4. Crianças - Saúde e higiene. 5. Escolas. I. Silva, Maria
Micheliana da Costa, 1986-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Economia Rural. Programa de Pós-Graduação
em Economia Aplicada. III. Título.

CDD 22. ed. 372.4


ALLAN CHRISTOPHER TEIXEIRA RODRIGUES

A INFLUÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO NO DESEMPENHO ESCOLAR: UMA ANÁLISE PARA CRIANÇAS BRASILEIRAS RECÉM-ALFABETIZADAS


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2024.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **ALLAN CHRISTOPHER TEIXEIRA RODRIGUES**
Data: 06/08/2024 16:45:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Allan Christopher Teixeira Rodrigues
Autor

Documento assinado digitalmente
 **MARIA MICHELIANA DA COSTA SILVA**
Data: 06/08/2024 15:05:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maria Micheliiana da Costa Silva
Orientador

“O nosso planeta é um grão solitário na imensa escuridão cósmica que nos cerca. Na nossa obscuridade, em toda esta vastidão, não há indícios de que vá chegar ajuda de outro lugar para nos salvar de nós próprios.”

(Carl Sagan)

AGRADECIMENTOS

Uso este espaço para agradecer a todos que de alguma maneira foram importantes na minha jornada acadêmica até este presente momento. Primeiro, agradeço aos meus familiares que deram suporte durante minha para chegasse até este momento. Particularmente, dedico este agradecimento aos meus pais, Luciane Teixeira e Roni Lopes Rodrigues. Se não fosse por ele, não entenderia o significado prático de perseverança e insistência. Não fosse ela, nunca seria acesa em mim a chama da ciência.

Agradeço as pessoas próximas de mim que acompanharam o processo de perto mesmo morando a centenas de quilômetros de distância. Em especial, agradeço a Isabella Marques de Oliveira por ter me apoiado emocionalmente e mostrado a mim que ser um cientista social possui ramificações que vão além de operar *softwares* estatísticos e formular problemas de otimização condicionada. Também agradeço ao professor Walcir Soares da Silva Júnior por ter acreditado no meu potencial quando eu possuía apenas o sonho de ser acadêmico.

A todos os professores da Universidade Federal de Viçosa por terem me fornecido a formação necessária de forma a tornar possível que eu chegasse até este momento. Agradeço especialmente a professora Maria Michelianna da Costa Silva por ter me orientado durante este processo. Suas contribuições foram de imensa importância para minha formação como ser humano e pesquisador. A professora Ana Cecília de Almeida por me mostrar os caminhos do ensino e docência.

Aos meus amigos e colegas da pós-graduação que me acompanharam durante este período. Todos foram vitais para minha motivação e persistência. Em especial agradeço Felipe Nathan, Pietro Mazzarotto, Iago Gomes, Angel Benítez, Shyanne Silvana, Caio Costa e Ana Carolina. Todas as longas horas de estudo temperadas com café, conversas e um quadro branco foram recompensadas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

RODRIGUES, Allan Christopher Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024. **A influência do saneamento básico no desempenho escolar: uma análise para crianças brasileiras recém-alfabetizadas.** Orientadora: Maria Micheliana da Costa Silva.

O acesso ao saneamento básico de qualidade é um fator determinante na saúde dos indivíduos, ao associar este fato com desempenho educacional pode-se levantar a hipótese de que acessar serviços sanitários possivelmente impacte em resultados educacionais. A partir disso, é possível interligar tal questão com a saúde infantil visto que, crianças são as mais afetadas por problemas de saúde causados por inadequação da infraestrutura sanitária de onde vivem. Desta forma, o presente estudo buscou estimar os efeitos da cobertura municipal de água e esgoto sobre a média das proficiências em alfabetização de escolas que participaram da ANA (Avaliação Nacional de Alfabetização) nos anos de 2014 e 2016. Para tanto, empregou-se um estimador de Mínimos Quadrados em Dois Estágios com efeitos fixos de escola e utilizando o consumo elétrico *per capita* dos municípios nos sistemas de água e esgoto. Os resultados apontaram um sinal positivo e significativo para esgoto e não significativo para água. Este estudo produziu evidências que podem guiar futuras políticas públicas ao lançar luz sobre um tema que afeta a educação sem estar diretamente ligado a ela.

Palavras-chave: Saneamento; Alfabetização; Escolas.

ABSTRACT

RODRIGUES, Allan Christopher Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024. **A influência do saneamento básico no desempenho escolar: uma análise para crianças brasileiras recém-alfabetizadas.** Orientadora: Maria Micheliana da Costa Silva.

The access to sanitation services is a determining factor in individuals' health status. By associating this fact with educational performance, one can hypothesize that accessing sanitary services may possibly impact educational outcomes. From this, it is possible to link this issue to child health, as children are most affected by health problems caused by inadequate sanitation infrastructure where they live. Thus, the present study aimed to estimate the effects of municipal water and sewage coverage on the average literacy proficiency of schools that participated in the Brazilian National Literacy Assessment in the years 2014 and 2016. To do so, a Two-Stage Least Squares estimator was employed with fixed effects of the school and using the *per capita* electricity consumption of municipalities in water and sewage systems. The results indicated a positive and significant effect for sewage and a non-significant one for water. This study produced evidence that can guide future public policies by shedding light on a topic that affects education without being directly linked to it.

Keywords: Sanitation; Literacy; Schools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da cobertura (%) de água e esgoto nos municípios da região norte.....	20
Figura 2 – Mapa da cobertura (%) de água e esgoto nos municípios da região nordeste.....	21
Figura 3 – Mapa da cobertura (%) de água nos municípios da região sudeste.....	22
Figura 4 – Mapa da cobertura (%) de esgoto nos municípios da região sudeste.....	22
Figura 5 – Mapa da cobertura (%) de água e esgoto nos municípios da região sul.....	23
Figura 6 – Mapa da cobertura (%) de água e esgoto nos municípios da região centro-oeste..	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas descritivas para a média de proficiência em matemática das escolas..	17
Tabela 2 – Estatísticas descritivas para a média de proficiência em leitura das escolas.....	17
Tabela 3 – Estatísticas descritivas para o atendimento dos serviços de esgoto dos municípios.....	18
Tabela 4 – Estatísticas descritivas para o atendimento dos serviços de água dos municípios..	18
Tabela 5 – Diferenças das médias para municípios que declararam ou não as informações de esgoto.....	19
Tabela 6 – Resultados para a proficiência em matemática.....	25
Tabela 7 – Resultados para a proficiência em leitura.....	27
Tabela 8 – Estatísticas descritivas para as demais variáveis independentes municipais e escolares.....	38
Tabela 9 – Resultados para a proficiência em matemática sem a correção por escore de propensão.....	39
Tabela 10 – Resultados para a proficiência em leitura sem a correção por escore de propensão.....	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.2. Problema e Sua Importância	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1. A Função de Produção Educacional: de um trabalho primordial até uma proposta que considera a saúde como insumo	16
3. METODOLOGIA E ESTRATÉGIA EMPÍRICA	20
3.1. Fonte de dados e Variáveis	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Estatísticas Descritivas	26
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	41
APÊNDICE A- Variáveis e tabelas adicionais	46

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

A falta de uma estrutura adequada de saneamento básico pode ocasionar efeitos negativos à saúde pública, como a transmissão de diarreia, infecção por vermes intestinais, nascimentos prematuros (ligados a doenças adquiridas por vermes), entre outros (OMS, 2020). No Brasil, em 2016, foi apresentada ao Senado Federal uma proposta de emenda constitucional (PEC) para incluir o saneamento básico como um direito social no artigo 6º da constituição brasileira (Senado Federal, 2016). Assim, mesmo com essas adversidades que a inadequação de saneamento básico pode causar, houve demora de 28 anos para ser proposta sua inclusão como um direito na constituição. Segundo o Congresso Nacional (2023), a matéria foi desarquivada e está pronta para deliberação no plenário.

Devido ao seu organismo mais frágil, crianças são as mais afetadas pelos efeitos adversos do saneamento inadequado na saúde coletiva (Scriptore, 2016). Hammer e Spears (2016) reportaram que um programa de intervenção sanitária, na zona rural indiana, elevou a altura de crianças indianas ao longo do tempo. Nesse trabalho, a altura média das crianças em cada faixa etária é utilizada como um marcador biológico da saúde desse estrato populacional. Tal programa consistiu em subsídios para construção de latrinas em comunidades do distrito de Ahmednagar do estado de Maharashtra.

Explorando as diferenças entre vizinhanças indianas majoritariamente islâmicas ou hinduístas, Geruso e Spears (2018) reportaram que a mortalidade infantil em bairros com maioria islâmica era menor. Os autores apontaram como razão o fato dos islâmicos terem menor tendência a fazer suas necessidades fisiológicas em locais abertos e a usarem banheiros privados ou latrinas. Neste caso, a residência próxima a locais abertos com dejetos foi determinante para tal evidência. Isso é de tal importância que tais resultados se mantêm mesmo depois de controlados por renda e acesso à educação, que são menores entre islâmicos indianos.

No Brasil, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2017 (PNSB), elaborada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), apontou 2.013 municípios (36% do total) com unidades de tratamento de esgoto em operação e 5.237 (94% do total) com tratamento de água. Entretanto, a despeito da quase totalidade de cidades com tratamento de água, poucos municípios possuíam sistema de tratamento para seu esgoto. Isso pode gerar problemas de saúde infantil como aqueles citados acima. Segundo Teixeira (2011), um

aumento no atendimento da rede de esgoto pública pode gerar melhoras nos registros de internações infantis no SUS (Sistema Único de Saúde).

Os problemas de saúde infantil gerados por saneamento inadequado podem afetar negativamente os resultados educacionais. Segundo Glewwe e Miguel (2007), as condições de saúde inapropriadas somadas à nutrição indevida para crianças levam a uma redução no seu tempo dentro da escola devido a ficarem doentes com maior frequência, além de prejudicar o aprendizado ao longo da vida. Em uma tentativa aleatorizada *clusterizada*, Garn *et al.* (2013) encontraram evidências de que entre escolas com pouco acesso a água em épocas de seca, intervenções relacionadas a providência de oferta e tratamento de água e melhoria sanitária aumentaram o número de matrículas.

Isto pode ocorrer, por exemplo, devido ao fato do efeito negativo do saneamento impróprio na saúde transmitir-se para educação via queda de produtividade e disposição, dificultando, assim, a frequência dos alunos. Zhang e Xu (2016) mostraram que crianças vivendo em regiões com estações de tratamento funcionais na China conseguiram, na idade adulta, possuir mais anos escolares completos, em comparação aos seus pares sem esta mesma oportunidade. Para o caso brasileiro, o aumento no acesso a saneamento básico leva a um aumento nas matrículas escolares municipais, sendo esse efeito passível de transbordamento para municípios vizinhos (Scriptore; Azzoni, 2018).

Além de possuir um efeito positivo sobre matrículas, o acesso ao saneamento básico também pode influenciar o desempenho escolar dos alunos, medido em avaliações padronizadas ou dentro do percurso educacional. Por exemplo, Bellon e Lima (2022) em estudo para o Brasil, encontraram que a existência de uma infraestrutura sanitária tem relação positiva com as notas dos alunos e a ampliação do serviço de saneamento pode reduzir a distorção idade-série (Bellon; Lima, 2022). Ainda, a precarização da estrutura sanitária pode levar a níveis mais altos de absenteísmo escolar (Jasper *et al.*, 2012; Ortiz-Correa *et al.*, 2016).

1.2. Problema e Sua Importância

Os primeiros estágios da vida são de máxima importância para a formação de habilidades cognitivas e socioemocionais dos indivíduos. Somado a isso, o aprendizado atingido em um determinado estágio da vida amplia a quantidade e a produtividade de habilidades aprendidas posteriormente. Assim, os primeiros anos da infância possuem grau elevado de valor, dado que se trata de uma fase em que poucas habilidades são absorvidas e

essas aprendidas exercem forte influência nos demais ciclos de vida de um indivíduo. Desta forma, nessa fase inicial de vida intervenções via políticas públicas, em especial as educacionais, não precisam considerar o *trade-off* de equidade e eficiência (Cunha *et al.*, 2006). Então se faz importante observar os efeitos cumulativos do saneamento no desempenho cognitivo e educacional no início da vida dos indivíduos.

Com respeito ao tema deste estudo, outros autores realizaram pesquisas baseadas em intervenções sociais ou revisões de literatura sistemáticas. Em Sclar *et al.* (2017), por exemplo, realizou-se uma revisão sistemática de dezessete estudos sobre a relação entre saneamento básico, faltas escolares e o desenvolvimento cognitivo dos alunos. Em geral, os autores encontram efeitos positivos do saneamento adequado em medidas de desenvolvimento cognitivo. Quanto ao absentéismo, os resultados mostram que os impactos encontrados pelos estudos revisados são dúbios, uma vez que alguns indicaram relação positiva ao passo que outros encontraram efeitos negativos ou nulos.

Orgill-Meyer (2020) utilizou informações de uma avaliação anual de aprendizado de crianças indianas, nomeada *Anual Status of Education Report (ASER)*, para mensurar o efeito que o saneamento na escola e sua cobertura em vilarejos possuem no aprendizado das crianças. Por meio de um modelo linear com efeitos fixos de distrito e estado, foi encontrado que a cobertura, em nível de vilarejo, possui relação positiva com as pontuações em testes escolares, e negativa com as taxas de desistência.

Por meio do método de diferenças em diferenças, Andukia (2017) apontou que a construção de latrinas em escolas da Índia gerou efeitos positivos nas matrículas dos alunos de ambos os níveis do ensino fundamental (primeiro e segundo fundamental). A autora explorou um aumento na construção ocorrida em 2003 devido ao aumento de investimentos no programa *School Sanitation and Hygiene Education (SSHE)*. Ao decompor os resultados por tipos de latrina, foi evidenciado que garotas em idade púbere se beneficiam mais de tais construções quando realizadas com separação por gênero (exclusivas para uso masculino ou feminino).

Orgill-Meyer e Patannayak (2020) utilizaram uma estratégia de variável instrumental para mensurar o impacto da cobertura de latrinas no desempenho cognitivo de longo prazo dos moradores de vilarejos indianos. Para isso, os autores fizeram uso de uma intervenção que visava à redução de defecação em locais abertos chamada *Community Led Total Sanitation (CLTS)*. Os resultados encontrados demonstraram que a cobertura de saneamento teve efeito positivo no desempenho cognitivo de quem morava nas regiões, sendo esse efeito persistente mesmo após um período de dez anos.

Além da Índia, outros países passaram por intervenções que objetivavam prover uma estrutura de saneamento adequada nas escolas. Neste sentido, Dreibelbis *et al.* (2013) analisaram dados de um questionário enviado às escolas quenianas pelo ministério da educação do país e concluiu que os efeitos da presença de latrinas diferem-se por gênero, e os fatores demográficos são melhores preditores do absentismo. No Paquistão, Ahmed *et al.* (2021) estimou a relação de intervenções de saneamento em instituições de ensino primário e encontrou uma correlação positiva entre a *performance* dessas escolas e suas respectivas condições sanitárias.

Diferente dos casos dos países africanos e asiáticos supracitados, o Brasil possui como desafio não a simples provisão do serviço de saneamento, mas sim a sua universalização e qualidade. Nesse sentido, a lei nº 14.026 estabelece em seu quarto artigo que cabe a Agência Nacional das Águas (ANA) estabelecer normas referentes a padrões de qualidade e eficiências dos serviços sanitários assim como regras de regulação tarifária que busquem a universalização do saneamento básico. Dentro deste mesmo tópico, Narzetti e Marques (2021) afirmam que universalizar serviços de água e esgoto em assentamentos irregulares e rurais demanda arranjos robustos para a infraestrutura institucional.

Tendo em vista a extensão territorial do país, assim como a existência de desigualdades regionais latentes, alguns estudos brasileiros, como em Bellon e Lima (2022) e Scriptori e Azzoni (2018), buscaram estudar a influência do acesso ao saneamento básico na educação. No primeiro trabalho, os autores mostraram uma relação inversa entre cobertura de esgoto e distorção idade-série, já no segundo evidenciaram que aumentos na cobertura de saneamento resultam em crescimentos nas taxas de matrícula e notas do SAEB, todavia, esta última relação estimada não possui significância estatística. Uma identificação de causalidade necessita de uma fonte de variação exógena e, para esse objetivo, Bellon e Lima (2022) sugerem o uso de variáveis instrumentais em futuros trabalhos dentro do tema.

Nesta perspectiva, Ortiz-Correa *et al.* (2016) estimou, por variáveis instrumentais, o impacto do acesso adequado ao saneamento básico do domicílio nos anos de estudos completos das crianças. Por meio de dados domiciliares extraídos do Censo (2010) e sanitários da Agência Nacional de Águas, os resultados apontaram que crianças residentes de lares com acesso adequado ao serviço de água e saneamento completam mais anos escolares. Bellon e Lima (2022) analisam os efeitos na proficiência mensurada em provas, uma medida que fornece uma aproximação do aprendizado adquirido nos anos escolares. No entanto, suas

informações vem do SAEB¹ (2017), base de dados que possui apenas alunos no quinto ano do ensino fundamental e terceiro do médio.

Considerando o cuidado com a saúde infantil e o papel dos primeiros períodos da vida de uma pessoa, também é importante avaliar os efeitos do saneamento básico no rendimento dos estudantes brasileiros que ainda estão nos primeiros anos de ensino. Então, surge à problemática de entender qual seria o impacto do acesso a condições adequadas de saneamento básico no desempenho de estudantes que estejam matriculados em séries iniciais do ensino fundamental. Isto pode ser feito utilizando informações provenientes de avaliações padronizadas que mensuram a proficiência em alfabetização de crianças.

Este estudo buscou investigar a questão levantada, a partir de informações presentes na base de dados da ANA (Avaliação Nacional de Alfabetização)², aplicada a estudantes do terceiro ano do ensino fundamental, do Censo Escolar e SNIS (Sistema Nacional de Informações do Saneamento). Com estes bancos de dados foi estimado, por meio de um painel, o efeito do tratamento municipal de água e esgoto na proficiência média em alfabetização linguística (leitura) e matemática das instituições de ensino que participaram desta avaliação nos anos de 2014 e 2016. Em particular, utilizando as variáveis para o atendimento dos serviços de água e esgoto que correspondem à taxa da população municipal que tem acesso aos serviços sanitários mencionados. Além disso, foram utilizadas variáveis que capturam os efeitos da infraestrutura sanitária escolar, de maneira a estabelecer uma conexão entre a escola e a rede pública de distribuição.

Como apontado por Ortiz-Correa *et al.* (2016), estimar um modelo linear entre resultados escolares e tratamento de água e esgoto pode incorrer em endogeneidade pelo viés de variável omitida. Tal viés pode decorrer de fatores não observáveis que afetam as preferências de alocação de recursos dos municípios, e influenciam tanto o saneamento quanto a educação. Neste sentido, no presente estudo, a fim de contornar esse problema, foram empregadas variáveis instrumentais para os volumes de tratamento de esgoto e de água nos municípios. Assim, os instrumentos escolhidos foram: consumo de energia elétrica na rede de esgoto e água. Isso, pois, supõe-se que eles afetam as variáveis sanitárias municipais, mas não o desempenho das escolas. Além disso, foram incluídos no modelo estimado efeitos fixos de escola para contornar possíveis heterogeneidades não observadas.

¹ Sistema de Avaliação da Educação Básica

² A ANA só realizada nos anos de 2014 e 2016, após isso ela foi descontinuada e o SAEB assumiu o papel de avaliar esse período do aprendizado. É avaliada a proficiência de crianças do segundo ano do fundamental no SAEB 2019, já o SAEB 2021 foi dividido entre o ensino básico e ensino infantil.

Sendo assim, a hipótese inicial deste estudo foi que atendimento a população pelos serviços de esgoto e água de um município possui uma relação positiva com resultados educacionais. Para verificá-la, esta pesquisa objetivou analisar o impacto do saneamento nos resultados educacionais, isto foi feito estimando o efeito da cobertura municipal de esgoto e água nas médias escolares nas proficiências em alfabetização matemática e linguística, ambas avaliadas pela ANA. Os resultados encontrados, considerando as variáveis instrumentais e efeitos fixos de escola, apontaram que a relação entre a cobertura de esgoto e a média escolar de proficiência em alfabetização é positiva e significativa tanto para matemática quanto para leitura. Já para o serviço de água, o resultado é não significativo analisando o coeficiente estimado para prova de matemática e leitura.

Sem dúvidas, obter o impacto deste serviço público sobre as primeiras habilidades cognitivas aprendidas dentro do sistema educacional, a alfabetização na língua nativa e numérica, pode fornecer evidências de como os benefícios de se investir em saneamento são cumulativos durante todos os ciclos de vida. De acordo com a OMS e ONU (2014), aumentar os níveis de acesso à água e esgoto tratado pode reduzir em cerca de 70% as contaminações de diarreia. Ainda, esse mesmo investimento melhora as faltas na escola e aumenta os anos educacionais completados devido aos efeitos sobre a saúde dos indivíduos, ampliando o PIB (Produto Interno Bruto) global em 1,5% e gerando um retorno de 4,3 dólares por dólar dispendido.

Além disso, é preciso considerar que essas externalidades positivas podem se propagar por toda vida dos indivíduos, gerando melhorias na produtividade de seus trabalhos e aumentando o aprendizado de habilidades que se derivam de uma boa educação primária. Para Carneiro e Heckman (2003), há um retorno alto em intervenções que visem crianças no começo de sua vida, e nem tão alto para ações que remediam desigualdades educacionais em estágios posteriores. Assim, o possível impacto positivo do saneamento em pessoas mais jovens pode se propagar para os seus posteriores ciclos de vida.

Dentro do contexto apresentado, da situação brasileira de saneamento, este trabalho possui a relevância de tentar apontar uma possível relação dela com quem está na faixa etária mais vulnerável, dentro dos dados que são disponíveis. A infância é um período fundamental para o desenvolvimento do capital humano e para que isso ocorra de forma plena é preciso pensar em como as variáveis que afetam a saúde dos indivíduos agem contra os esforços educacionais. Desta forma, o presente trabalho possui mais quatro seções além desta, são elas: um referencial teórico de funções de produção educacionais, uma seção apresentando as metodologias aqui empregadas, outra descrevendo e discutindo os resultados de estatísticas

descritivas e procedimentos econométricos e, por último, uma seção de conclusão da pesquisa realizada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A Função de Produção Educacional: de um trabalho primordial até uma proposta que considera a saúde como insumo

No começo da literatura sobre Economia da Educação, Hanushek (1979) surge com a preocupação de fornecer um ferramental teórico para futuros estudos neste campo. O modelo proposto pelo autor é útil para clarear questões teóricas e fornecer uma estrutura analítica que possa servir a formulação de hipóteses em estudos em políticas públicas educacionais. Tal trabalho propõe que resultados educacionais dos indivíduos possam ser interpretados como uma relação de produção, em específico uma função de produção. A formulação dessa função tem a seguinte aparência.

$$A_{it} = f(B_i^t, P_i^t, S_i^t, I_i) \quad (1)$$

Nesta função: A_{it} corresponde ao resultado educacional do indivíduo i no tempo t , B_i^t é um vetor das influências parentais do indivíduo i no tempo t , P_i^t um vetor de influências de pares, S_i^t um vetor de insumos escolares e I_i um vetor com as habilidades inatas da pessoa. Contudo, ao analisar resultados educacionais do indivíduo em um período presente é precisar tomar em consideração o que ocorreu em períodos passados. Levando isso em conta, foi proposta, no artigo dele, a especificação abaixo.

$$A_{it}^* = f^*(B_i^{t-t^*}, P_i^{t-t^*}, S_i^{t-t^*}, I_i, A_{it^*}) \quad (2)$$

Para a nova formulação, tem-se que o sobrescrito $t - t^*$ representa o tempo entre t^* e t . Assim, os insumos da função, a exceção do último, correspondem ao indivíduo i no intervalo de tempo descrito acima. O último insumo da nova função, A_{it^*} , corresponde ao resultado educacional que o indivíduo adquiriu no primeiro período do intervalo considerado. Este formato diz que a produção de resultados educacionais de um recorte temporal depende de instantes anteriores e há uma acumulação de resultados, seria um valor adicionado.

Uma proposição de tecnologia de educação para crianças e com um insumo de saúde está presente em Glewwe e Miguel (2007), que considera uma função produção de educação, em dois períodos, com as seguintes variáveis: saúde da criança, H , insumos educacionais parentais, EI , habilidades inatas da criança, α , características da escola em que estuda, SC , anos de educação atingidos no segundo período, YS . Os subscritos 1 e 2 dizem respeito ao período, $t = 1; 2$. Formalmente tem-se,

$$T_2 = T(H_1, H_2, EI_1, EI_2, \alpha, SC, YS). \quad (3)$$

É importante notar que, diferente da função revisada anteriormente, em (3) coloca-se os resultados educacionais como dependentes da saúde infantil, tanto do primeiro quanto do segundo período. Ainda, os autores definem o primeiro período na faixa etária compreendida desde o nascimento, até os cinco ou seis anos; já o segundo, compreende os anos em que a criança frequenta o ensino primário.

2.2. A saúde como insumo de educação e em função do saneamento

Ortiz-Correa *et al.* (2016) formula um modelo teórico no qual adiciona um insumo de saúde na função de educação, sendo esse insumo uma função de saúde e um de seus elementos o acesso ao saneamento básico. Nota-se que, por meio desse modelo é possível gerar ideias sobre como tratar o problema e as hipóteses do presente estudo. Além disso, outra vantagem de lançar um olhar sobre ele está no fato dos autores combinarem esta expansão da função educacional com um problema de maximização restrito. Segue abaixo o problema.

$$\begin{aligned}
 & \underset{s.a}{\text{máx}}_{\{e, X, l, q_{ws}\}} U(D(h), X, l(q_{ws})) \\
 & M + r(1 - l(q_{ws})) = xP_x + P_D + e + cq_{ws} \quad (4)
 \end{aligned}$$

A função objetivo do problema é a utilidade da família com os seguintes insumos: $D(h)$ como função de produção de educação da criança, X o consumo de um bem da economia em que essa família vive e l uma função de lazer parental que está em função de q_{ws} (que representa o acesso aos serviços de saneamento básico). Dentro da função de educação, h é uma função de saúde. Ainda, ressalta-se que h é função do acesso ao saneamento e dos gastos na saúde da criança, e . Assim, h toma a seguinte formatação:

$$h = h(e, q_{ws}). \quad (5)$$

A restrição que a utilidade está sujeita é a própria renda desta família. Nela, tem-se que: P_x como preço do bem composto, P_d são os custos de educação da criança, c é o que se gasta com a tarifa de saneamento, r taxa de renda da família e M corresponde a rendas de outras fontes, aquelas que não provêm do trabalho. Estando claro o problema de maximização com restrição, se torna possível obter conclusões através de estática comparativa.

A partir da resolução do problema especificado, Ortiz-Correa *et al.* (2016) deriva algumas condições. A primeira diz respeito à existência de um máximo global. De acordo com os autores, o benefício líquido na saúde infantil deve ser menor que os ganhos de lazer por meio da melhoria no acesso aos serviços sanitários subtraídos do produto da razão entre a melhoria no lazer, advinda de aumentos do bem e aumentos da educação, também provenientes de aumentos no consumo do bem, pela proporção entre o aumento no lazer, pelo acesso ao saneamento, e a melhoria educacional adquirida por meio dos gastos em saúde. Formalmente, os autores estabelecem desta forma:

$$\frac{h_{qws}}{h_e} - c < r l_{qws} - \left(\frac{U_{LX}}{U_{DX}} \right) \left(\frac{l_{qws}}{D_h h_e} \right). \quad (6)$$

Os autores posicionam que a primeira derivada dos gastos em saúde com relação ao custo do tratamento de água deve ser crescente com a tarifa do serviço de saneamento. Se o saneamento piora ou fica mais caro, maior será o custo da família com a saúde da criança. Certamente, se o acesso à água e esgoto tratado é reduzido devido ao aumento de seu preço, a família precisará demandar mais produtos de saúde, como remédios, consultas, entre outros.

Para que seja possível a existência da relação acima é imposta outra condição. Esta, basicamente, corresponde a (5), contudo, os lados da desigualdade são trocados. Pode-se interpretar que o ganho líquido do lazer, quando subtraídas às mudanças de consumo do bem, será maior que o benefício ganho na saúde da criança. Além do mais, quando o gasto em serviços sanitários aumenta, todos os demais se alteram, inclusive no bem da economia. Aqui, interpreta-se como a utilidade do bem é afetada. Então, o ganho líquido do lazer necessita superar o da saúde da criança, caso contrário será preciso fazer mudanças tanto nos gastos em saúde quanto no bem. Formalmente, tem-se:

$$rlq_{ws} - \left(\frac{U_{lX}}{U_{DX}}\right) \left(\frac{l_{qws}}{D_h h_e}\right) > \frac{h_{qws}}{h_e} - c. \quad (7)$$

Já a relação entre acesso ao serviço de saneamento e seu custo é negativa, $\frac{\partial q_{ws}}{\partial c} < 0$, ou seja, o acesso reduz conforme o custo aumenta. Para isto acontecer, é enunciada outra condição no modelo, que toma a seguinte forma:

$$q_{ws} \left[\left(\frac{U_{DX}}{U_{XD}}\right) \left(\frac{h_{qws}}{h_e}\right) + \left(\frac{U_{lX}}{U_{XD}}\right) \left(\frac{l_{qws}}{D_h h_e}\right) \right] > 0. \quad (8)$$

O acesso aos serviços relacionados ao saneamento básico nunca será nulo, porque as famílias sempre acharão alguma maneira de tê-los, mesmo sem nenhuma conexão a rede pública, por meio do uso de fossas, fossas sépticas, filtros de água no nível do domicílio e poços, por exemplo. A taxa de mudança ocorrida na saúde adquirida por gastos em saúde e acesso ao saneamento pode aumentar as derivadas cruzadas entre educação e o bem de consumo. Tal diferenciação mostra mudanças na utilidade familiar de acordo com a educação ou consumo do bem, que rivalizam pelo orçamento. Neste sentido, escolher mais unidades de um, implica diminuir do outro.

A razão entre mudanças no lazer e na educação e saúde é multiplicada pela divisão das derivadas cruzada de lazer e do bem com a função de educação. Nota-se que, mudanças na educação se relacionam com variações na saúde, no consumo do bem da economia e no lazer. Então, Ortiz-Correa et al (2016), em sua modelagem, está sugerindo que a decisão da família pelos níveis de educação da criança está conectada a níveis de saúde e lazer, este último principalmente via função restrição. Assim, como o acesso ao saneamento está interferindo tanto em saúde quanto em lazer, pode-se dizer que indiretamente vai afetar a escolha educacional que os pais fazem para os filhos.

Dado o exposto, torna-se possível notar que os autores desenvolveram um ferramental analítico capaz de dizer como a falta de acesso, ou a pobreza dele, à uma rede adequada de serviços sanitários influencia na produção de resultados educacionais das crianças. Neste sentido, por meio da revisão e análise desta modelagem, sustenta-se hipótese enunciada neste trabalho.

3. METODOLOGIA E ESTRATÉGIA EMPÍRICA

3.1. Fonte de dados e Variáveis

Para este trabalho, foram utilizadas informações das seguintes bases de dados: ANA, Censo escolar e SNIS. A Avaliação Nacional de Alfabetização (ANA) faz parte do SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), sendo ela um instrumento de avaliação do SAEB apesar de não ser a mesma prova. O objetivo dela é monitorar o letramento em matemática e português de alunos que estão nas séries iniciais do ensino fundamental. Ademais, ela possui uma escala padronizada de notas, divulga tanto as notas dos alunos quanto as médias das escolas para avaliação e a proficiência em português é separada em leitura e escrita. Neste trabalho foram reportados resultados para matemática e leitura.

O SNIS é uma unidade do Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR), responsável por coletar e disponibilizar anualmente informações referentes à prestação de serviços de saneamento no Brasil. Dele serão extraídas as informações municipais a respeito da cobertura populacional de água e esgoto para os municípios e de consumo de energia elétrica deles nos sistemas utilizados para produção e distribuição dos serviços sanitários.

Quando se pensa de coleta de informações da educação básica, o principal instrumental disponível no Brasil é o Censo Escolar. Esta pesquisa estatística é de responsabilidade do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) e aglomera dados referentes às escolas brasileiras com abrangência em todas as modalidades de ensino. Ela contém informações sobre infraestrutura escolar e a partir disso serão recolhidos os dados a respeito das condições sanitárias de cada escolar.

Outras informações destinadas à construção de variáveis de controle por município foram retiradas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e FINBRA (Finanças do Brasil). No Apêndice, as variáveis deste estudo estão descritas no Quadro 1. Ainda, vale destacar que os dados de saneamento e de alfabetização divulgados pelo SNIS e ANA foram extraídos do repositório do portal Base dos Dados, este fica hospedado na nuvem do *Google*.

3.2. Estratégia Empírica

3.2.1 Procedimento Econométrico Base

Quando se trabalha com dados econômicos, é possível haver a ocorrência de erros de medida nas variáveis explicativas e esse fato gera correlação entre o termo de erro estocástico

e elas, este é o problema de endogeneidade. Assim, o estimador de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) deixa de ser consistente (Davidson; Mackinnon, 2004). Uma das maneiras de contornar este revés é utilizar um estimador de variáveis instrumentais, por meio do método de Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E).

Essa técnica consiste em estimar o modelo linear pelo uso de variáveis exógenas, ou seja, que não estão correlacionadas com o termo de erro, e que influenciam a variável dependente apenas pelo de seu efeito sobre a variável endógena. Em detalhe, uma estimação de MQ2E funciona em dois passos. Primeiro, tendo em vista a equação a ser estimada (estrutural), estima-se as variáveis endógenas em relação àquelas exógenas e aos instrumentos, esta é a equação de forma reduzida. Segundo, inserem-se as variáveis endógenas estimadas pela regressão anterior no modelo estrutural e aplica-se o método de MQO.

Além de ajudar a contornar a endogeneidade gerada por erros de medida, a metodologia em questão também tem sido utilizada para lidar com o viés de variável omitida em estimativas de causalidade (Angrist; Krueger, 2001). Dentro do contexto deste trabalho, tem-se um viés de variável omitida devido as variáveis não observadas que influenciam tanto o saneamento quanto a educação, gerando correlação entre ambas, como por exemplo, à qualidade das instituições dos municípios e os incentivos à provisão de serviços públicos (Ortiz-Correa *et al.*, 2016). Ademais, pode-se citar que a própria qualidade do saneamento provisionado para o município é uma variável não observada e, logo, pode gerar viés por omissão.

Entretanto, devido à estrutura de painel utilizada neste estudo, pode haver heterogeneidades não observadas relativas às escolas que compõe esta estrutura de dados. Assume-se que elas correspondam a características locais das escolas, bem aspectos de infraestrutura não incluídos no modelo especificado. Ainda, essas variáveis não observáveis são fixas no tempo, ou seja, não mudam com a passagem dos períodos. Outros fatores variáveis no tempo que poderiam gerar endogeneidade, como o perfil étnico, de gênero e de infraestrutura sanitária, foram incluídos no modelo estimado.

No entanto, quando a presença deste problema ocorre é possível contorna-lo através da estimação de um modelo que considere estas heterogeneidades. Essa possibilidade se dá pelo estimador de efeitos fixos, *Within*, o qual se trata de um estimador de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), porém subtraindo da equação a média dos indivíduos em cada variável e no erro (Cameron; Trivedi, 2005). Para o contexto deste trabalho, é necessário considerar as heterogeneidades não observadas e tempo-invariantes junto às endogeneidades geradas pelos

municípios. Desta forma, será estimado um modelo com variáveis instrumentais e efeitos fixos (MQ2EEF). Segundo Joshi e Wooldridge (2019), o MQ2EEF pode ser obtido como um MQ2E empilhado aplicado a uma equação com a subtração das médias dos indivíduos. Vale ressaltar que modelos estimados por efeitos fixos não possuem um intercepto global, mas sim termos constantes por unidade de seção cruzada.

A equação estrutural contém efeitos fixos de escola, percentual da população atendida pelos serviços de esgoto, pelos de água, um vetor X de controles e o erro estocástico. Pode-se definir formalmente como:

$$prof_i_{emt} = \alpha_e + \beta_1 Agua_{mt} + \beta_2 Esgoto_{mt} + \beta_3 sanesc'_{emt} + \phi X'_{met} + \epsilon_{emt}. \quad (10)$$

O subscrito i corresponde à matéria da prova (leitura ou matemática), t ao período considerado, 2014 ou 2016, e a escola e, por fim, m ao município. A variável $Agua$ é um índice de atendimento da população pelo serviço de água, $Esgoto$ o de esgoto, $sanesc$ são as condições sanitárias da escola e α são os efeitos fixos de escola. A última, X' , corresponde a um vetor com duas variáveis: $esgred$, variável binária que iguala a um caso a escola esteja conectada a rede pública de esgoto; $agured$, *dummy* para escolas em que a água é fornecida pela rede pública. As estimações para leitura e matemática serão feitas separadamente.

No presente contexto, as equações de forma reduzida consideram as regressões das variáveis de esgoto e água em função dos instrumentos: consumo de energia elétrica, agregado no nível de município (watts hora/ano/ *per capita*), das prestadoras do serviço de saneamento no sistema de água e no de esgoto e as demais variáveis da equação estrutural. Segue abaixo:

$$Esgoto_{mt} = \theta + \zeta_1 Eletricidade_agua_{mt} + \zeta_2 Eletricidade_esgoto_{mt} + \phi X'_{amet} + \beta sanesc'_{et} + \alpha_e + u_{emt}, \quad (11)$$

$$Agua_{mt} = \theta + \zeta_1 Eletricidade_agua_{mt} + \zeta_2 Eletricidade_esgoto_{mt} + \phi X'_{amet} + \beta sanesc'_{et} + \alpha_e + u_{emt}. \quad (12)$$

A respeito dos instrumentos escolhidos, existem três critérios para que uma variável instrumental contorne a endogeneidade: i) o instrumento deve ser relevante para a explicação

da variável endógena; ii) ele precisa ser não correlacionado com o termo de erro da regressão, isto é, exógeno, além de iii) afetar o resultado apenas pela sua relação com a variável endógena.

As variáveis para consumo de energia elétrica nos sistemas dos serviços, presentes no SNIS, correspondem ao quanto de energia as prestadoras utilizaram para a sua produção e sua unidade está em megawatts hora por ano. Para facilitar sua visualização nas estatísticas descritivas elas foram convertidas para watts hora por ano. Além dessa transformação, elas foram normalizadas pela população para evitar que diferenças no número de habitantes nos municípios levassem a distorções uma vez que, cidades com muitos habitantes podem apresentar alto consumo de energia nos sistemas sem necessariamente possuir uma boa cobertura de saneamento.

Por conta de este consumo energia estar associado a cada um dos sistemas de produção e distribuição espera-se que estejam correlacionados com o atendimento da população pelo saneamento. Ainda, por se tratar de um dado interno das prestadoras, não há como essa variável afetar o desempenho escolar que não por via da cobertura de esgoto e água. Além disso, despesas em energia elétrica se apresentam em trabalhos que estimam fronteiras de eficiência estocástica uma vez que estas despesas entram em custos operacionais³. Ressalta-se que foi utilizado o consumo de energia invés de sua despesa por duas razões: este dado está discriminado, nos dados do SNIS, para entre os serviços prestados e a despesa pode estar sujeita a estrutura tarifária das prestadoras de energia elétrica.

Outra razão que torna as quantidades de energia consumidas em cada sistema dos serviços sanitários em boas variáveis instrumentais é a estrutura deste setor. De acordo com Chaitkin *et al.* (2022), dentre os 46 países considerados menos desenvolvidos da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) saneamento é o serviço com maior intensidade de capital quando comparado ao gerenciamento de lixo e higiene. Assim, é possível observar a importância da energia elétrica visto que, firmas mais intensivas em capital também são mais intensivas no uso de energia elétrica (PAPADOGNOAS; *et al.*, 2007).

Também é importante levar em conta que, para além do setor de saneamento o consumo de energia elétrica pode prever os resultados de produção das firmas. Neste contexto, Abeberese (2016) mostra para o caso de firmas indianas que as empresas reagem a aumentos no preço da eletricidade mudando para produtos com processos produtivos menos

³ Pode-se citar como exemplos, Medeiros (2022) e Pereira *et al.* (2021).

intensivos em energia. Junto a isso a autora evidencia que existe uma relação negativa entre as taxas de crescimento de produtividade e os preços da energia elétrica.

3.2.2 Ajuste para um possível viés de seleção

O SNIS recolhe os dados presentes em sua base junto a municípios e prestadores todos os anos. Contudo, nem todos os indicadores de saneamento são declarados, e acabam sendo inseridos na base de dados como valores faltantes. Em específico, para as variáveis relacionadas ao esgotamento sanitário a quantidade de valores faltantes é particularmente alta. Logo, prosseguir com estimações sem considerar este fato pode ocasionar na geração de vieses de seleção decorrente do atrito que isso gera na amostra. Assim, se faz necessário estimar modelos tomando em conta esta peculiaridade.

Uma das maneiras de contornar este tipo de problema é ponderar as estimações por algum escore de balanceamento. Utilizar um *propensity score* se faz uma opção viável uma já que, segundo Rosenbaum e Rubin (1983), este se constitui como um escore de balanceamento. Desta forma, para contornar o viés causado pela omissão dos valores nas variáveis de saneamento será empregada uma ponderação por *propensity score* em todos os modelos estimados no presente estudo.

Imbens e Wooldridge (2009) sugerem uma ponderação através do IPW (*Inverse Probability Weighting*). Tal procedimento se constitui em obter o escore de propensão por meio de uma regressão de variável dependente binária, assim é possível obter a probabilidade estimada da designação de um tratamento (neste caso a omissão dos valores no indicador de esgotamento sanitário). Após a obtenção do escore de propensão as estimações de interesse são ponderadas pelo inverso dele. Os autores também apontam que este método é duplamente robusto, dessa maneira há uma redução no viés de variável omitida da regressão base caso o modelo de resposta qualitativa tenha sido corretamente especificado.

O modelo *logit* estimado para a obtenção do escore de propensão foi estimado com a seguinte especificação:

$$p(T_{mt} = 1|x_{mt}) = \frac{\exp(\alpha'x_{mt})}{1 + \exp(\alpha'x_{mt})}. \quad (13)$$

Na equação acima, $p(\cdot)$ corresponde à probabilidade do município m , no tempo t , não declarar o indicador de saneamento y , α os parâmetros estimados, x_{mt} um vetor de covariadas que explica a probabilidade da cidade declarar as informações de esgotamento sanitário. O

conjunto de variáveis representado por x_{mt} contém: a variável $desp_orcam_i$ para representar as despesas orçamentárias municipais (*per capita*), pib_pc_{mt} para o PIB *per capita* e *pop* que se trata da população do município, *dummies* regionais e uma variável binária, *rural*, que indica se o município faz parte de uma área rural.

Explicitado todo o procedimento econométrico por meio do qual a amostra pode ser balanceada, se torna importante verificar quais as hipóteses que garantem o sucesso do emprego da metodologia descrita nesta subsecção. A primeira hipótese diz respeito condição de balanceamento do vetor de covariáveis dado o *propensity score*. Enuncia-se o seguinte:

$$T \perp X | p(X). \quad (14)$$

A equação acima diz que a designação do tratamento e o vetor de covariadas observadas são independentes, condicionalmente, dado o escore de propensão. O enunciado na equação (14) implica que se pares de controles e tratados forem iguais no escore de propensão, então estes possuem a mesma distribuição no vetor de variáveis X . A segunda hipótese estabelece que, se os resultados potenciais (aqui, da variável de cobertura de saneamento) são condicionalmente independentes do vetor de covariadas, eles também possuem independência do escore de propensão (ROSENBAUM; RUBIN, 1983). Segue,

$$T \perp (y(0), y(1)) | X \Rightarrow T \perp (y(0), y(1)) | p(X). \quad (15)$$

Por último, enuncia-se a hipótese do suporte comum que diz respeito ao intervalo dentro do qual está a probabilidade da designação do tratamento. Encontra-se abaixo:

$$0 < pr(T_i = 1 | X) < 1. \quad (16)$$

O enunciado acima diz que para cada valor em X há um par com controle e tratado. A junção das hipóteses descritas nas equações (15) e (16) denota outra chamada ignorabilidade forte. Para Rosenbaum e Rubin (1983), sob a condição de balanceamento e a última hipótese mencionada, a diferença dos valores esperados dos resultados potenciais condicionados aos escores de propensão e a designação do tratamento resultam no efeito de tratamento médio em $p(X)$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estatísticas Descritivas

Antes de partir para a análise e discussão dos resultados obtidos pelos procedimentos econométricos, é importante elaborar uma análise descritiva e exploratória dos dados extraídos para este estudo. Esta subseção passa pela exploração das proficiências em matemática e leitura, depois pelos índices de atendimento dos serviços de saneamento, e, por último, testes de diferenças de médias nas variáveis utilizadas para estimar o escore de propensão empregado na ponderação das regressões apresentadas no próximo tópico.

Ao produzir uma tabela de estatísticas descritivas para a média das escolas em proficiência matemática, vê-se que a proficiência média das escolas foi de 512,6 para o Brasil considerando os dois anos. Seccionando os resultados por ano, observa-se um aumento na média entre os dois períodos e uma redução no desvio padrão. Quando são consideradas as regiões do país na análise, vê-se que para ambos os períodos sul e sudeste apresentam os melhores resultados. Ademais, todas elas elevaram as médias, com exceção do sudeste. A Tabela 1 mostra tais estatísticas descritas.

Tabela 1- Estatísticas descritivas para a média de proficiência em matemática das escolas.

	Média		Desvio Padrão		Mediana		Mín.		Máx.	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Brasil	510,0	515,1	56,1	52,7	514,8	519,8	315,6	331,83	703,7	692,9
Norte	467,9	474,9	50,7	48,6	467,2	473,5	317,7	338,8	626,5	626,9
Nordeste	471,1	480,6	54,5	52,2	465,3	476,7	315,6	331,83	703,7	692,9
Sudeste	540,4	540,2	38,1	36,9	542,6	541,4	371,3	378,98	694,3	676,4
Sul	538,2	541,8	40,1	40,0	539,4	543,4	378,4	385,01	682,2	684,6
Centro Oeste	513,1	516,3	36,4	37,7	512,9	516,1	397,5	340,66	636,8	627,9

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

A Tabela 2 traz as mesmas estatísticas da primeira tabela, porém os resultados são para a variável de média em proficiência em leitura das escolas. Assim como a Tabela 1, houve um aumento na proficiência média das escolas brasileiras entre os anos reportados. Separando por região é possível verificar que a melhora nos números se manteve entre os períodos. Também, de forma similar a última tabela apresentada, sul e sudeste apresentaram as médias mais altas.

Tabela 2- Estatísticas descritivas para a média de proficiência em leitura das escolas.

	Média		Desvio Padrão		Mediana		Mín.		Máx.	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Brasil	508,9	514,1	55,4	52,6	516,1	520,6	287,0	298,1	723,8	711,4
Norte	466,4	472,7	53,2	50,6	467,8	473,7	298,3	321,1	622,0	636,5
Nordeste	470,8	480,0	55,4	54,5	466,0	476,3	287,0	298,1	723,8	711,4
Sudeste	538,3	539,4	36,6	35,8	540,2	540,7	310,8	385,0	685,6	666,3
Sul	536,3	538,9	36,7	36,7	537,7	541,2	331,5	392,1	659,7	652,2
Centro Oeste	516,4	518,4	35,6	36,5	516,9	519,1	370,8	320,4	629,9	627,9

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

O resumo das estatísticas do atendimento municipal dos serviços de esgoto se encontra na Tabela 3. Aqui, a cobertura da população por esse serviço aumentou pouco mais de um ponto percentual entre 2014 e 2016. Contudo, este resultado se difere bastante por região do país. Em ambos os períodos as regiões norte e nordeste possuem a menor média de cobertura, enquanto a maior está concentrada no sudeste do Brasil. Por meio destes resultados é perceptível a diferença regional que existe no atendimento do esgotamento sanitário.

Tabela 3- Estatísticas descritivas para o atendimento dos serviços de esgoto dos municípios (%).

	Média		Desvio Padrão		Mediana		Mín.		Máx.	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Brasil	55,4	56,9	31,4	31,4	57,94	60,5	0,0	0,0	100	100
Norte	23,9	24,9	19,2	21,1	18,7	21,1	0,0	0,0	62,3	79,7
Nordeste	29,8	34,8	26,1	28,7	23,5	27,5	0,0	0,0	100	100
Sudeste	71,8	71,1	23,9	25,5	78,7	78,9	1,2	0,0	100	100
Sul	38,4	43,9	27,2	29,3	33,4	40,6	0,0	0,0	100	100
Centro Oeste	40,5	45,1	27,9	27,5	38,9	44,6	0,4	1,75	99,36	100

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

Diferentemente do atendimento a população com serviços de esgotamento sanitário, o índice percentual para a cobertura com o serviço de água está distribuído de maneira mais uniforme entre as regiões brasileiras. Apesar de norte e nordeste possuírem o atendimento menor, sul, sudeste e centro oeste detêm médias nas taxas de cobertura superiores a 70%. Além disso, em todos os recortes a cobertura da população com os serviços de água é superior

aos de esgotamento. Vale ressaltar que para este índice também houve melhora ao longo dos anos. Na Tabela 4 estes resultados estão descritos.

Tabela 4- Estatísticas descritivas para o atendimento dos serviços de água dos municípios (%).

	Média		Desvio Padrão		Mediana		Mín.		Máx.	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Brasil	68,7	69,8	23,8	23,8	72,1	73,1	1,6	0,6	100	100
Norte	48,6	52,5	26,5	27,7	50,1	53,6	2,0	2,0	100	100
Nordeste	59,8	61,9	23,5	24,0	59,8	62,8	1,6	0,6	100	100
Sudeste	77,3	76,2	19,4	20,1	81,6	79,9	14,2	14,8	100	100
Sul	73,5	74,2	22,7	23,4	77,3	79,2	6,4	5,5	100	100
Centro Oeste	75,3	75,5	17,9	18,0	77,0	77,9	2,9	2,9	100	100

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

Como neste trabalho foram estimados escores de propensão para o fato de um município declarar ou não o quanto de sua população é atendida pelo serviço de esgotamento sanitário, foram estimadas diferenças de médias, nas variáveis consideradas para obter o escore de propensão, entre cidades que enviam ou não estes dados para o SNIS. Essas diferenças podem ser observadas na Tabela 5. Vale ressaltar que estes resultados não estão seccionados por ano ou região.

Tabela 5- Diferenças de médias para municípios que declararam ou não as informações de esgoto.

Variável	Possui Dados de Esgoto	Não Possui Dados de Esgoto	Diferença
Atendimento de Água (%)	77,5	61,5	16,0***
População	66.923,5	14.694,9	52.228,5***
PIB (R\$/per capita)	23.460,3	17.783,5	5.676,9***
Despesas Orçamentárias (per capita)	2.636,8	2.665,4	-28,6
Média em Matemática (escolas)	522,6	490,6	32,0***
Média em Leitura (escolas)	522,5	487,4	35,1***

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

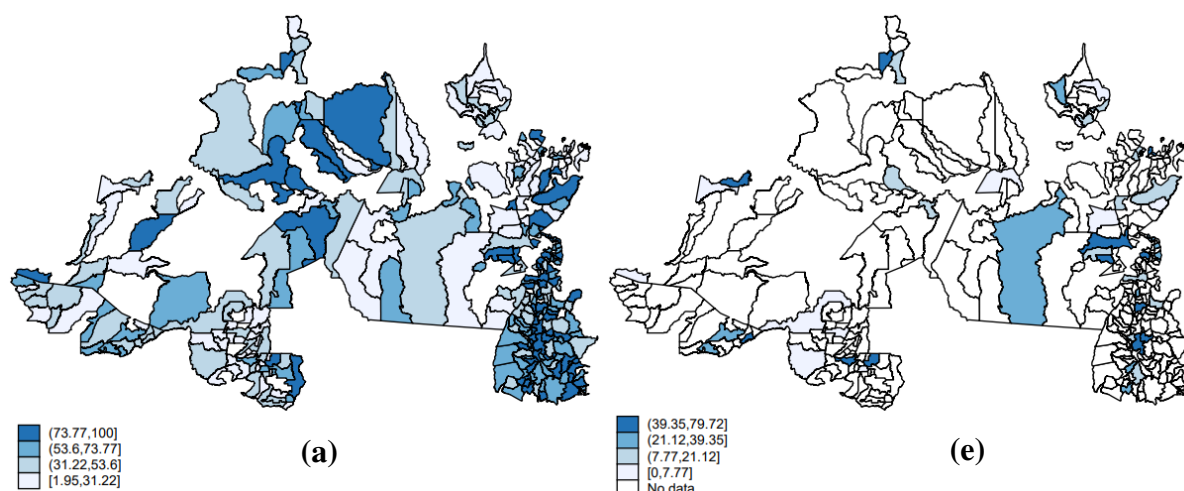
A Tabela 5 também mostra as médias de algumas variáveis por grupo de municípios, sendo o primeiro a respeito daqueles que enviaram dados de esgotamento ao SNIS e o segundo aqueles que não o fizeram e a taxa de atendimento da população com o serviço se

caracterizou como um valor faltante na base de dados. Também é reportada na tabela a subtração das médias das cidades que enviaram as informações de esgoto pelas das que não declaram elas e as respectivas significâncias estatísticas destas diferenças. Ainda, destaca-se que, da tabela, foram incluídas no modelo de seleção as seguintes variáveis: população, PIB *per capita* e despesas orçamentárias *per capita*.

Levando em consideração o que foi reportado na Tabela 5, percebe-se que municípios cujos valores da cobertura de esgoto são faltantes possuem em média menor atendimento com os serviços de água. Além do mais, são menos populosos e têm renda *per capita* menor, isso pode ocorrer devido a esses municípios não possuírem tratamento de esgoto ou terem dificuldades de caráter técnico para fazer o envio de tais dados. Junto a isso, o desempenho médio de suas escolas é inferior tanto em matemática quanto em leitura. As despesas orçamentárias são maiores neste grupo, contudo, a diferença entre as médias não é estatisticamente significativa.

Além das tabelas descritivas citadas anteriormente, foram elaborados mapas com o objetivo de se ter uma referência visual da distribuição do tratamento de água e esgoto pelo Brasil, eles foram elaborados com os dados do ano de 2016. A Figura 1 mostra um mapa para a região Norte, aqui quanto mais próximo do azul escuro maior a cobertura dos serviços sanitários, além disso, ressalta-se que ao lado com a letra “a” mostra-se o atendimento de água e ao com a letra “e” o de esgoto. Este padrão é repetido para os mapas das demais regiões, exceto para o sudeste. Nesta figura é possível observar o fato de haver uma discrepância na declaração dos dados da cobertura dos serviços, sendo que além de possuir uma cobertura existe uma quantidade de municípios que não possuem dados para o esgoto.

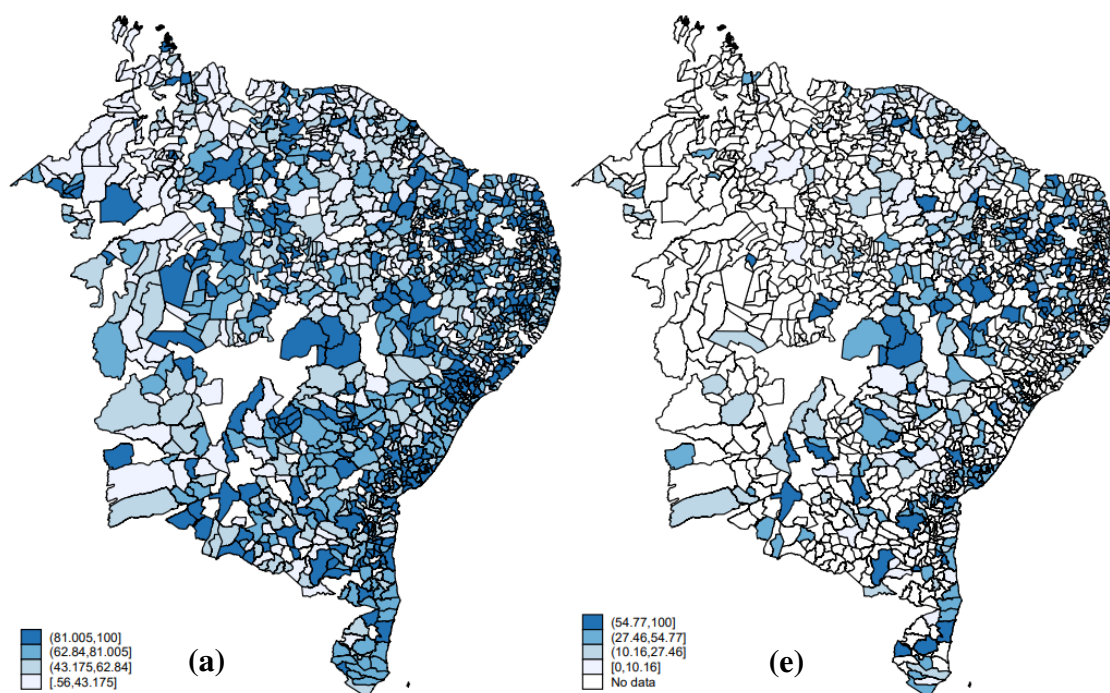
Figura 1 – Mapa da cobertura (%) de água e esgoto nos municípios da região norte



Fonte: elaboração própria com base no SNIS (2016)

Na Figura 2, pode-se observar o mapa da região Nordeste. Nele é possível verificar que assim como no norte há uma diferença nos dados para água e esgoto. Os municípios nordestinos possuem uma maior falta de dados de esgotamento assim como uma menor cobertura do serviço, já o atendimento dos serviços relacionados à água é mais bem difundido assim como há menor presença de cidades com dados faltantes.

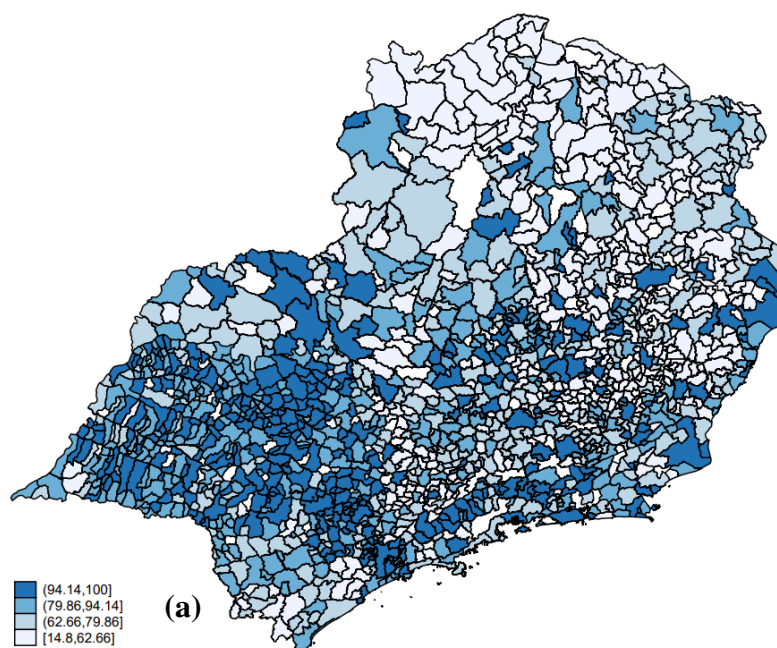
Figura 2 – Mapa da cobertura (%) de água e esgoto nos municípios da região Nordeste



Fonte: elaboração própria com base no SNIS (2016)

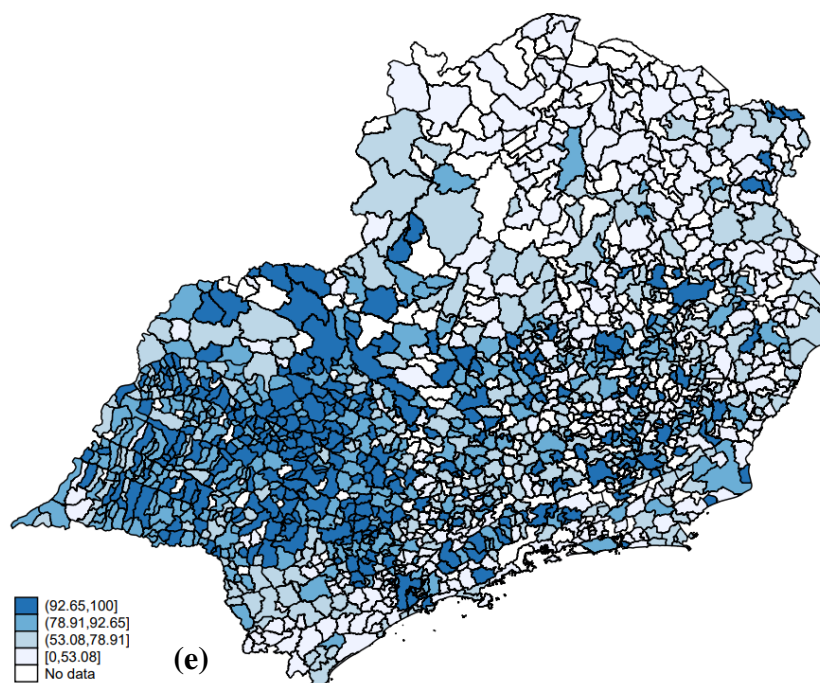
Devido a sua extensão, os mapas para a região Sudeste foram divididos em duas figuras. A primeira apresentada traz os dados para o atendimento de água ao passo que a segunda imagem mostra os de esgotamento sanitário. Em comparação as outras regiões apresentadas, esta possui a melhor situação de atendimento dos serviços. No entanto, semelhante ao padrão que vem sendo apresentado o serviço de esgoto possui uma cobertura menor e mais dados faltantes.

Figura 3 – Mapa da cobertura (%) de água nos municípios da região Sudeste



Fonte: elaboração própria com base no SNIS (2016)

Figura 4 – Mapa da cobertura (%) de esgoto nos municípios da região Sudeste

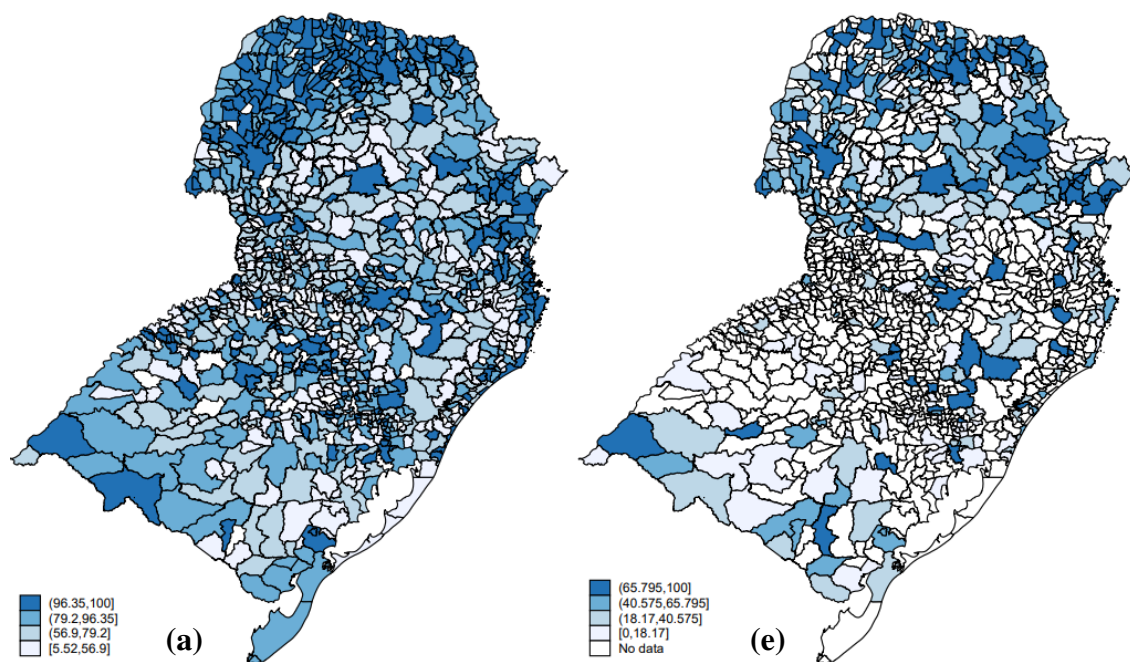


Fonte: elaboração própria com base no SNIS (2016)

A região sul está representada pela Figura 5 e o centro-oeste na Figura 6. Assim como nos mapas supracitados, os municípios da região sul possuem uma maior cobertura do serviço de água em relação ao de esgoto além do fato de que há maior ocorrência de cidades com

dados faltantes para este último. O mesmo comportamento também é observado para região centro com os serviços de esgotamento sanitário possuindo uma cobertura menor em relação aos de água bem como apresentando maior número de municípios com dados faltantes.

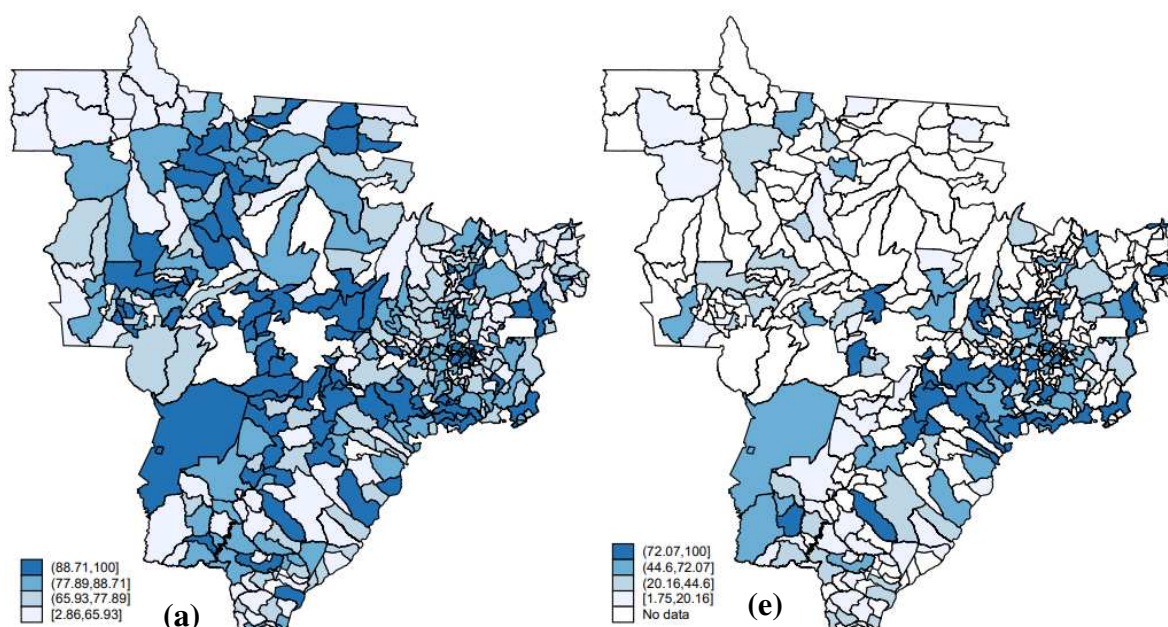
Figura 5 – Mapa da cobertura (%) de água e esgoto nos municípios da região Sul



Fonte: elaboração própria com base no SNIS (2016)

Observando os mapas reportados é possível perceber que as regiões norte e nordeste possuem uma menor cobertura de saneamento, particularmente de esgoto, que as demais do país. Também, tais regiões apresentam uma maior quantidade de municípios com dados faltantes em relação às demais.

Figura 6 – Mapa da cobertura (%) de água e esgoto nos municípios da região Centro-Oeste



Fonte: elaboração própria com base no SNIS (2016)

A presente subseção do trabalho trouxe estatísticas descritivas para as variáveis dependentes e de interesse do modelo em uma perspectiva para o Brasil e regional. Além disso, foram apresentadas estatísticas de diferenças de médias entre municípios que declaram ou não as informações de esgoto ao SNIS. Também foram estimadas estatísticas descritivas para as outras variáveis independentes incluídas nos modelos estimados a seguir, estas estão relatadas no Apêndice.

4.2. Resultados Econométricos e Discussão

Para verificar as hipóteses levantadas e perseguir o objetivo desta pesquisa, foram estimados dois modelos lineares, por meio de um estimador de Mínimos Quadrados em Dois Estágios com efeitos fixos de escola (MQ2E-EF), em que o consumo de energia elétrica *per capita* (watts), tanto no sistema de água como esgoto, foi utilizado como instrumento para a cobertura destes serviços. Para fins de comparação, o mesmo modelo foi estimado por meio dos estimadores de Mínimos Quadrados Ordinários (empilhado), MQ2E (empilhado) e Efeitos Fixos (EF). Em relação aos outros métodos de estimação, o MQ2E-EF consegue contornar as endogeneidades geradas por características municipais variantes ou não no tempo, vantagem do MQ2E, e por heterogeneidades não observadas que advêm das escolas,

ganho do modelo de Efeitos Fixos. Ressalta-se que todas as estimações foram realizadas para avaliar os efeitos do saneamento em leitura e matemática separadamente, além dos modelos terem sido ponderados com o objetivo de evitar o viés de seleção que pode ter sido gerado pelos valores faltantes para as variáveis de esgotamento. Todos os resultados estão reportados de maneira sucinta nas Tabelas 6 e 7 desta seção.

Ao analisar os resultados do saneamento municipal para a proficiência em matemática, percebeu-se que há uma diferença nos coeficientes no atendimento de água e o de esgoto. Enquanto para água todos apresentaram sinal negativo, para os serviços de esgotamento ocorreu o oposto. Em média, os municípios brasileiros conseguem atender 68,7% (2014) ou 69,8% (2016) de suas populações, assim, a adição de um ponto percentual (p.p.) a mais no índice de atendimento de água pode ter um efeito marginal negativo nas notas. Ainda, destaca-se que todos estes coeficientes possuem significância estatística apenas nas estimações sem a inclusão de efeitos fixos. A respeito da proficiência em leitura, o sinal foi positivo para o estimador de EF e negativo para os outros, sendo que somente houve significância para o MQO e o MQ2E.

Tabela 6 - Resultados para a proficiência em matemática.

Matemática	OLS	MQ2E	EF	MQ2E-EF
Índice de Atendimento de Água (%)	-0,345*** (0,0260)	-0,744*** (0,131)	-0,0234 (0,132)	-0,602 (0,688)
Índice de Atendimento de Esgoto (%)	0,0423*** (0,0138)	0,195* (0,102)	0,105* (0,0565)	0,867** (0,441)
Água de Rede Pública (<i>dummy</i>)	2,936* (1,550)	8,074*** (2,119)	-0,493 (3,249)	1,661 (3,348)
Esgoto de Rede Pública (<i>dummy</i>)	-0,693 (0,800)	-2,512 (1,799)	-1,074 (1,265)	-2,064 (1,324)
Banheiro Fora do Prédio (<i>dummy</i>)	-3,745*** (1,071)	-3,337*** (1,081)	1,712 (1,524)	2,343 (1,731)
Matrículas de Não Brancos (%)	-0,500*** (0,0137)	-0,489*** (0,0233)	-0,100*** (0,0364)	-0,0965** (0,0406)
Matrículas Femininas (%)	0,980*** (0,0953)	0,909*** (0,107)	0,315** (0,128)	0,348** (0,138)
Controles: Município e Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles: Área e Localização	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles: Macrorregiões	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeitos Fixos Por Escola	Não	Não	Sim	Sim
Constante	485,6*** (5,417)	507,1*** (9,281)		
	39.312	35.759	31.874	28.282
Observações				
R quadrado	0,384	0,375	0,879	-0,025
Estatística F	914,79	809,42	8,91	7,07
Testes de instrumento fraco (MQ2E-EF)				
Estatística F (Cragg-Donald)	35,749	Valor crítico a máximo de 10% de viés: 7,03		
Kleinberger-Paap	16,54			
Testes de instrumento fraco- Inferência Robusta (MQ2E-EF)				
Stock-Wright	4,92*			
Anderson-Rubin	2,58*			

Erros-padrão estão em parênteses.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fonte: Resultados da pesquisa.

De maneira oposta aos coeficientes estimados para o atendimento de água, todos aqueles estimados para a população atendida pelo serviço de esgotamento sanitário foram

positivos para o desempenho na avaliação de matemática. Ainda, ressalta-se que todos obtiveram significância estatística sendo de, respectivamente, 1% para o MQO, 10% para MQ2E e EF, e, por fim, 5% para o MQ2E-EF. Isso denota que possa haver uma relação positiva entre o aumento de 1 p.p. da cobertura do esgotamento sanitário municipal e as médias escolares das proficiências em matemática dos alunos. Entretanto, ao olhar para leitura verifica-se que a cobertura de esgoto possui sinais negativos para o MQ2E e Efeitos Fixos, porém esses resultados não são estatisticamente significantes assim como o MQO (este é positivo). Todavia, na média em leitura o resultado para o MQ2E-EF é estatisticamente significativo, a 10%, e positivo.

As variáveis que versam sobre o fato de as escolas possuírem ou não uma ligação conectada as redes públicas dos serviços de distribuição de água e esgotamento sanitário ajudam a controlar, de alguma maneira, o efeito do saneamento dos municípios. Isso ocorre, pois, pode haver um canal de transmissão por via da conexão das instituições de ensino com a rede de distribuição. Desta forma, por mais que haja um efeito do saneamento da cidade, este pode ser intermediado pela conexão da escola na rede pública de distribuição. Logo, estas variáveis constituem importantes controles. Todavia, caso seja constante no tempo ela é omitida ao aplicar-se o estimador de Efeitos Fixos. Esta situação pode ocorrer em algumas escolas, mas não em outras.

Os resultados da conexão da escola na rede pública de água apresentaram coeficientes negativos e significantes para o MQO e MQ2E em matemática. Entretanto, positivos e não significantes para as estimações com efeitos fixos. Esse fenômeno ocorreu da mesma forma nos resultados relacionados à média da proficiência escolar em leitura. Uma possibilidade para a perda de significância pode se dar pelo fato de poucas escolas terem realmente instalado a ligação ativa no decorrer do período e elas serem, justamente as mais socialmente vulneráveis. De maneira diferente, os resultados para a conexão da escola na rede pública de esgoto não se comportaram de forma similar em matemática e leitura. Relativos à matemática, os coeficientes estimados para rede de esgoto foram todos negativos e não significantes. Já para leitura, eles foram negativos para todas as estimações, com exceção do MQ2E, e significantes apenas no estimador de EF e MQ2E-EF.

Com relação aos resultados para a variável que aponta a presença dos banheiros da escola fora do prédio da instituição de ensino, tanto para leitura quanto matemática ocorreu o mesmo comportamento. Os coeficientes estimados foram negativos e estatisticamente significantes no MQO e MQ2E. Contudo, o sinal passou a ser positivo e sem significância quando foram inseridos os efeitos fixos nos modelos.

Tabela 7- Resultados para a proficiência em leitura.

Leitura	OLS	MQ2E	EF	MQ2E-EF
Índice de Atendimento de Água (%)	- 0,342*** (0,0258)	-0,749*** (0,138)	0,149 (0,0968)	-0,775 (0,623)
Índice de Atendimento de Esgoto (%)	0,0129 (0,0133)	-0,0133 (0,0968)	-0,0156 (0,0508)	0,715* (0,408)
Água de Rede Pública (<i>dummy</i>)	3,512** (1,553)	9,723*** (2,189)	-2,821 (3,190)	0,657 (2,486)
Esgoto de Rede Pública (<i>dummy</i>)	-1,129 (0,785)	0,0975 (1,723)	-2,248** (1,064)	-3,161*** (1,127)
Banheiro Fora do Prédio (<i>dummy</i>)	- 3,403*** (0,986)	-2,633*** (0,965)	1,000 (1,309)	1,636 (1,512)
Matrículas de Não Brancos (%)	- 0,420*** (0,0132)	-0,439*** (0,0222)	-0,112*** (0,0397)	-0,143*** (0,0386)
Matrículas Femininas (%)	1,125*** (0,0950)	1,042*** (0,107)	0,300*** (0,114)	0,288** (0,129)
Controles: Município e Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles: Área e Localização	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles: Macrorregiões	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeitos Fixos Por Escola	Não	Não	Sim	Sim
Constante	472,9*** (5,384)	501,8*** (9,782)		
Observações	39.312	35.759	31.874	28.282
R quadrado	0,374	0,355	0,889	-0,032
Estatística F	822,32	716,26	10,93	10,71
Testes de instrumento fraco (MQ2E-EF)				
Estatística F (Cragg-Donald):	35,749	Valor crítico a máximo de 10% de viés: 7,03		
Kleinberger-Paap:	16,54			
Testes de instrumento fraco- Inferência Robusta (MQ2E-EF)				
Stock-Wright:	4,92*			
Anderson-Rubin:	2,58*			

Erros-padrão em parênteses. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fonte: Resultados da pesquisa.

Ademais, foram incluídos nos modelos outros controles em nível de escola que não aqueles relacionados a condições sanitárias dentro destas. Estes se tratam de variáveis que

buscaram captar o perfil étnico e de gênero das instituições, elas correspondem, respectivamente, a taxa de matrículas de alunos não brancos e a de estudantes do sexo feminino. Estas estimações ocorreram como o esperado nas duas avaliações, sendo o efeito marginal negativo para a taxa de estudantes não brancos e o mesmo foi positivo para a taxa de alunas matriculadas. Ainda, destaca-se que todos obtiveram significância estatística.

Ao comparar os resultados com outros trabalhos da literatura apresentados anteriormente pode-se fazer algumas considerações. Diferente de Bellon e Lima (2022), cujos resultados para cobertura de esgoto foram não significantes, este estudo apresentou uma associação positiva e estatisticamente significativa entre aumentos na cobertura de esgoto e o desempenho medido em provas de proficiência. Todavia, o trabalho citado não contorna a endogeneidade de municípios e pode apresentar algum viés de confusão por não incluir nas estimações os efeitos fixos de escola.

Assim como Ortiz-Correa *et al.* (2016), a metodologia empregada aqui foi a de variáveis instrumentais. Entretanto, os autores utilizaram dados em nível de domicílio através do CENSO de 2010. Destaca-se que entre seus instrumentos havia um que correspondia ao fato dos domicílios possuírem acesso à eletricidade. Devido à natureza dos dados que utilizaram as variáveis correspondentes ao saneamento se tratavam do acesso do domicílio familiar às redes de esgoto e água. Os efeitos do acesso a ambos os serviços sanitários sobre os anos escolares completos das crianças vivendo nos respectivos domicílios foi positivo. De maneira oposta, os efeitos encontrados da variável de cobertura de água sobre a educação foram negativos. Isso pode ter ocorrido em decorrência das diferenças nos dados de saneamento utilizados. Contudo, de forma similar o resultado para esgoto foi positivo tanto neste estudo quanto no mencionado.

Scriptore e Azzoni (2018) também encontram um efeito positivo e significativo do saneamento sobre variáveis educacionais, taxa de matrículas, por meio de um modelo SDEM (*Spatial Error Durbin Model*). Este trabalho utiliza como variável de saneamento o fato dos domicílios presentes nos CENSOS de 2000 e 2010 possuírem ou não banheiro e acesso a rede água, os autores mensuram o acesso do saneamento municipal pelo percentual dos domicílios que têm acesso a rede de água e banheiro em casa. Por considerar o acesso a água pode-se dizer que os coeficientes estimados por eles vão à direção oposta aos mostrados nesta pesquisa. Em Scriptore *et al.* (2015), a mesma variável do trabalho de 2018 foi instrumentalizada com uma *dummy* que indicava a presença de uma prestadora privatizada no município e o efeito do saneamento foi positivo sobre a taxa de matrículas e negativo na distorção idade-série.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo objetivou estimar os efeitos do acesso ao saneamento sobre o desempenho educacional de escolas em uma avaliação que acessa as proficiências em alfabetização matemática e linguística de estudantes brasileiros. Para tanto, foram extraídos dados da Avaliação Nacional de Alfabetização (ANA), Censo Escolar, FINBRA e IBGE. Estas informações foram empregadas na construção de um painel de escolas utilizando os períodos em que esta avaliação foi aplicada, 2014 e 2016.

Para a realização do objetivo deste trabalho, foram empregadas como variáveis de saneamento o percentual da população municipal atendido pelos serviços de água e o percentual atendido pelos de esgoto. Entretanto a existência de uma possível endogeneidade com os indicadores municipais de saneamento demandou a utilização de variáveis instrumentais em uma estimação de Mínimos Quadrados em Dois Estágios e com efeitos fixos de escola. O emprego dos efeitos fixos buscou controlar possíveis heterogeneidades, não observáveis e invariantes no tempo, das escolas brasileiras.

A partir do estimador supramencionado, pode-se dizer que a principal hipótese do estudo não foi plenamente corroborada pelos resultados econométricos. Isto, pois, enquanto o coeficiente estimado para o serviço de esgoto aponta uma relação positiva e significativa com a média das escolas na prova de matemática e leitura, aquele calculado para a cobertura de água foi estatisticamente não significativa. Então, infere-se que a hipótese está parcialmente corroborada visto que, ela não pode ser rejeitada apenas no atendimento do esgotamento sanitário. Apesar de este resultado não ter sido o esperado, esta variável pode ser trabalhada em estudos futuros, por meio de medidas alternativas ou outras bases de dados que captem melhor o atendimento do serviço de água. Desta forma, tal disparidade de resultados pode estar relacionada à natureza dos dados do presente estudo já que não foram utilizados dados censitários a respeito da infraestrutura domiciliar das cidades brasileiras.

Os resultados para os controles da infraestrutura sanitária escolar são não significantes, a exceção da conexão da escola com a rede pública de água, para matemática e leitura. A respeito do resultado para a conexão da escola com a rede de distribuição dos serviços de água, seu coeficiente estimado é negativo e significativo para a prova de leitura. As relações estimadas para os controles socioeconômicos da escola apontaram sinais esperados nas duas provas, sendo negativa para a variável de taxa de matrículas de alunos não brancos e positiva para a taxa de matrículas estudantes meninas.

Este estudo possui limitações relativas aos dados que foram utilizados para as variáveis de saneamento. Uma delas é fato de que pode haver um viés decorrente da autodeclaração das informações por parte das prestadoras e dos municípios. Empregar informações a respeito dos domicílios brasileiros nos períodos de aplicação da ANA se forma como alternativa para futuros estudos dentro deste tema. Outro problema advém da não existência de informações individuais do contexto social e familiar dos alunos, como a prova foi aplicada a crianças que estavam no terceiro ano do fundamental, torna-se difícil obter estes dados por causa da idade dos estudantes. Apesar disso, esta pesquisa pode dar indicativos para formulação de políticas públicas educacionais ao apontar que estas talvez possam levar em consideração aspectos de infraestrutura urbana que afetam o desempenho cognitivo e formação de capital humano.

REFERÊNCIAS

AHMED, Jamil; WONG, Ping, Li; CHUA, Piaw, Li; HYDRIE, Lqbal, Zafar, Muhammad; CHANNA, Najeebullah. Drinking water, sanitation, and hygiene (WASH) situation in primary schools of Pakistan: the impact of WASH-related interventions and policy on children school performance. **Environmental Science and Pollution Research**. [s. l.], v. 29, 2021.

ABEBERESE, Ama Baafr. Electricity Cost and Firm Performance: evidence from india. **The Review Of Economics And Statistics**, [S.L.], v. 99, n. 5, p. 839-852, dez. 2017. MIT Press - Journals.

ANDUKIA, Anjali. Sanitation and Education. **American Economic Journal: Applied Economics**. [s. l.], v.9, n.2, p. 23-59, 2017.

ANGRIST, Joshua D.; KRUEGER, Alan B. Instrumental Variables and the Search for Identification: From Supply and Demand to Natural Experiments. **Journal of Economic Perspectives**. [s. l.], v. 15, n. 4, p. 69-85, 2001.

ANA- Avaliação Nacional de Alfabetização. **Microdados de 2014**. Brasília: INEP, 2023. Disponível em: <https://basedosdados.org/dataset/br-inep-ana?bdm_table=dicionario>. Acesso em: 17 fev. 2023.

ANA- Avaliação Nacional de Alfabetização. **Microdados de 2016**. Brasília: INEP, 2023. Disponível em: <https://basedosdados.org/dataset/br-inep-ana?bdm_table=dicionario>. Acesso em: 17 fev. 2023.

BELLON, Luiza L.; LIMA, Ana C.C.L. ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS, 20, 2022, Salvador. **Uma Análise Espacial da Relação Entre Saneamento Básico e Educação nos Municípios Brasileiros**. [S. l.: s. n.], 2022. 20 p.

CAMERON, Adrian C.; TRIVEDI, Pravin K. **Microeconometrics: Methods and Applications**. Nova Iorque: Cambridge University Press, 2005. 1034 p.

Censo Escolar. **Microdados de 2014**. Brasília: INEP, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/microdados/censo-escolar>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

Censo Escolar. **Microdados de 2016**. Brasília: INEP, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/microdados/censo-escolar>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

CHAITKIN, Michael et al. Estimating the cost of achieving basic water, sanitation, hygiene, and waste management services in public health-care facilities in the 46 UN designated least-developed countries: a modelling study. **Lancet Glob Health**, [s. l.], v.10, p. 840-848, 2022

CARNEIRO, Pedro Manuel; HECKMAN, James J. **Human Capital Policy**. [S. l.], 2003. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=434544. Acesso em: 20 abr. 2023.

CUNHA, Flávio; HECKMAN, James J.; LOCHNER, Lance; MASTEROV, Dimitriy V. Interpreting The Evidence on Life Cycle Skill Formation. In: HANUSHEK, Eric; WELCH, Finis. **Handbook of the Economics of Education**. [S. l.]: Elsevier, 2006. cap. 12, p. 698-747.

DAVIDSON, Russell; MACKINNON, James G. **Econometric Theory and Methods**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2004.

DREIBELBIS, Robert et al. Water, sanitation, and primary school attendance: A multi-level assessment of determinants of household-reported absence in Kenya. **International Journal of Educational Development**. [s. l.], v. 33, p. 457-465, 2013.

FEDERAL, Senado. **Proposta de Emenda à Constituição n° 2, de 2016**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/124779>. Acesso em: 14 fev. 2023

FINBRA- Finanças do Brasil. **Dados de 2014**. Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional, 2023. Disponível em: < <https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/index.jsf>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

FINBRA- Finanças do Brasil. **Dados de 2016**. Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional, 2023. Disponível em: < <https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/index.jsf>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

GARN, Joshua V. et al. A cluster-randomized trial assessing the impact of school water, sanitation, and hygiene improvements on pupil enrollment and gender parity in enrollment. **Journal of water, sanitation, and hygiene for development : a journal of the International Water Association**. [S. l.], p. 1-15, 2013.

GERUSO, Michael; SPEARS, Dean. Neighborhood Sanitation and Infant Mortality. **American Economic Journal: Applied Economics**. [s. l.], v. 10, 2018.

GLEWWE, Paul; MIGUEL, Edward A. THE IMPACT OF CHILD HEALTH AND NUTRITION ON EDUCATION IN LESS DEVELOPED COUNTRIES. In: SCHULTZ, T. Paul; STRAUSS, John A. **Handbook of Development Economics**. [S. l.: s. n.], 2007. cap. 56, p. 3562-3604.

HAMMER, Jeffrey; SPEARS, Dean. Village sanitation and child health: Effects and external validity in a randomized field experiment in rural India. **Journal of Health Economics**. [s. l.], v. 48, p. 135-148, 2016.

HANUSHEK, Eric A. Conceptual and Empirical Issues in the Estimation of Educational Production Functions. **The Journal of Human Resources**. [s. l.], v. 14, n. 3, 1979.

IMBENS, Guido W; WOOLDRIDGE, Jeffrey M. Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation. **Journal Of Economic Literature**, [S.L.], v. 47, n. 1, p. 5-86, 1 mar. 2009. American Economic Association.

JASPER, Christian; LE, Thanh-Tham; BARTRAM, Jamie. Water and sanitation in schools: a systematic review of the health and educational outcomes. **International journal of environmental research and public health**. [s. l.], v. 9, p. 2772-2787, 2012.

MEDEIROS, Rodrigo de Vasconcellos Viana. **Saúde e Saneamento: Efeitos da Eficiência e da Desigualdade de Acesso aos Serviços Sobre a Saúde de Crianças Brasileiras**. 2022. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. [S.l.]: Jaqueline Moll, 2013. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 10 maio 2023.

MURPHY, Kevin M.; TOPEL, Robert H. Estimation and Inference in Two-Step Econometric Models. **Journal of Business & Economic Statistics**. [s. l.], v. 3, n. 4, p. 370-379, 1985.

NACIONAL, Congresso. **Proposta de Emenda à Constituição nº 2, de 2016**. Brasília, 2023. Disponível em: <<https://www.congressonacional.leg.br/materias/materias-bicamerais/-/ver/pec-2-2016-sf>>. Acesso em: 10 fev. 2024

NARZETTI, Daniel Antonio; MARQUES, Rui Cunha. **Access to Water and Sanitation Services in Brazilian Vulnerable Areas: the role of regulation and recent institutional reform**. *Water*, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 787, 13 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Investing in Water and Sanitation: Increasing , Access, Reducing Inequalities: UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water GLAAS 2014**. [S. l.], 2014. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/143953/WHO_FWC_WSH_14.01_eng.pdf;jsessionid=599D91BA9D456389EBD91C2341143420?sequence=2. Acesso em: 10 maio 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS), UNITED NATIONS INTERNATIONAL CHILDREN'S EMERGENCY FUND (UNICEF). **State of The World's Sanitation**. UNICEF, OMS, Nove Iorque, 2020.

ORGILL-MEYER, Jennifer. Interaction of village and school latrines on educational outcomes in India. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**. [s. l.], v. 10, p. 618–627, 2020.

ORGILL-MEYER, Jennifer; PATTANAYAK, Subhrendu K. Improved sanitation increases long-term cognitive test scores. **World Development**. [s. l.], v. 132, p. 1-20, 2020.

ORTIZ-CORREA, Javier S.; FILHO, Moisés R.; DINAR, Ariel. Impact of access to water and sanitation services on educational attainment. **Water Resources and Economics**, [s. l.], v. 14, p.31-43, 2016.

PAPADOGONAS, Theodore; MYLONAKIS, John; GEORGOPOULOS, Demosthenes. Energy consumption and firm characteristics in the Hellenic manufacturing sector.

International **Journal Of Energy Technology And Policy**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 89, 2007. Inderscience Publishers.

PEREIRA, Mariana de Souza et al. Sanitation and water services: Who is the most efficient provider public or private? Evidences for Brazil. **Socio-Economic Planning Sciences**. [s. l.], v. 79, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0038012121001415?token=3A9D75A8F74A635A41F4F2422230580D1B62903F71485CF9DC46A5235782D299AAC485A225D6CA906291E7E00E9D56BB&originRegion=us-east-1&originCreation=20230518151104>. Acesso em: 13 maio 2023.

PNSB- PESQUISA NACIONAL DO SANEAMENTO BÁSICO. **Microdados de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=destaques>. Acesso em: 16 fev. 2023.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA SECRETARIA-GERAL SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. **Lei nº 14.026, de 15 de junho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento. [S. l.], 2020.

Produto Interno Bruto dos Municípios. **Dados de 2014**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>. Acesso em: 19 jun. 2023.

Produto Interno Bruto dos Municípios. **Dados de 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ROSENBAUM, Paul R.; RUBIN, Donald B.. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, [S.L.], v. 70, n. 1, p. 41-55, 1983. Oxford University Press (OUP).

SCLAR, G. D. et al. Effects of sanitation on cognitive development and school absence: a systematic review. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**. [s. l.], v. 220, p. 917-927, 2017.

SCRIPTORE, Juliana; AZZONI, Carlos. A spatial estimation of the impacts of sanitation on education. **Regional Science Policy & Practice**, [s. l.], v. 12, p.159-166, 2018.

SCRIPTORE, Juliana. **Impactos do Saneamento Sobre a Educação: Uma Análise Espacial**. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo (USP). São Paulo. 2016.

SCRIPTORE, Julina; AZZONI, Carlos R.; FILHO, Naércio A. M. **Saneamento Básico e Indicadores Educacionais no Brasil**. São Paulo: USP, 2015. (Texto para Discussão, n. 28).

SNIS- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES DO SANEAMENTO. **Dados de 2014**. Brasília: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: <https://basedosdados.org/dataset/2a543ad8-3cdb-4047-9498-efe7fb8ed697?table=df7cf198-4889-4baf-bb77-4e0e28eb90ca>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SNIS- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES DO SANEAMENTO. **Dados de 2016**. Brasília: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: <
<https://basedosdados.org/dataset/2a543ad8-3cdb-4047-9498-efe7fb8ed697?table=df7cf198-4889-4baf-bb77-4e0e28eb90ca>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

TEIXEIRA, Lucas I. **Evidências empíricas das políticas de saneamento básico sobre indicadores de saúde para municípios brasileiros**. Orientador: Enlison Mattos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, [S. l.], 2011.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M.. Correlated random effects models with unbalanced panels. **Journal Of Econometrics**, [S.L.], v. 211, n. 1, p. 137-150, jul. 2019. Elsevier BV.

ZHANG, Jing; XU, Lixin C. The long-run effects of treated water on education: The rural drinking water program in China. **Journal of Development Economics**, [s. l.], v. 122, p.1-15, 2016.

APÊNDICE A- Variáveis e tabelas adicionais

Quadro 1- Variáveis utilizadas no modelo estimado

Nome da variável	Significado	Fonte	Unidade
<i>Esgoto</i>	Percentual da população atendida pelos serviços de esgoto (índice IN056).	SNIS	Percentual
<i>Água</i>	Percentual da população atendida pelos serviços de água (índice IN055).	SNIS	Percentual
<i>Eletricidade_água</i>	Consumo de energia elétrica dos municípios nos sistemas de água	SNIS	Watts hora/ano/per capita
<i>Eletricidade_esgoto</i>	Consumo de energia elétrica dos municípios nos sistemas de esgoto	SNIS	Watts hora/ano/per capita
Controles para Município			
<i>pib_pc</i>	PIB <i>per capita</i> municipal.	IBGE	R\$/ <i>per capita</i>
<i>desp_saude_pc</i>	Gastos <i>per capita</i> em saúde do município.	FINBRA	R\$/ <i>per capita</i>
<i>desp_educ_pc</i>	Gastos <i>per capita</i> em educação do município.	FINBRA	R\$/ <i>per capita</i>
Controles e saneamento escolares			
<i>muito_baixo</i>	1 = se a escola possuir o nível socioeconômico muito baixo; 0 = caso contrário.	ANA	<i>Dummy</i>
<i>baixo</i>	1 = se a escola possuir o nível socioeconômico baixo; 0 = caso contrário.	ANA	<i>Dummy</i>
<i>medio_baixo</i>	1 = se a escola possuir o nível socioeconômico médio baixo; 0 = caso contrário.	ANA	<i>Dummy</i>
<i>medio_alto</i>	1 = se a escola possuir o nível socioeconômico médio alto; 0 = caso contrário.	ANA	<i>Dummy</i>
<i>alto</i>	1 = se a escola possuir o nível socioeconômico alto; 0 = caso contrário.	ANA	<i>Dummy</i>
<i>muito_alto</i>	1 = se a escola possuir o nível socioeconômico muito alto; 0 = caso	ANA	<i>Dummy</i>

	contrário.		
<i>rural</i>	1 = se a escola estiver em zona rural; 0 = caso contrário.	ANA	<i>Dummy</i>
<i>interior</i>	1 = se a escola estiver no interior do estado; 0 = caso esteja na capital.	ANA	<i>Dummy</i>
<i>regiao</i>	Região do Brasil que a escola pertence.	ANA	<i>Dummies</i>
<i>agured</i>	1 = se a escola estiver conectada a rede de água; 0 = caso contrário.	Censo Escolar	<i>Dummy</i>
<i>esgred</i>	1 = se a escola estiver conectada a rede de esgoto; 0 = caso contrário.	Censo Escolar	<i>Dummy</i>
<i>mat_nbran</i>	Proporção de estudantes não brancos matriculadas na educação básica.	Censo Escolar	Percentual
<i>mat_fem</i>	Proporção de meninas matriculadas na educação básica.	Censo Escolar	Percentual

Tabela 8- Estatísticas descritivas para as demais variáveis independentes municipais e escolares.

	Média		Desvio Padrão		Mediana		Mín.		Máx.	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Água de Rede Pública (<i>dummy</i>)	0,81	0,83	0,39	0,38	1	1	0	0	1	1
Esgoto de Rede Pública (<i>dummy</i>)	0,50	0,53	0,50	0,50	1	0	0	0	1	1
Banheiro Fora do Prédio	0,09	0,09	0,29	0,29	0	0	0	0	1	1
Matrículas de Não Brancos (%)	68,6	66,4	25,1	26,4	75,5	73,0	0	0	100	100
Matrículas Femininas (%)	48,1	48,1	3,8	3,8	48,2	48,2	20	0,88	100	100
Muito Baixo (<i>dummy</i>)	0,01	0,01	0,10	0,10	0	0	0	0	1	1
Baixo (<i>dummy</i>)	0,1	0,1	0,3	0,3	0	0	0	0	1	1
Médio Baixo (<i>dummy</i>)	0,2	0,2	0,4	0,4	0	0	0	0	1	1
Médio (<i>dummy</i>)	0,2	0,2	0,4	0,4	0	0	0	0	1	1
Médio Alto (<i>dummy</i>)	0,4	0,4	0,5	0,5	0	0	0	0	1	1
Alto (<i>dummy</i>)	0,1	0,1	0,3	0,3	0	0	0	0	1	1
Muito Alto (<i>dummy</i>)	0,002	0,001	0,04	0,04	0	0	0	0	1	1
Despesas em Saúde (<i>per capita</i>)	585,2	671,1	276,5	304,7	517,4	597,2	0,3	23,2	3.375,2	3.981,7
Despesas em Educação (<i>per capita</i>)	718,4	833,1	266,9	313,4	676,7	787,6	56,0	19,2	3.032,2	5.957,3
PIB (<i>per capita</i>)	19.062,5	21.921,3	22.203,3	20.497,1	14.233	17.036,2	3.081,721	4.574,7	815.697,8	364.529,3
Energia nos Sistemas de Água (watt hora/ano/ <i>per capita</i>)	46,1	47,5	58,7	64,5	33,7	34,9	0	0	1.459,9	1.631,8
Energia nos Sistemas de Esgoto (watt hora/ano/ <i>per capita</i>)	7,0	7,2	22,1	23,0	1,5	1,8	0	0	578,1	582,1

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados

Tabela 9- Resultados para a proficiência em matemática sem a correção por escore de propensão.

Matemática	MQO	MQ2E	EF	MQ2E-EF
Índice de Atendimento de Água (%)	-0,420*** (0,0139)	-0,744*** (0,0933)	-0,0545 (0,0478)	-1,459** (0,711)
Índice de Atendimento de Esgoto (%)	0,126*** (0,00881)	0,129 (0,0824)	0,103*** (0,0318)	1,114* (0,576)
Água de Rede Pública (<i>dummy</i>)	4,302*** (0,762)	6,727*** (0,976)	0,557 (1,812)	0,986 (2,005)
Esgoto de Rede Pública (<i>dummy</i>)	0,378 (0,532)	0,630 (1,317)	-1,095 (1,035)	-2,044* (1,111)
Banheiro Fora do Prédio (<i>dummy</i>)	-3,279*** (0,645)	-3,515*** (0,677)	0,978 (1,218)	1,583 (1,382)
Matrículas de Não Brancos (%)	-0,460*** (0,0107)	-0,475*** (0,0200)	-0,129*** (0,0282)	-0,139*** (0,0335)
Matrículas Femininas (%)	0,912*** (0,0551)	0,880*** (0,0583)	0,307*** (0,0797)	0,372*** (0,0880)
Controles: Município e Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles: Área e Localização	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles: Macrorregiões	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeitos Fixos Por Escola	Não	Não	Sim	Sim
Constante	491,6*** (3,178)	513,7*** (5,552)		
Observações	3.312	35.759	3.874	28.282
R-quadrado	0,387	0,389	0,880	-0,059
Estatística F	1076,25	985,93	11,71	8,94

Erros-padrão em parênteses. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados.

Tabela 10- Resultados para a proficiência em leitura sem a correção por escore de propensão.

Leitura	MQO	MQ2E	EF	MQ2E-EF
Índice de Atendimento de Água (%)	-0,439*** (0,0137)	-0,748*** (0,0937)	0,0846* (0,0448)	-1,435** (0,676)
Índice de Atendimento de Esgoto (%)	0,104*** (0,00872)	-0,0605 (0,0827)	0,000732 (0,0298)	1,075** (0,548)
Água de Rede Pública (<i>dummy</i>)	4,437*** (0,755)	7,392*** (0,980)	-0,598 (1,701)	0,904 (1,904)
Esgoto de Rede Pública (<i>dummy</i>)	0,262 (0,527)	3,232** (1,323)	-2,397** (0,972)	-3,205*** (1,055)
Banheiro Fora do Prédio (<i>dummy</i>)	-2,315*** (0,639)	-2,321*** (0,680)	1,221 (1,143)	2,028 (1,313)
Matrículas de Não Brancos (%)	-0,373*** (0,0106)	-0,423*** (0,0201)	-0,140*** (0,0264)	-0,174*** (0,0318)
Matrículas Femininas (%)	1,048*** (0,0545)	1,031*** (0,0585)	0,292*** (0,0748)	0,346*** (0,0836)
Controles: Município e Ano	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles: Área e Localização	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles: Macrorregiões	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeitos Fixos Por Escola	Não	Não	Sim	Sim
Constante	Sim 482,1*** (3,147)	Sim 507,6*** (5,577)	Sim	Sim
Observações	39.312	35.759	31.874	28.282
R-quadrado	0,363	0,349	0,885	-0,079
Estatística F	974,94	864,55	17,43	14,33

Erros-padrão em parênteses. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados.