80 - ANÁLISE DE INVESTIMENTOS ALOCADOS E MORTALIDADE INFANTIL NOS MUNICÍPIOS DO LITORAL NORTE DO ESTADO SÃO PAULO ENTRE OS ANOS DE 2000 A 2020

Paula Guimarães de Almeida Veiga[(1)]
Doutoranda em Economia do Desenvolvimento pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul e aluna especial pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto - USP. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Taubaté; graduada em Ciências Biológicas pela Universidade do Vale do Paraíba.
Pedro Rogério de Almeida Veiga[(2)]
Aluno Especial do Programa de Doutorado de Economia do Desenvolvimento pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto - USP; Mestre em Planejamento e Desenvolvimento Regional pela Universidade de Taubaté - UNITAU; MBA em Saneamento Ambiental pela Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo - FESPSP; Pós Graduado em Segurança do Trabalho pela Universidade Cruzeiro do Sul - UNICSUL; Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP

Endereço[(1)]**:** Avenida Cardeal, 202 – Jardim Gaivotas – Caraguatatuba – 11.673-460 - Brasil - Tel: +55 (12) 981301760

O estudo tem por objetivo investigar a relação de investimentos em saneamento básico para os municípios do Litoral Norte do estado de São Paulo. Os dados utilizados na respectiva análise, são oriundos do banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Fonte de dados como IBGE e SEADE (Fundação Sistema Nacional de Análise de Dados) auxiliaram numa melhor amostragem, no período contemplado, sendo de 2000 a 2020. Foram feitas estimativas e regressões através de dados de painel, com especificações que envolveram controle de efeitos fixos e efeitos aleatórios, tendo o pressuposto da autocorrelação. Os efeitos apontaram uma relação positiva entre uma maior alocação de investimentos na área com a redução na mortalidade infantil, além de confirmar a essencialidade na qualidade de água para a saúde da população, reforçando a adoção de investimentos substanciais no setor e políticas públicas.

PALAVRAS-CHAVE: Investimentos, Saneamento básico, Mortalidade infantil.

INTRODUÇÃO

Tem-se o saneamento básico, como condição as atividades essenciais ao desenvolvimento econômico, social e ambiental de um país, relacionando assim as questões de saúde pública, visando à mitigação de patologias associadas à veiculação hídrica. O acesso a este tipo de serviço torna-se condição fundamental na infraestrutura urbana, tendo a sua contribuição direta ao bem-estar da sociedade de uma forma geral (Rodrigues et al. 2019). Para Pinheiro, Savoia e Ângelo (2016), existem fatores primordiais para o desenvolvimento de uma economia e eles servem de pilares da qualidade de vida, sendo: a extensão e a qualidade da infraestrutura dos serviços de água e esgoto. Já para Cândido (2013), o saneamento básico é caracterizado pela promoção de infraestrutura adequada ao abastecimento de água, recolhimento e posterior tratamento do esgotamento sanitário.

Para Scriptore e Toneto Junior (2012), o acesso ao saneamento básico é um direito fundamental a todos, apresentando inúmeras externalidades as quais impactam de forma direta a saúde pública, o meio e áreas homólogas. Desta forma, os investimentos em saneamento básico se traduzem em um ponto estratégico para o desenvolvimento econômico.

Autores correlacionam os efeitos particulares da ausência ou precariedade dos serviços, justificando a sua essencialidade. Galdo e Briceño (2005) denotaram casos no Equador, onde a falta de investimentos reduziram a qualidade de vida da população, impactando de forma direta as condições de saúde das crianças, enquanto Jalan e Ravallion (2001), demonstraram estudos para a Índia, e por fim Checkley et al. (2004), concluíram as mesmas condições para o Peru. Nessa mesma linha, Watson (2006), ao avaliar uma política de saneamento em uma localidade indígena nos Estados Unidos, encontrou uma redução significativa de aproximadamente 51% da mortalidade infantil na localidade. Já para o cenário brasileiro um dos grandes pioneiros a referência faz-se para Merrick (1985), o qual utilizou dados do Censo de 1970 e da Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios (PNAD) de 1976.

Oriundo a esses pensamentos a mitigação da desigualdade no acesso aos serviços de saneamento básico tem se tornado uma meta de política pública e com o intuito de romper barreiras que impeçam a universalização torna-se necessário a ampliação do acesso a população, em especial, em áreas rurais, municípios de baixo desenvolvimento humano e pequeno porte, áreas periféricas, urbanização informal e de certa forma precária (IPEA, 2010). Mendonça e Motta (2007) justificam através e por meio da literatura a viabilidade econômica de investimento em saneamento, ao invés de gastos defensivos com a saúde populacional para tratar doenças relacionadas à ausência deste tipo de serviço. Scriptore (2016) denota que, além de investimentos nesse setor, poupar vidas em especial de crianças e evitar gastos relativos à cura de diversas doenças infectocontagiosas, é um fator importante para acumulação de capital humano em um espaço longo de tempo. Os serviços levam a uma melhoria na qualidade de vida, sobretudo na saúde, e na mortalidade infantil, assim como na melhoria do desempenho escolar e acúmulo de capital humano.

Para Sousa e Leite Filho (2008), a taxa de mortalidade infantil representa um indicador de confiabilidade referente a qualidade de vida e do status da saúde da população, por estimar o número de crianças que sobreviverão ao seu primeiro ano de vida. Isso se dá, porque a população infantil é a mais susceptível a doenças e em consequência a mortandade devido às precárias condições de saneamento básico. Esrey et al (1985), Cutler e Miller (2005), Jalan e Ravallion (2003), Teixeira et al. (2012), demonstram na literatura internacional a importância do saneamento básico sobre os indicadores de saúde. Observando em todo o seu contexto histórico, essa estrutura do saneamento básico vem absorvendo destaque em várias esferas nas últimas décadas, e vem tentando promover assim como pautar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), postulados em 2015 pela Organização das Nações Unidas. Estas tiveram como preceitos diversos objetivos, tais como: inibição de pobreza, a promoção da saúde, o bem-estar, proteção do meio ambiente e enfrentamento as inúmeras intempéries do meio, focando assim suas perspectivas até o ano de 2030.

Desta forma, buscou-se a relação de investimento contábil alocado ao setor de saneamento básico, associado a redução da mortalidade infantil numa série temporal nos municípios do Litoral Norte, do estado de São Paulo.

OBJETIVOS

Relacionar o investimento contábil alocado ao setor de saneamento básico, associando aos índices de redução da mortalidade infantil numa série temporal nos municípios do Litoral Norte, do estado de São Paulo.

REFERENCIAL TEÓRICO

As inúmeras situações e interpretações sobre as condições sanitárias no Brasil, não são um contexto de fácil entendimento, visto as conjunturas mais perversas, relacionadas às desigualdades que persistem e interpelam há décadas. Embora seja nítido em muitos aspectos os avanços ocorridos em relação aos serviços atrelados ao saneamento básico, dados demonstram estatisticamente a existência de 768 milhões de pessoas sem acesso as condições mínimas a água potável para o consumo humano (WHO – UNICEF, 2014 apud SCRIPTORE, 2016).

Com isso tem-se que as ações de saneamento visam manter as condições do meio propícias a promoção do bem-estar de todo ser humano e garantir interferências mínimas em sua saúde (SNIS, 2021). Madeira (2010) cita que investimentos visando o fornecimento de água de melhor qualidade e com um tratamento eficiente reduz os riscos de transmissibilidade de doenças, mitigando gastos de ordem pública e perfazendo com que estes em médio prazo reduzam gastos na saúde pública. Scherrer et al. (2023), relata que a compreensão entre áreas como saneamento básico, meio ambiente, assim como saúde pública revelam-se um forte ponto de planejamento de sistemas de saneamento em centros urbanos. Desta forma, as condições de infraestrutura, podem vir a constituir um forte indicador das condições do desenvolvimento, propiciando que a sua ausência ou debilidade em áreas pode vir a causar certas situações quanto ao desenvolvimento.

A literatura remete que a Constituição Federal de 1988 precedeu o surgimento da expressão "saneamento básico", sendo esta prevista em três passagens, em seus artigos 21, 23 e 200. Os artigos são assim definidos:

> i) artigo 21, XX, atribui à União a competência para "instituir diretrizes para o desenvolvimento urbanos, inclusive habilitação, saneamento básico e transportes urbanos";
> ii) artigo 23, IX, no qual prevê ser competência comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios a promoção de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico"; e
> iii) artigo 200, IV, quando expõe que compete ao Sistema Único de Saúde de Saúde (SUS), nos termos da Lei, "participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico".

Justifica-se desta forma que os respectivos serviços associados ao serviço de saneamento básico abrangem: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, assim como drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Ratifica-se que estes serviços estão totalmente interligados à qualidade de vida da população que está envolta no ambiente em que vive.

Segundo o Instituto Trata Brasil (2017), o termo saneamento básico é o conjunto de medidas que visa preservar ou conservar as condições do meio ambiente, com finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população, assim como a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica.
Em concomitância aos respectivos serviços, a Lei 11.445/07, incluem os respectivos serviços:

> [...] "abastecimento de água, que inclui as atividades, infraestruturas e instalações utilizadas para abastecimento público de água potável, desde o momento da captação até as ligações nos domicílios; coleta de esgoto, que abarca as atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários, desde as ligações domiciliares até o seu lançamento no meio-ambiente; limpeza pública e manejo de resíduos sólidos, que inclui atividades, infraestruturas e instalações que envolvam a coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e proveniente das ruas; drenagem e condução das águas de chuva, que consiste das atividades, infraestruturas e instalações de drenagem urbana das águas pluviais, com posterior tratamento e disposição final."

Em associação aos serviços, os temas de saneamento, saúde pública e meio ambiente estão intimamente interligados. A literatura sobre o tema, retrata vários assuntos relacionados ao saneamento básico com o aumento da qualidade de vida da população, no que tange à promoção de melhorias na saúde de crianças, com a mitigação da mortalidade infantil e de doenças causadas por veiculação hídrica. Montgomery e Elimelech (2007) demonstram em estudos, áreas como nos Estados Unidos e na Europa, onde existe uma quase universalização dos serviços, a redução das doenças correlacionadas a tal prestação de serviços; e em países em desenvolvimento, ocorrem diversos aspectos relacionados a carência do respectivo serviço, e a população fica mais vulnerável e exposta as doenças de veiculação hídrica. Os efeitos de intervenções decorrentes de um sistema de abastecimento são

geralmente positivos, por geralmente estar associado à melhoria e bem-estar da população e quando se relaciona as questões de conflitos entre meio ambiente e crescimento traduz-se, em especial, pela degradação dos recursos renováveis. Ocorrendo a degradação desse recurso renovável e associando que muitas doenças se relacionam com o controle inadequado da água, o conceito de saneamento conjectura-se então aos fatores do meio físico, mental e social, associando a um conjunto de ações socioeconômicas as quais têm por objetivo e visam alcançar a salubridade ambiental (OMS, 2008). Desta forma, tem-se que o saneamento básico é um serviço de natureza essencial, e sua importância começa na garantia da saúde da pessoa a qual recebe água potável, alcançando assim o objetivo da salubridade ambiental (SCHERRER et al. 2023). Com isso a problemática dos resíduos gerados pelas atividades humanas, podem vir a agregar de forma negativa nas condições sanitárias da população.

No Brasil, a necessidade de se integrar o conhecimento disponível, visando à tomada de decisões do setor de saúde, tornando-o mais eficiente no controle e prevenção de doenças, fez com que o Ministério da Saúde e a Organização Pan-americana da Saúde iniciassem na década de 1990, a implantação de uma agenda conjunta de ampliação de indicadores de saúde do ambiente, entrando no escopo do Sistema Único de Saúde (SUS). Estudos econométricos realizados e citados por Mendonça e Motta (2005), estimaram um custo médio e significativo em salvar uma vida para determinados tipos de serviços, tais como: saneamento, educação e saúde pública, e com isto conquistaram importantes conclusões. A literatura apresentou vantajosidade de investimentos no quesito saneamento, considerando que o acesso aos serviços, são medidas preventivas que, além das externalidades positivas ao meio ambiente não contabilizado, pode vir também a mitigar riscos as inúmeras doenças.
Quanto aos fatores associados à mortalidade infantil em consonância ao saneamento básico, foi observado ser bom indicador da qualidade de vida e associado ao status da saúde da população, visto ser um estimador ao número das crianças que sobrevivem aos primeiros anos de vida (Sousa e Filho, 2008).

Scherrer et al. (2023), enfatizaram a importância associada do saneamento e educação, ratificando o que Alves e Beluzzo (2004), também relataram quanto a melhoria do saneamento básico, a maior renda e o crescimento econômico propiciavam a redução da mortalidade na amostragem dos períodos de 1970 a 2000. Ambas as pesquisas estimaram dados em painel por efeitos fixos, além de utilizar painéis dinâmicos propostos por Arellano e Bond (1991) para lidar com o suposto problema de endogeneidade nos modelos, já que o avanço do saneamento poderia predominar em áreas com baixa qualidade de vida e saúde, podendo gerar causalidade inversa. No que tange às doenças, Ersey et al. (1991), realizaram estudos em diversos campos avaliando o impacto do acesso ao saneamento básico sobre inúmeras doenças retratadas na literatura e concluiu que melhorias neste propiciou redução efetiva, em algumas doenças de veiculação hídrica. O estudo como Silva et al. (2021), investigou os efeitos do acesso às condições de saneamento no Brasil sobre os índices de mortalidade infantil e mortalidade na infância. Através de dados em painel, os resultados mostraram que condições inadequadas de saneamento aumentam a mortalidade infantil e sugeriu-se que políticas públicas podem melhorar, assim como uma maior abrangência do saneamento de forma adequada pode vir a causar externalidades positivas nas abrangências vizinhas. Silva e Esperidião (2017), remete que em análise dos impactos do saneamento básico sobre a mortalidade infantil e o desenvolvimento econômico dos estados do Nordeste, foram feitos estudos demonstrando que investimento em abastecimento de água e esgotamento sanitário podem reduzir tanto a mortalidade infantil quanto as desigualdades sociais. Já Teixeira e Guilhermino (2006), avaliaram a associação entre as condições de saneamento e saúde nos estados brasileiros, utilizando dados secundários do banco de dados "Indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2003"(IDB, 2003) do Ministério da Saúde e chegaram a conclusão que a mortalidade infantil, doença diarreica em crianças menores de cinco anos e doenças infecciosas e parasitárias para todas as idades podem vir a ser reduzidas, através do aumento de cobertura populacional nas redes de abastecimento de água e por meio de esgotamento sanitário.

Associando esses pontos a Organização Mundial da Saúde - OMS (2008), norteou o saneamento básico como um serviço público de natureza essencial, cuja importância começa na garantia da saúde da pessoa que recebe o bem. Com isso, a água potável, e o tratamento permitem a manutenção de um meio ambiente urbano limpo e salubre.
Em um contexto e cenário brasileiro, nota-se uma deficiência relacionada a oferta dos serviços em muitas localidades, ocasionadas pelas incertezas institucionais que envolvem o setor. Para Saiani (2006), o déficit de acesso aos serviços pode vir a estar relacionado ao perfil de renda dos consumidores, sendo geralmente associado as concentrações populacionais, onde tendem a gerar custos reduzidos à medida que aumentam o tamanho da população a ser reduzida.

MATERIAIS E MÉTODOS

Considerou-se as fontes para a formulação de dados, cumprindo por meio e através de um painel de dados, que conteve as informações socioeconômicas, as características de distribuição de água e indicadores de saúde, visando assim, identificar a sensibilidade da taxa de mortalidade infantil em relação aos investimentos contábeis alocados ao saneamento básico. As variáveis coletadas foram todas para o mesmo período, ou seja, de 2000 a 2020 e para os municípios do Litoral Norte, ou seja, Caraguatatuba, São Sebastião, Ubatuba, Ilhabela e Bertioga.

Visando a obtenção de dados para posterior compilação de informações e caracterização referente às variáveis coletadas, as informações dos municípios do estado e saneamento básico foram retiradas do banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Fonte de dados como IBGE e SEADE (Fundação Sistema Nacional de Análise de Dados) puderam ser utilizadas objetivando uma melhor amostragem.

As escolhas das variáveis que fizeram a composição para o respectivo artigo foram baseadas de acordo com a literatura, em especial considerando as informações disponíveis aos dados para sua formulação. As variáveis analisadas neste estudo foram:

- ✓ Taxa de Mortalidade Infantil (dependente);
- ✓ Número de óbitos de crianças menores de um ano de idade por 1000 nascidos vivos. - dados obtidos do DATASUS;
- ✓ PIB per capita (independente): Produto Interno Bruto per capita dos municípios - dados obtidos do IBGE;
- ✓ Receita (independente): Receita municipal per capita - dados obtidos do IBGE;
- ✓ População (independente): População total dos municípios - Dados obtidos do IBGE;
- ✓ Cobertura Vacinal Hepatite A (independente): Percentual de cobertura vacinal contra Hepatite A - dados obtidos do DATASUS;
- ✓ Índice de Consumo de Água (independente): Consumo médio de água per capita dados obtidos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS);
- ✓ Índice de Atendimento Total de Água (independente): Percentual da população atendida por rede de abastecimento de água - dados obtidos do SNIS;
- ✓ Incidência das Análises de Cloro Residual Fora do Padrão (independente): Percentual de análises de cloro residual fora dos padrões estabelecidos - dados obtidos do SNIS;
- ✓ Incidências de Análise de Turbidez Fora do Padrão (independente): Percentual de análises de turbidez fora dos padrões estabelecidos - dados obtidos do SNIS; e
- ✓ Volume de Água Fluoretada (independente): Volume total de água fluoretada distribuída - dados obtidos do SNIS.

Este artigo apresentou uma análise detalhada de regressão múltipla aplicada a dados que investigaram os determinantes da taxa de mortalidade infantil no Litoral Norte do estado de São Paulo, abrangendo os municípios de Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião, Ilhabela e Bertioga, no período de 2000 a 2020. O objetivo do estudo foi identificar os fatores que influenciam a mortalidade infantil nesses municípios e fornecer subsídios para políticas públicas que possam reduzir essas taxas.
A regressão múltipla é uma extensão da regressão linear simples que permite a inclusão de múltiplas variáveis independentes para prever o valor de uma variável dependente. Esta técnica é amplamente utilizada em estudos estatísticos e econométricos para modelar relações complexas. Segundo Gujarati e Porter (2009), a regressão múltipla permite que pesquisadores investiguem o efeito simultâneo de diversas variáveis explicativas sobre uma variável dependente. A fórmula geral para um modelo de regressão múltipla é:

$$Y = \beta o + \beta 1X1 + \beta 2X2 + ... + \beta nXn + e$$

Onde:

- *Y é a variável dependente*
- *β_0 é o intercepto*
- *$\beta_1, \beta_2, ..., \beta_n$ são os coeficientes das variáveis independentes $X_1, X_2, ..., X_n$,*
- *e é o termo de erro*

Esta fórmula indica que a variável dependente YYY é uma função linear das variáveis independentes XiX_iXi, com um intercepto β0\beta_0β0 e um termo de erro \epsilon que captura a variação não explicada pelo modelo. A regressão múltipla é útil para entender a influência relativa de várias variáveis independentes sobre a variável dependente e para prever valores futuros da variável dependente com base nos valores das variáveis independentes.

A regressão múltipla estima os coeficientes βi\beta_iβi minimizando a soma dos quadrados dos resíduos, que são as diferenças entre os valores observados e os valores previstos pelo modelo. Este processo é conhecido como método dos mínimos quadrados ordinários (OLS) (Wooldridge, 2015). Através deste método, a regressão múltipla ajusta um plano ou hiperplano nos dados multidimensionais, buscando a melhor aproximação dos valores observados. Greene (2009) explica que o método dos mínimos quadrados é eficiente e gera estimativas imparciais e consistentes dos coeficientes de regressão.

A análise de regressão múltipla envolve várias etapas, incluindo a seleção das variáveis independentes, a estimativa dos coeficientes, a avaliação do ajuste do modelo e a verificação dos pressupostos teóricos.

- ✓ Interpretação dos coeficientes:

Cada coeficiente na regressão múltipla representa a mudança esperada na variável dependente YYY para uma unidade de mudança na variável independente correspondente, mantendo todas as outras variáveis constantes. Por exemplo, se o coeficiente βi\beta_iβi for positivo, isso indica que um aumento na variável XiX_iXi está associado a um aumento na variável YYY. Se βi\beta_iβi for negativo, isso indica uma relação inversa.

A significância dos coeficientes é avaliada através do valor-p (p-value), que indica a probabilidade de que o coeficiente seja diferente de zero apenas por acaso. Valores-p menores que 0,05 são geralmente considerados estatisticamente significativos (Gujarati; Porter, 2009).

- ✓ Pressupostos Teóricos do Modelo:

Linearidade: A relação entre a variável dependente e as variáveis independentes é linear.

Independência dos erros: Os erros (resíduos) são independentes uns dos outros.

Homoscedasticidade: A variância dos erros é constante para todos os níveis das variáveis independentes.

Normalidade dos erros: Os erros seguem uma distribuição normal.

Ausência de multicolinearidade: As variáveis independentes não são altamente correlacionadas entre si.

Quanto a Linearidade, este pressuposto garante que o modelo de regressão está corretamente especificado e que a relação entre as variáveis é de fato linear. Se a relação entre as variáveis não for linear, o modelo pode produzir estimativas viesadas. Métodos gráficos, como a plotagem dos resíduos contra as variáveis preditoras, podem ser utilizados para verificar a linearidade.

Na independência dos erros, é crucial para a validade das inferências estatísticas. A presença de autocorrelação nos resíduos, que é a correlação entre os erros, pode inflar os erros padrão dos coeficientes, levando a testes de significância enganosos. O teste de Durbin-Watson é frequentemente usado para detectar autocorrelação.

Já a homoscedasticidade, o pressuposto assegura que os resíduos do modelo têm variância constante. A violação deste pressuposto, conhecida como heteroscedasticidade, pode afetar a eficiência das estimativas de mínimos quadrados e os testes de significância. A heteroscedasticidade pode ser verificada através de testes como o de

Breusch-Pagan.

Normalidade dos erros: A normalidade dos erros é um pressuposto essencial para a realização de testes de hipóteses e a construção de intervalos de confiança válidos. Resíduos que não seguem uma distribuição normal podem indicar que o modelo está mal especificado. O teste de Shapiro-Wilk é usado para verificar a normalidade dos resíduos.

Ausência de multicolinearidade: A multicolinearidade ocorre quando duas ou mais variáveis independentes estão altamente correlacionadas. A alta colinearidade pode inflar as variâncias dos coeficientes estimados, dificultando a detecção de relações estatisticamente significativas.

O Variance Inflation Factor (VIF) é uma medida comumente usada para detectar multicolinearidade.

- ✓ Consequências da violação dos pressupostos

Linearidade: Violar este pressuposto pode levar a um modelo ineficiente, onde as previsões não capturam a verdadeira relação entre as variáveis, resultando em estimativas viesadas. Segundo (Greene, 2009), modelos não lineares podem resultar em resíduos sistematicamente distorcidos.

Independência dos erros: A violação deste pressuposto, como na autocorrelação, pode resultar em estimações de coeficientes não confiáveis, o que pode afetar a precisão das inferências. (Wooldridge, 2015) destaca que a autocorrelação positiva dos resíduos tende a subestimar os erros padrão dos coeficientes, enquanto a autocorrelação negativa pode superestimar esses erros.

Heteroscedasticidade: A heteroscedasticidade, ou variância não constante dos erros, pode levar a inferências estatísticas incorretas, afetando a confiança nos intervalos de confiança e nos testes de hipóteses (Gujarati; Porter, 2009)(Gujarati; Porter, 2009). A presença de heteroscedasticidade sugere que a variabilidade dos resíduos é influenciada por uma ou mais variáveis preditoras.

Normalidade dos erros: A violação pode afetar os testes de significância e a validade dos intervalos de confiança, uma vez que muitos testes estatísticos assumem normalidade dos erros (Wooldridge, 2015). A não normalidade dos resíduos pode indicar a necessidade de transformação das variáveis ou a inclusão de termos adicionais no modelo.

Multicolinearidade: Alta colinearidade entre variáveis independentes pode inflar as variâncias dos coeficientes estimados, dificultando a identificação dos efeitos individuais de cada variável independente. (Greene, 2009) explica que a multicolinearidade severa pode fazer com que os coeficientes estimados se tornem instáveis e estatisticamente insignificantes, mesmo que haja uma relação forte entre a variável dependente e as variáveis independentes.

- ✓ Testes de diagnóstico:

Durbin-Watson: Este teste verifica a presença de autocorrelação dos resíduos no modelo de regressão. A estatística de Durbin-Watson varia de 0 a 4, com valores próximos de 2 indicando ausência de autocorrelação. Valores próximos de 0 indicam autocorrelação positiva, enquanto valores próximos de 4 indicam autocorrelação negativa (Gujarati; Porter, 2009). A fórmula do teste é:

$$DW = \Sigma n\ t=2\ (et-et-1)^2 / \Sigma n\ t=1\ e^2t$$

Onde et são os resíduos da regressão.

Testes de Diagnóstico: Durbin-Watson: Este teste verifica a presença de autocorrelação dos resíduos no modelo de regressão. A estatística de Durbin-Watson varia de 0 a 4, com valores próximos de 2 indicando ausência de autocorrelação. Valores próximos de 0 indicam autocorrelação positiva, enquanto valores próximos de 4 indicam autocorrelação negativa (Gujarati; Porter, 2009). A fórmula do teste é:

$$W = (\Sigma n\ i=1 \alpha t x(t))^2 / \Sigma ni=1 (xi-x)^2$$

Onde x(i) são os valores ordenados dos resíduos e αi, são constantes calculadas com base na média e variância da amostra.

Breusch-Pagan: Testa a homoscedasticidade dos resíduos. P-valores maiores que 0,05 indicam homoscedasticidade, confirmando que a variância dos erros é constante. A estatística do teste de Breusch-Pagan é calculada a partir da regressão dos resíduos quadrados sobre as variáveis independentes:

$BP = n.R^2/1-R^2$

Onde R^2 é o coeficiente de determinação da regressão dos resíduos quadrados.

RESULTADOS

Resultados Primeira Regressão Múltipla Estimada: Os resultados da primeira regressão múltipla são apresentados na Tabela 1.
Equação do modelo inicial:

Taxa.de.mortalidade.infantil = 12,84 + 1,067 x 10^{-6} x PIB.per.capita + 1,400 x 10-10 x Receita – 1,674 x 10^{-5} x População – 0,02687 x Cobertura.Vacinal.Hepatite.A - 0,05715 x Índice.de.consumo.de.água + 0,08237 x Índice.de.atendimento.total.de.água + 0,4018 x Incidência.de.análise.de.tubidez.fora.do padrão – 5,13x10^{-5} x Volume.de.água.fluoretada.

Tabela 1 – Coeficientes do Modelo Inicial

Variável	**Coeficiente**	**Erro Padrão**	**Valor t**	**Valor p**
Intercepto	12,84	5,47	2,347	0,0211
PIB.per.capita	1,067e-06	5,091e-06	0,210	0,8344
Receita	1,400e-10	1,581e-09	0,090	0,9287
População	-1,674e-05	4,113e-05	-0,407	0,6849
Cobertura.Vacinal.Hepatite.A	-0,02687	0,01143	-2,351	0,0209
Índice.consumo.de.água	-0,05715	0,04698	-1,216	0,2270
Índice.de.atendimento.total.de.água	0,08237	0,03851	2,139	0,0352
Índice.das.análises.de.cloro.residual.fora.do.padrão	0,4018	0,3367	1,194	0,2358
Incidência.de.análises.de.turbidez.fora.do.padrão	0,1178	0,1326	0,889	0,3766
Volume.de.água.fluoretada	-5,13e-05	3,376e-04	-0,152	0,8796

- ✓ *Interpretação dos coeficientes:*

Intercepto (12,84, p = 0,0211): O valor médio da taxa de mortalidade infantil quando todas as variáveis independentes são zero.

Cobertura Vacinal Hepatite A (-0,02687, p = 0,0209): Um aumento de 1% na cobertura vacinal de Hepatite A está associado a uma redução de aproximadamente 0,027 na taxa de mortalidade infantil, mantendo todas as outras variáveis constantes.

Índice de Atendimento Total de Água (0,08237, p = 0,0352): Um aumento de 1% no índice de atendimento total de água está associado a um aumento de aproximadamente 0,082 na taxa de mortalidade infantil, mantendo todas as outras variáveis constantes.

- ✓ *Resultados dos testes de diagnóstico:*

Durbin-Watson: DW = 2.0703, p-valor = 0.6061. Não há evidências de autocorrelação nos resíduos.
Breusch-Pagan: BP = 7.3486, df = 9, p-valor = 0.6009. Não há evidências de heteroscedasticidade.
Shapiro-Wilk: W = 0.98113, p-valor = 0.1673. Os resíduos seguem uma distribuição ***normal.***

✓ *Problema de colinearidade:*

O problema de colinearidade foi identificado através do cálculo do VIF (Variance Inflation Factor). Valores de VIF acima de 10 indicam alta colinearidade.

Tabela 2 – Valores de VIF para o modelo inicial

Variável	**VIF**
PIB.per.capita	1,851716
Receita	1,464827
População	12,140999
Cobertura.Vacinal.Hepatite.A	1,3038,37
Índice.de.consumo.de.água	2,087698
Índice.de.atendimento.total.de.água	1,433426
Incidência.das.análises.de.cloro.residual.fora.do.padrão	1,669717
Incidências.de.análises.de.turbidez.fora.do.padrão	1,498111
Volume.de.água.fluoretada	10,892489

Pode-se constatar que as variáveis: 'População' e 'Volume de água fluoretada' apresentam um VIF acima de 10, fato que que prejudica a qualidade do modelo, dada a violação do pressuposto de ausência de colinearidade entre as variáveis dependentes.

✓ MODELO REDUZIDO

Após a remoção das variáveis altamente colineares, o modelo reduzido foi estimado. A equação do modelo reduzido é apresentada abaixo:

Equação do Modelo Reduzido

Taxa.mortalidade.infatil = 10,39 + 3,422 x 10-6 x PIB.per.capita – 1,954 x 10-10 x Receita – 0,027525 x Cobertura.Vacinal.Hepatite.A – 0,04432 x Índice.de.consumo.de.água + 0,08148 x Índice.de.atendimento.total.de.água + 0,6396 x Incidência.das.análises.de.cloro.residual.fora.do.padrão + 0,1380 x Incidências.de.análise.de.turbidez.fora.do.padrão

✓ Interpretação dos coeficientes:

Coeficientes do Modelo Reduzido

Variável	**Coeficiente**	**Erro padrão**	**Valor t**	**Valor p**
(Intercepto)	10,39	5,234	1,985	0,0501
PIB.per.capita	3,422e-06	4,847e-06	0,706	0,4820
Receita	-1,954e-10	1,521e-09	-0,128	0,8981
Cobertura.Vacina.Hepatite.A	-0,02725	0,01140	-2,390	0,0189
Índice.de.consumo.de.água	-0,04432	0,04568	-0,970	0,3344
Índice.de.atendimento.total.de.água	0,08148	0,03851	2,116	0,0374
Incidência.das.análises.de.cloro.residual.fora.do.padrão	0,6396	0,2778	2,306	0,236

Incidências.de.análise.de.turbidez.fora.do.padrão	0,138	0,1309	1,054	0,2945

Intercepto (10,39, p = 0,0501): O valor médio da taxa de mortalidade infantil quando todas as variáveis independentes são zero.

Cobertura Vacinal Hepatite A (-0,02725, p = 0,0189): Um aumento de 1% na cobertura vacinal de Hepatite A está associado a uma redução de aproximadamente 0,027 na taxa de mortalidade infantil.

Índice de Atendimento Total de Água (0,08148, p = 0,0371): Um aumento de 1% no índice de atendimento total de água está associado a um aumento de aproximadamente 0,081 na taxa de mortalidade infantil.

Incidência das Análises de Cloro Residual Fora do Padrão (0,6396, p = 0,0236): Um aumento na incidência das análises de cloro residual fora do padrão está associado a um aumento de aproximadamente 0,64 na taxa de mortalidade infantil.

- ✓ **Resultados dos testes de diagnóstico:**

Durbin-Watson: DW = 2.0899, p-valor = 0.6405. Não há evidências de autocorrelação nos resíduos.

Breusch-Pagan: BP = 6.6019, df = 7, p-valor = 0.4715. Não há evidências de heteroscedasticidade.

Shapiro-Wilk: W = 0.98026, p-valor = 0.1435. Os resíduos seguem uma distribuição normal.

CONCLUSÃO

A análise de regressão múltipla revelou que algumas variáveis possuem um impacto significativo na taxa de mortalidade infantil. A cobertura vacinal de Hepatite A, o índice de atendimento total de água e a incidência das análises de cloro residual fora do padrão mostraram-se estatisticamente significativas no modelo reduzido. Problemas de colinearidade foram detectados e abordados, resultando em um modelo ajustado com melhor adequação.

Testes de diagnóstico indicaram que os pressupostos do modelo foram satisfeitos, garantindo a validade dos resultados. A análise sugere que políticas focadas em aumentar a cobertura vacinal e a qualidade da água podem ter um impacto positivo na redução da mortalidade infantil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANDIDO, J. L. Falhas de Mercado e regulação no saneamento básico. Revista Eletrônica informe econômico, Ano 1, n. 1, ago., p. 85-89, 2013.

CHECKLEY, W.; GILMAN, R.H.; BLACK, R.E.: EPSTEIN, L.D.; CABRERA, L; STERLING, C.R.; MOULTON, L.H. Effect of water and sanitation on childhood health in a poor Peruvian peri-urban community. The Lancet. 2004; v. 363, p. 112-18.

CUTLER, D.; MILLER, G. Water, Water Everywhere: Water Reforms in American Cities. NBER Working Paper #11096, Harvard University, 2004. Disponível em: <http://www.nber.org/papers/w11096>.Acesso em: 01 novembro 2023.

ESREY, S.; POTASH,J.; ROBERTS, L.; SHIFF, C. Effects of improved water supplu and sanitation on ascariasis, darrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma. Bulletin oh the Word Health Organization. 1991; 69 (5): 609-21.

GALDO, V.; BRICEÑO, B. Evaluating the impact on child mortality of a water supply and sewerage expansion

in Quito: Is Water Enough?. Inter-American Development Bank – Office of Evaluation and Oversight – Working Paper 01. May, 2005.

GREENE, W. H. Econometric Analysis. [S.l.]: New York: McGraw-Hill, 2009.

GUJARATI; PORTER. Basic Econometrics. 2009.

IPEA–Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/ 2010. Acesso em: 01 nov. 2023.

JALAN, J.; RAVALLION, M. Does Piped Water Reduce Diarrhea for Children in Rural India?. World Bank -Policy Research Working Paper Series, nº 2664. Washington DC: August, 2001

MENDONÇA, M. J. C.; MOTTA, R. S. Saúde e saneamento no Brasil. Planejamento e Políticas Públicas, v.30, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2007.

MERRICK, T. W. The effect of piped water on early childhood mortality in urban Brazil, 1970 to 1976. Demography, v. 22, n1,p. 1-24, 1985

PINHEIRO, F. A. P.; SAVOIA, J. R. F.; ANGELO, C. F. Análise Comparativa da Atuação de Prestadores de Serviços de Saneamento Públicos e Privados no Brasil. Brazilian Business Review, v. 13, n. 1, p. 118-140. 2016.

RODRIGUES, K. C. T. T.; VENSON, A. H.; CAMARA, M. R. G. da. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ACESSO AOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BASICO NAS MICRORREGIÕES BRASILEIRAS DE 2006 A 2013. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, [S. l.], v. 15, n. 1, 2019. DOI: 10.54399/rbgdr.v15i1.4325. Disponível em: https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/4325. Acesso em: 1 nov. 2023.

SCRIPTORE, J. S.; TONETO JÚNIOR, R. A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados. Revista de Administração Pública(RAP), Rio de Janeiro, v. 46, n. 6, p. 1479-1504, nov./dez. 2012.

SCRIPTORE, J. Impactos do saneamento sobre saúde e educação: uma análise espacial. 2016. 204 f. Tese (Doutorado em Economia) –Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2016.

SOUSA, T.; LEITE FILHO, F. Análise por dados em painel do status de saúde no Nordeste Brasileiro. Revista Saúde Pública, 2008.

TEIXEIRA, J. C.; GOMES, M. H. R.; SOUZA, J. A. Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. Revista Panamericana de Salud Pública, v. 32, n. 6, p. 419-425, 2012.

WOOLDRIDGE, J. M. Introductory Econometrics: A Modern Approach. 2015