

GASTOS EM SANEAMENTO E SEUS REFLEXOS NA QUALIDADE DA ÁGUA E IDHM NAS MACRORREGIÕES BRASILEIRAS

SANITATION EXPENDITURES AND THEIR IMPACTS ON WATER QUALITY AND THE HUMAN DEVELOPMENT INDEX IN BRAZILIAN MACRO-REGIONS

Maria Caroline de Castro Ferreira¹
Carlos Mendes Tavares²
Matheus Paiva Emidio Cavalcanti³

RESUMO

O setor de saneamento básico no Brasil é marcado por déficits históricos e desigualdades regionais, comprometendo a qualidade da água e o desenvolvimento humano. Assim, objetivou-se analisar a correlação entre despesas com saneamento e indicadores de qualidade da água, bem como avaliar sua influência no desenvolvimento humano, além de comparar esses indicadores entre as macrorregiões brasileiras. Trata-se de um estudo ecológico nas macrorregiões brasileiras. Utilizou-se os testes de correlação de Spearman, o teste de Kruskal-Wallis e o teste de Dunn. Verificou-se que quanto maiores os gastos com saneamento básico, melhores são os indicadores de qualidade da água e, consequentemente, observa-se níveis mais elevados do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Constatou-se que as regiões Sudeste e Sul possuem resultados similares nas despesas no setor de saneamento, nos indicadores de qualidade da água, bem como no IDHM, obtendo os melhores resultados. Já o Norte e Nordeste apresentaram os piores resultados em todos os indicadores analisados. Constatou-se que as deficiências nos serviços de saneamento básico têm impactado diretamente no desenvolvimento humano da população e na saúde pública, acentuando as desigualdades regionais.

Palavras-chave: Saneamento básico. Qualidade da água. Desenvolvimento humano. Saúde pública. Despesas públicas.

ABSTRACT

The basic sanitation sector in Brazil is characterized by historical deficits and regional inequalities, compromising water quality and human development. Thus, this study aimed to analyze the correlation between sanitation expenditures and water quality indicators, as well as to assess their influence on human development, in addition to comparing these indicators across Brazilian macro-regions. This is an ecological study conducted in the Brazilian macro-regions. Spearman's correlation tests, the Kruskal-Wallis test, and Dunn's test were used. It was found that higher spending on basic sanitation is associated with better water quality indicators and, consequently, higher levels of the Municipal Human Development Index (MHDI). The Southeast and South regions showed similar results regarding sanitation expenditures, water quality indicators, and MHDI, obtaining the best outcomes. In contrast, the North and Northeast regions presented the worst results across all analyzed indicators. It

¹ Discente do curso de Administração Pública pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab). E-mail: carolcastro@unilab.edu.br.

² Orientador, Docente do Curso de Bacharelado em Administração Pública Presencial da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab). E-mail: carlostavares@unilab.edu.br.

³ Coorientador, Doutorando pela Universidade de São Paulo no programa de Ciências Médicas. E-mail: mpaivaemidio@gmail.com.

was concluded that deficiencies in basic sanitation services directly impact human development and public health, exacerbating regional inequalities.

Keywords: Basic sanitation. Water quality. Human development. Public Health. Public spending.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, definido como um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Brasil, 2007). Isso significa dizer que saneamento é um conjunto de medidas que objetiva prevenir doenças, promover a saúde e melhorar a qualidade de vida através da preservação e modificação das condições do meio ambiente (Instituto Trata Brasil, 2012).

Aproximadamente 80% da água utilizada para o consumo humano se transforma em esgoto doméstico (Brasil, 2022b), o Instituto Trata Brasil (2012) destaca que o descarte inadequado pode ser veículo de germes patogênicos e várias doenças, bem como é capaz de tornar a água de rios e lagos que recebem esse tipo de efluentes inadequados para o consumo humano. Na lista que compõe os indicadores de saúde, a mortalidade infantil (em menores de um ano) está atrelada ao acesso e consumo de água potável, visto que altas taxas desse indicador expõem condições precárias de vida e saúde (Brasil, 2023).

Para efeito de comparação, no Brasil a menor taxa de mortalidade ocorre na região Sul, com 10,2 óbitos/1.000 nascidos vivos, enquanto em países europeus a taxa está em torno de 3 óbitos/1.000 nascidos vivos (Brasil, 2023). O esgoto não tratado se configura como uma das principais formas de poluição dos corpos hídricos no Brasil (Brasil, 2022b), de acordo com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), a média anual de internações por causa de doenças vinculadas à água é de 128.000, ocasionando cerca de 1.500 óbitos por ano. Em regiões com baixo acesso ao serviço de água e esgoto, as taxas de internações são ainda mais elevadas (2023).

Dada a importância da qualidade da água para a saúde, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas (IQA) a partir de uma pesquisa de 1970 da *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos. O índice é constituído por nove variáveis consideradas essenciais para a avaliação da qualidade das águas, principalmente para fins de abastecimento público (Cetesb, 2023). De acordo com Toledo *et al.* (2021), os indicadores de saneamento básico e o IQA estão

relacionados, comprovando que a falta de um sistema de saneamento básico adequado influencia diretamente na degradação da qualidade das águas dos corpos hídricos.

Apesar do aparato legislativo que abrange o setor, os déficits no setor de saneamento básico no Brasil são históricos. Mesmo com a criação de planos e instituição de leis, ao longo dos anos os recursos destinados aos serviços se mostraram insuficientes, uma vez que, segundo Turolla (2002), o setor de saneamento é caracterizado pelos altos custos fixos e um capital altamente específico.

A deficiência de investimentos resulta na ineficiência operacional e financeira, impactando diretamente na qualidade dos serviços prestados. De acordo com Bittelbrunn *et. al.* (2016), os principais déficits do setor recaem sobre os serviços de coleta e tratamento de esgotos, afetando a qualidade da água e, consequentemente, influenciando negativamente na saúde e na qualidade de vida da população. Com isso, a precariedade nos serviços de saneamento, agravada pela escassez de investimentos, compromete a eficiência do abastecimento de água e do tratamento de esgoto, com impactos diretos na saúde pública (Rodrigues, 2020).

As deficiências no setor de saneamento ocorrem principalmente nas regiões onde os serviços possuem custo mais elevado, uma menor escala e onde a capacidade de pagamento dos serviços é menor (Saiani, 2006). Sendo assim, áreas menos desenvolvidas economicamente possuem maiores carências quanto ao serviço de água potável, demonstrando os efeitos da desigualdade no país (Ceri, 2020).

Reconhecendo a importância do saneamento básico e da qualidade da água para a saúde, educação, economia, desenvolvimento e bem-estar da população, este estudo busca responder como as despesas com serviços de saneamento básico se correlacionam com os indicadores de qualidade da água e como estes impactam o desenvolvimento humano dos brasileiros. Com base nisso, o objetivo deste estudo é analisar a correlação entre despesas com saneamento e indicadores de qualidade da água, além de avaliar sua influência no desenvolvimento humano da população brasileira.

O estudo também visa comparar as diferenças entre esses indicadores nas macrorregiões brasileiras. Dessa forma, a pesquisa analisou a correlação entre despesas com saneamento básico e indicadores de qualidade da água, bem como a influência dessa qualidade no indicador de desenvolvimento humano. Além disso, comparou as diferenças desses indicadores entre as regiões brasileiras.

Estudos anteriores abordaram temas semelhantes, como Rodrigues (2020), que em sua pesquisa avaliou como o setor de saneamento contribui para aumentar o nível de saúde. Já

Silva e Esperidião (2017) analisaram o impacto da abrangência dos serviços de saneamento na mortalidade infantil e no desenvolvimento econômico, especificamente no Nordeste brasileiro. Contudo, o presente estudo se diferencia por correlacionar variáveis específicas de saneamento e desenvolvimento humano, considerando as macrorregiões brasileiras. Essa abordagem se torna inédita por explorar de forma integrada as variáveis, permitindo a identificação de padrões e desigualdades estruturais no território brasileiro.

MÉTODO

Trata-se de um estudo ecológico nas macrorregiões brasileiras, buscando compreender a relação entre despesas de exploração com serviços de saneamento básico, representando uma medida de esforço de investimento público, e indicadores de qualidade da água, que refletem a eficiência dos serviços prestados, além de analisar como estes impactam no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), sendo utilizado como parâmetro para o desenvolvimento humano da população brasileira na presente pesquisa. Os dados foram obtidos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e Atlas Brasil de Desenvolvimento Humano, relativos ao ano de 2021, último ano com informações consolidadas.

No presente estudo, intencionou-se utilizar o Índice de Qualidade da Água (IQA) como indicador de qualidade das águas por ser uma ferramenta amplamente utilizada, visto que, o IQA incorpora nove variáveis essenciais para avaliar a qualidade das águas em um único valor. Os parâmetros utilizados no índice são: coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, sódio total e oxigênio dissolvido (Cetesb, 2023).

O cálculo do índice é feito através da média ponderada desses parâmetros, cada um possuindo um peso relativo correspondente ao seu nível de importância, o resultado é um valor de 0 a 100. A classificação das águas pode ser de péssima a ótima, sendo $IQA < 20$ classificada como péssima e, $IQA > 79$ classificada como ótima (Cetesb, 2023).

Contudo, optou-se por não utilizar o IQA devido a dificuldades relacionadas à inconsistência e discrepância dos dados obtidos, impossibilitando a realização das análises. Como indicadores de qualidade da água utilizaram-se as variáveis: (i) - incidência das análises de turbidez fora do padrão; e (ii) - incidência das análises de coliformes totais fora do padrão, visto que esses indicadores estão presentes na composição do IQA e estão relacionados ao saneamento básico, especificamente ao lançamento de esgotos em corpos hídricos.

A Agência Nacional de Águas (ANA) foi responsável por lançar o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA), o programa tem o intuito de divulgar o conhecimento acerca da qualidade das águas superficiais no Brasil, visando a gestão sustentável dos recursos hídricos no país, a divulgação ocorre através do Portal da Qualidade das Águas⁴. Segundo informações do portal, coliformes termotolerantes são bactérias que indicam fonte de poluição por esgotos domésticos, uma vez que estão presentes em fezes humanas. Além disso, o descarte inadequado de esgotos e efluentes industriais são responsáveis pelo aumento da turbidez em corpos hídricos, ou seja, ambos estão relacionados com o lançamento de esgotos nos corpos hídricos.

Os dados foram coletados em bases de dados públicas, especificamente no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e no Atlas Brasil de Desenvolvimento Humano, ambos disponibilizados pelo Governo Federal. No SNIS foi selecionada a variável despesas de exploração com serviços de saneamento básico por unidade da federação (UF), além das variáveis que compõem os indicadores de qualidade da água, que são disponibilizados dados de todos os pontos de análises municipais do território brasileiro. No Atlas Brasil de Desenvolvimento Humano foi selecionada a variável IDHM disponibilizada pela UF.

Os dados foram baixados em planilhas CSV e XLSX, em seguida foram tratados, organizados e analisados no software RStudio, versão 2024.09.0+375. A partir das variáveis, construiu-se um banco de dados com todos os pontos de análise municipais dos indicadores de qualidade da água, incluindo os dados de despesas de exploração com serviços de saneamento básico e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

No presente estudo, interessou-nos eventos relacionados às despesas com serviços de saneamento básico, aos indicadores de qualidade da água e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Serão realizadas análises divididas em dois modelos:

- Modelo 1: Correlação entre as despesas com serviços de saneamento básico e os indicadores de qualidade da água

Esse modelo avalia a relação entre as despesas com serviços de saneamento básico (variável independente) e os indicadores de qualidade da água (variável dependente).

- Modelo 2: Impacto dos indicadores de qualidade da água no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)

Neste modelo, os indicadores de qualidade da água (variáveis independentes) são analisados em relação ao IDHM (variável dependente).

⁴ Disponível em: <https://www.ana.gov.br/portalpnqa/pnqa.aspx>. Acesso em: 16 dez. 2024.

Na análise estatística, foi aplicado o teste de correlação em ambos os modelos. Para analisar a correlação entre as despesas com saneamento e indicadores de qualidade da água, bem como entre esses indicadores e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), foi considerado o coeficiente de correlação de Pearson. Já para a comparação das médias entre as macrorregiões brasileiras (variável independente) em relação às despesas de exploração com saneamento, indicadores de qualidade da água e IDHM (variáveis dependentes), considerou-se a análise de variância (ANOVA).

A verificação dos pressupostos do teste de correlação Pearson para aplicação de estatística paramétrica foi realizada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, recomendado para amostras grandes ($n > 30$), uma vez que outros testes apresentam menor precisão nesse contexto (Alberca, 2014). Os resultados do teste indicaram que nenhuma das variáveis analisadas segue uma distribuição normal ($p < 0,001$). Diante disso, optou-se pelo coeficiente de correlação de Spearman, uma alternativa da estatística não paramétrica para o teste de correlação de Pearson.

Verificou-se também os pressupostos para utilização da análise de variância (ANOVA), que exige que determinadas suposições sejam atendidas para garantir a precisão dos resultados. Assim, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para a verificação do pressuposto de normalidade dos resíduos, os resultados demonstraram que nenhuma das variáveis possuía resíduos com distribuição normal ($p < 0,001$).

Além disso, foi verificada a suposição de homogeneidade de variância, conhecida também como homocedasticidade, uma das premissas essenciais para a realização da análise de variância (ANOVA). Para testar tal pressuposto foi utilizado o teste de Breusch-Pagan, mais adequado para amostras médias a grandes, tornando-se mais eficaz à medida que o tamanho da amostra aumenta (Onifade; Olanrewaju, 2020). O resultado do teste apontou que nenhuma das variáveis estudadas são homogêneas ($p < 0,005$). Assim, para a análise de variância utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis, dado que os pressupostos de normalidade dos resíduos e homocedasticidade foram violados.

Para realizar comparações entre as regiões e verificar quais apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si, utilizou-se o teste de Dunn. O teste complementa os resultados do teste de Kruskal-Wallis, uma vez que o teste de Dunn é um teste de comparações múltiplas que compara todos os grupos entre si, essa análise também é conhecida como teste post-hoc. O nível de significância adotado em todas as análises citadas foi de 5%.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as médias relativas às despesas de exploração com serviços de saneamento básico, incidência de análises de turbidez fora do padrão, incidência de análises de coliformes totais fora do padrão e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) das macrorregiões estudadas, além da representatividade de cada região no banco de dados. Verifica-se que as regiões que possuem maior número de pontos de análises dos indicadores de qualidade da água são as regiões Sudeste e Nordeste, com 39,26% e 27,94%, respectivamente.

Em relação às demais variáveis, destaca-se a discrepância entre a região Norte em relação às outras regiões quanto às despesas de exploração com serviços de saneamento básico, ficando abaixo de meio bilhão de reais. Já nos indicadores de qualidade da água, as regiões Nordeste e Norte apresentam os piores resultados com maiores taxas de incidência de análises de turbidez e coliformes totais fora do padrão, salientando que o Nordeste apresenta o dobro da taxa de incidência de análises de coliformes totais fora do padrão comparado às demais regiões. O IDHM apresenta pequenas diferenças entre as macrorregiões, não chegando a um décimo de diferença, cabe ressaltar que o Sul e o Sudeste apresentam o mesmo valor, 0,78.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas: médias das variáveis por macrorregião brasileira - Brasil, ano de 2021.

Medidas descritivas	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Despesas de exploração com serviços de saneamento básico (R\$/ano)	1.748.110.255,00	1.225.893.494,00	223.510.532,00	3.637.326.125,00	2.330.658.826,00
Incidência das análises de turbidez fora do padrão (%)	3,68	7,71	6,43	2,22	1,33
Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão (%)	1,92	12,25	6,78	2,01	2,81
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	0,74	0,70	0,71	0,78	0,78

Tamanho da amostra	326	1794	589	2521	1191
---------------------------	-----	------	-----	------	------

Fonte: Autoria própria, 2025.

A título de comparação, com relação às despesas de exploração com serviços de saneamento básico, a região que apresenta a maior despesa com a exploração dos serviços em 2021 é o Sudeste, com R\$ 3.637.326.125,00, enquanto a região que apresenta o menor dispêndio é o Norte, com apenas R\$ 223.510.532,00 (Tabela 1).

Já nos indicadores de qualidade da água, no caso da incidência das análises de turbidez fora do padrão, o Nordeste apresenta o maior percentual com 7,71%, já a região Sul com 1,33% dispõe do menor percentual. Em relação a incidência das análises de coliformes totais fora do padrão, novamente a região Nordeste apresenta o maior percentual com 12,25%, enquanto o Centro-Oeste apresenta possuir o percentual mais baixo com 1,92% (Tabela 1).

Referente ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), as regiões Sul e Sudeste apresentam os melhores índices, ambas com 0,78, enquanto o menor índice ocorre na região Nordeste, que apresenta o valor de 0,70 (Tabela 1).

Dado que foram refutados os pressupostos para o uso do teste de correlação de Pearson, a análise da relação entre as despesas com serviços de saneamento básico e as variáveis incidência das análises de turbidez fora do padrão e incidência das análises de coliformes totais fora do padrão, e entre esses indicadores e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) foi realizada por meio de teste de correlação de Spearman.

Tabela 2 - Análise de correlação entre a variável despesas com saneamento básico, qualidade da água e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

Variáveis independentes	Variáveis dependentes	Coefficiente de Correlação de Spearman (rho)	P
Despesas de exploração com serviços de saneamento básico	Incidência das análises de turbidez fora do padrão	-0,119	p < 0,001
	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	-0,186	p < 0,001
Incidência das análises de turbidez fora do padrão	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	-0,187	p < 0,001
	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	-0,278	p < 0,001

Fonte: Autoria própria, 2025.

A Tabela 2 mostra que existe uma associação significativa e inversamente proporcional entre as despesas de exploração com serviços de saneamento básico e as

variáveis incidência das análises de turbidez fora do padrão e incidência das análises de coliformes totais fora do padrão, ou seja, a medida em que as despesas de exploração com serviços de saneamento básico aumentam, a incidência de turbidez fora do padrão ($\rho = -0,119$, $p < 0,001$) e a incidência das análises de coliformes totais fora do padrão ($\rho = -0,186$, $p < 0,001$) diminuem.

Ainda de acordo com os resultados da Tabela 2, as variáveis incidência das análises de turbidez fora do padrão e incidência das análises de coliformes totais fora do padrão apresentam uma associação significativa e inversamente proporcional com o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. Assim, quanto menor for a incidência das análises de turbidez fora do padrão maior será o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal ($\rho = -0,187$, $p < 0,001$). Bem como, quanto menor for a incidência de coliformes totais fora do padrão maior será o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal ($\rho = -0,278$, $p < 0,001$).

Analisa-se também se existem diferenças significativas entre as médias dos grupos em relação às despesas de exploração com saneamento, indicadores de qualidade da água e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) nas macrorregiões brasileiras por meio do teste de Kruskal-Wallis, dado que foram refutados os pressupostos para o uso do teste ANOVA. Para investigar as diferenças entre as regiões realizou-se o teste de comparação múltipla ou post-hoc através do teste de Dunn.

Tabela 3 - Teste de Kruskal para análise de variância entre as regiões administrativas brasileiras.

Teste de Kruskal-Wallis				
Variáveis	Coeficiente chi-quadrado	Grau de liberdade (df)	P	
Regiões administrativas brasileiras				
Despesas de exploração com serviços de saneamento básico	1434,8	4	$p < 0,001$	
Incidência das análises de turbidez fora do padrão	689,53	4	$p < 0,001$	
Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	621,04	4	$p < 0,001$	
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	5235	4	$p < 0,001$	

Fonte: Autoria própria, 2025.

A Tabela 3 mostra que ao menos uma das regiões administrativas brasileiras apresenta uma média diferente das demais em relação às variáveis analisadas.

Tabela 4 - Teste de Dunn de comparação múltipla (post-hoc) entre as regiões administrativas brasileiras.

Variáveis	Teste de Dunn							
	Despesas de exploração com serviços de saneamento básico	Incidência das análises de turbidez fora do padrão	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)				
Regiões	Z	P.adj	Z	P.adj	Z	P.adj	Z	P.adj
Centro Oeste – Nordeste	3,1278895	$p = 0,003$	5,718076	$p < 0,001$	-4,027426	$p < 0,001$	13,214245	$p < 0,001$

Centro Oeste –	16,6716396	p < 0,001	8,544906	p < 0,001	-4,499836	p < 0,001	8,555079	p < 0,001
Norte								
Nordeste -	20,2686569	p < 0,001	5,171604	p < 0,001	-1,435035	P = 0,302	-4,317339	p < 0,001
Norte								
Centro Oeste –	-7,0941344	p < 0,001	14,252976	p < 0,001	6,887995	p < 0,001	-21,702943	p < 0,001
Sudeste								
Nordeste –	-19,614638	p < 0,001	16,013203	p < 0,001	20,975213	p < 0,001	-67,111785	p < 0,001
Sudeste	2							
Norte – Sudeste	-34,270513	p < 0,001	5,441348	p < 0,001	15,645817	p < 0,001	-40,815587	p < 0,001
0								
Centro Oeste –	-6,4410155	p < 0,001	18,487608	p < 0,001	5,702329	p < 0,001	-11,309922	p < 0,001
Sul								
Nordeste – Sul	-15,809948	p < 0,001	21,706754	p < 0,001	16,023594	p < 0,001	-40,199534	p < 0,001
4								
Norte – Sul	-30,839390	p < 0,001	11,231054	p < 0,001	13,242514	p < 0,001	-25,758203	p < 0,001
9								
Sudeste - Sul	0,4246687	p = 0,671	9,007565	p < 0,001	-1,392793	p = 0,164	16,223151	p < 0,001

Fonte: Autoria própria, 2025.

De acordo com os resultados da Tabela 4, em relação a variável despesas de exploração com serviços de saneamento básico apenas as regiões Sudeste e Sul possuem médias semelhantes. Em incidência das análises de turbidez fora do padrão nenhuma das regiões possuem semelhanças entre si, já em incidência das análises de coliformes totais fora do padrão, as regiões Nordeste e Norte, Sudeste e Sul apresentaram similaridades entre si. Relativo ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) nenhuma região apresentou médias semelhantes entre si.

DISCUSSÃO

Neste estudo, foi analisada a correlação entre as despesas com serviços de saneamento básico com os indicadores de qualidade da água e como estes impactam o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Verificou-se que quanto maior os gastos com saneamento básico, melhores serão os indicadores de qualidade da água e, consequentemente, o IDHM também aumenta, sendo essa relação mais expressiva quando relacionada à incidência das análises de coliformes totais fora do padrão. Foi verificado também as diferenças das variáveis estudadas nas macrorregiões brasileiras, constatando-se que a maioria das regiões são diferentes entre si, ainda assim, algumas possuem similaridades em alguns aspectos.

A partir da comparação das macrorregiões brasileiras, percebe-se uma discrepância nas despesas de exploração com serviços de saneamento básico. Enquanto a região Norte possui gastos médios anuais de aproximadamente R\$223 milhões de reais, no Sudeste, o valor ultrapassa R\$3 bilhões. Em relação aos indicadores de qualidade da água, a região Nordeste

apresenta os piores indicadores de qualidade da água. Já o Sul e o Centro-Oeste possuem os melhores indicadores em incidência das análises de turbidez e de coliformes totais fora do padrão, respectivamente. O IDHM difere de forma significativa entre as regiões, o menor valor se encontra no Nordeste, com 0,70, e o maior nas regiões Sul e Sudeste, com 0,78.

As análises de correlação entre as despesas com saneamento e os indicadores da água, bem como estes em relação ao IDHM resultaram em uma correlação negativa, ou seja, maiores investimentos estão associados à redução das ocorrências das incidências de análises de turbidez e de coliformes totais fora do padrão, e quando estes são menores observa-se níveis mais elevados do IDHM. Já os testes de Kruskal e Dunn mostraram que as regiões Sudeste e Sul possuem despesas semelhantes com saneamento, assim como no índice de coliformes totais fora do padrão. Em relação ao IDHM, as regiões Norte e Nordeste apresentam os piores índices, próximo ao nível médio, já o Sudeste e o Sul apresentam os maiores índices, próximos ao nível muito alto, evidenciando as desigualdades regionais.

Historicamente as disparidades regionais no setor de saneamento básico foram moldadas por diversos fatores, principalmente econômicos. A distribuição de investimentos para o setor ocorreu de forma desigual no território nacional desde o Plano Nacional de Saneamento (Planasa), criado em 1971, visto que o plano partia de um viés econômico e priorizava os centros urbanos. O plano foi um dos grandes marcos que impulsionou o desenvolvimento dos serviços sanitários no Brasil (Correia *et. al.*, 2020), visto que foi eficaz para a abrangência da cobertura dos serviços de saneamento na época (Turolla, 2002).

Ainda assim, Costa (1991) expõe que a distribuição de recursos do plano não levou em conta o critério de justiça social e equidade, fato evidenciado na grande concentração regional, visto que a região Sudeste recebeu aproximadamente 62,3% dos recursos do plano entre os anos de 1968 e 1984, enquanto a região Nordeste recebeu apenas 21,3%. Quando considerados os pesos populacionais, a região Sudeste, com 44% da população, recebeu uma parcela maior dos recursos do que sua proporção populacional, enquanto a região Nordeste, com 29% da população, recebeu uma porção inferior ao seu peso populacional, ressaltando a distribuição discriminatória quando se considera o peso relativo da população na época.

Em 2014 houve o lançamento do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), que previa metas para a universalização dos serviços de saneamento básico até 2033, foi previsto a necessidade de investimento de R\$ 435 bilhões para a universalização dos serviços de água e esgoto entre 2014 e 2033, o que equivale a R\$ 22 bilhões por ano, mesmo com as metas de investimentos previstas no plano, os valores estiveram muito abaixo do necessário entre 2014 até o ano estudado na presente pesquisa. Em 2021, foi desembolsado

aproximadamente R\$ 4,1 bilhões, valor que corresponde a apenas 46,3% do total previsto de investimentos para o ano (Ceri, 2020; Brasil, 2023).

As desigualdades nos gastos com serviços de saneamento básico entre as macrorregiões brasileiras evidenciam a limitação de recursos financeiros e os efeitos da priorização dos grandes centros urbanos. A análise das despesas de exploração com serviços de saneamento demonstra que a distribuição dos investimentos não acompanha proporcionalmente o peso populacional entre as regiões brasileiras. Em regiões populosas como o Nordeste, a infraestrutura ainda é precária, evidenciando a insuficiência de recursos destinados ao setor.

Enquanto a região Sudeste concentra os maiores gastos com exploração de serviços de saneamento básico, as regiões Nordeste e Norte apresentam os menores investimentos no setor. Essa escassez de recursos contribui para os baixos índices de cobertura dos serviços de saneamento em determinadas regiões, como aponta Fernando (2023), ao destacar que as regiões Norte e Nordeste apresentam as menores taxas no fornecimento de água, variando entre 54,5 e 70,4%, enquanto o Sul e o Sudeste apresentam as maiores taxas, ambas acima de 90%. As disparidades no acesso aos serviços de saneamento no Brasil são causadas pela falta de investimento público, pobreza e pelas desigualdades regionais.

Fernando (2023) ainda ressalta que a insuficiência na cobertura dos serviços de saneamento básico gera externalidades negativas que comprometem a qualidade de vida da população das regiões menos favorecidas. Complementando essa análise, Rodrigues (2020) acrescenta que essas regiões apresentam maiores casos de internação por doenças de veiculação hídrica, além de apresentarem indicadores sociais inferiores em comparação com as demais. Essa realidade se reflete no IDHM, com as regiões Norte e Nordeste apresentando os menores índices, enquanto o Sudeste e o Sul apresentam os maiores índices.

A escassez de recursos financeiros transparece em aspectos estruturais e sociais no setor de saneamento básico, resultando também na ineficiência dos serviços de água e esgotamento sanitário, essenciais para a qualidade da água e qualidade de vida da população (Rodrigues, 2020). Os resultados deste estudo demonstram que quanto maiores os gastos com os serviços de saneamento básico melhores serão os indicadores de qualidade da água e, por sua vez, a medida em que os indicadores de qualidade da água são melhores, consequentemente melhor será o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

O estudo de Toledo *et al.* (2021) também demonstra que os indicadores de saneamento básico e os indicadores de qualidade da água estão relacionados, comprovando que a falta de um sistema de saneamento básico adequado influencia diretamente na degradação da

qualidade das águas dos corpos hídricos. Silva e Esperidião (2017) expõem que os serviços de saneamento básico, especificamente de abastecimento de água e esgotamento sanitário, também estão diretamente relacionados com a mortalidade infantil, um indicador de qualidade de vida.

Em relação aos indicadores de qualidade da água, a região Nordeste apresenta os piores resultados em ambas as variáveis, seguida pela região Norte. Em contrapartida, a região Sul possui o melhor resultado em incidência das análises de turbidez fora do padrão, e o Centro-Oeste se destaca na incidência das análises de coliformes totais fora do padrão. Esses achados são contextualizados por Santos *et. al.* (2022), que indica que o Nordeste possui os piores índices em termos de interrupções de abastecimento de água e perdas na distribuição, fatores que são determinantes para a qualidade da água. Enquanto o Sul e o Centro-Oeste apresentam os melhores resultados nesses índices, explicando os resultados encontrados.

As más condições das infraestruturas e a ineficiência dos serviços estão relacionadas com as desigualdades na distribuição de recursos financeiros. As regiões Nordeste e Norte são as mais afetadas nesse aspecto, e isso, segundo Rodrigues (2020), impacta diretamente na saúde pública. Refletindo esse cenário, o Nordeste é a região que possui maior despesa com doenças relacionadas ao saneamento básico, chegando a aproximadamente R\$96 milhões de custos associados a doenças sanitárias em 2017. Bittelbrunn *et. al.* (2016) aponta que nos anos de 2012 e 2014, a região Nordeste possuía o menor nível de eficiência das despesas públicas voltadas ao saneamento.

Os resultados do Nordeste em relação aos indicadores de qualidade da água, IDHM e nível de eficiência podem ser atribuídos a diversos fatores, como a deficiência da região na transparência em informações a respeito do saneamento básico (Santos *et. al.*, 2022), falta da abrangência das políticas públicas de saneamento na zona rural (Fernando, 2023), além da região apresentar o menor índice de municípios com algum tipo de regulação, onde os maiores índices se concentram na região Sul e Sudeste (Santos *et. al.*, 2020). Em 2012 e 2014 a região Sudeste obteve o melhor desempenho de eficiência com relação aos dispêndios no setor de saneamento, sendo o determinante para tais resultados a gestão de recursos (Bittelbrunn *et. al.*, 2016).

Tal resultado diverge dos encontrados neste estudo, mesmo a região Sudeste apresentando o maior dispêndio no setor, ela se localiza na segunda posição em ambos os indicadores de qualidade da água, não sugerindo alto nível de eficiência quando considerando-se que a região é a única a ultrapassar R\$3 bilhões de reais em despesas com os

serviços de saneamento básico. Enquanto a região Sul efetua despesas anuais de aproximadamente R\$2.300.000.000,00 bilhões e possui resultados semelhantes, até melhores em alguns indicadores.

É importante destacar que tanto os investimentos quanto a prestação de serviços no setor de saneamento são majoritariamente públicos (Ceri, 2020). Santos *et. al.* (2020) explicitam que os déficits do setor não são consequências apenas da escassez de recursos, mas também da descontinuidade de iniciativas e da falta de priorização do setor como um instrumento que promove saúde e qualidade de vida. Saiani (2006) ressalta que a falta de investimentos dificulta tanto o combate à pobreza quanto o desenvolvimento econômico, devido às suas consequências sociais e ambientais.

O saneamento básico é essencial para a promoção da saúde pública, devendo ser prioridade para o Estado em busca de minimizar seus impactos negativos no desenvolvimento humano, considerando que um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) criado pela Organização das Nações Unidas (ONU), visa garantir a disponibilidade de água e saneamento para todos, bem como a gestão sustentável e integrada desses serviços (Brasil, 2022a). Para alcançar a universalização dos serviços de saneamento até 2033, é necessário uma gestão eficiente, assim como uma melhor distribuição dos recursos, conforme ressalta Santos *et. al.* (2020), é imprescindível que os recursos tenham um direcionamento para a capacitação, acordos de metas e empenho para a gestão eficiente.

Apesar das contribuições deste estudo, destaca-se que este limita-se aos seus procedimentos metodológicos, a análise realizada por macrorregião brasileira generaliza a pesquisa, não sendo consideradas as diferentes particularidades de cada unidade federativa (UF) e dos municípios, suavizando possíveis variações estaduais e municipais. A utilização de dados do ano de 2021 podem não representar a realidade de anos posteriores, assim como, a utilização de indicadores mais específicos não substitui o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que forneceria um índice mais completo, assim dando mais completude para o estudo.

Foi necessário a integração de diferentes bases de dados, onde as variáveis despesas de exploração com serviços de saneamento básico e IDH estavam disponíveis pela UF, enquanto os indicadores de qualidade da água foram obtidos por pontos de análises municipais. A integração a partir da unidade de federação (UF) pode ter resultado na redução do nível de detalhamento dos indicadores de qualidade da água. Os resultados se restringem às variáveis estudadas, a pesquisa não considerou diversos aspectos particulares que caracterizam cada região, como a diferença de população urbana e rural, período chuvoso que pode afetar a turbidez da água, dentre outros.

Apesar dessas limitações, o estudo fornece um panorama geral das disparidades regionais, principalmente no que tange às despesas com os serviços de saneamento básico, mostrando que este ainda é um tema pertinente e necessário. Futuras pesquisas podem considerar novas variáveis, bem como as particularidades estaduais e municipais de cada região e como elas podem influenciar os resultados para aprofundar a análise e tornar o estudo mais completo.

CONCLUSÃO

Este estudo contribuiu para o entendimento da correlação entre os gastos com serviços de saneamento básico, a qualidade da água e o desenvolvimento humano da população brasileira, evidenciando como a má distribuição de recursos tem impactos para além da infraestrutura e da eficiência dos serviços. As externalidades negativas da precariedade dos serviços de saneamento têm efeito diretamente no desenvolvimento da população e na saúde pública, gerando ainda mais gastos do setor público com a saúde. Além disso, explicitou-se como as desigualdades regionais influenciam nas despesas com saneamento, indicadores de qualidade da água e IDHM, acentuando ainda mais as disparidades existentes.

Assim, observou-se que as desigualdades regionais são influenciadas por déficits históricos, escassez de recursos, priorização de centros urbanos e ineficiência setorial. Destaca-se ainda que os investimentos não sejam proporcionais às necessidades de cada região, e quando relacionado com a falha na execução do planejamento previsto, tem como efeito a perpetuação das disparidades regionais e serviços precários em regiões menos favorecidas, como é o caso do Nordeste e do Norte. Em contrapartida, a disponibilidade de recursos, bem como sua gestão eficiente geram melhores indicadores sociais e ambientais, como é visto nas regiões Sudeste e Sul.

Os achados do estudo explicitam a urgência da priorização do setor de saneamento básico como um dos principais instrumentos para a promoção da saúde pública e do desenvolvimento humano da população. Além da necessidade de maiores investimentos de forma equitativa, é necessária a ampliação dos serviços básicos em áreas menos favorecidas, assim como uma gestão eficiente em vista de atenuar as desigualdades regionais existentes no setor e promover a universalização dos serviços de saneamento até o ano de 2033.

REFERÊNCIAS

ALBERCA, Alfredo. **Bioestadística aplicada con R y RKTeaching.** [S.l.]: [s.n.], 2014. Disponível em: <https://x.gd/nWyMe>. Acesso em: 11 dez. 2024.

BITTELBRUNN, F.; BRINCKMANN, R.; ANDRETT, M. C. da S.; PFITSCHER, E. D. Estudo da eficiência dos gastos com saneamento básico dos estados brasileiros e DF entre 2012 a 2014 por meio de Análise Envoltória de Dados. In: **ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS - ABC**, [S. l.], 2016. Disponível em: <https://x.gd/MlhVO>. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2007. Disponível em: <https://x.gd/s8yji>. Acesso: 17 jul. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Agência Nacional de Águas (ANA). ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2022. Disponível em: <https://x.gd/1XWD8>. Acesso em: 26 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto: Visão Geral - ano de referência 2021. Brasília, 2022. Disponível em: <https://x.gd/u6YPi>. Acesso em: 19 jul. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab): Relatório de Avaliação Anual 2021. Brasília, 2023. Disponível em: <https://x.gd/t2t0V>. Acesso em: 18 jul. 2024.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Universalização do saneamento básico: reflexões sobre o marco legal e a gestão de água e esgoto. 2023. Disponível em: <https://x.gd/6xh4s>. Acesso em 13 dez. 2024.

CERI - Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura. **Reformulação do Marco Legal do Saneamento no Brasil**: Atualização após sanção presidencial. 2020. Disponível em: <https://x.gd/aNgKD>. Acesso em: 21 nov. 2024.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Apêndice D - Metodologia de Cálculo dos Índices de Qualidade das Águas. São Paulo: CETESB, 2023. Disponível em: <https://x.gd/EgROZ>. Acesso em: 13 dez. 2024.

CORREIA, M.L.S.F; ESPERIDIÃO, Fernanda; MELO, R.L. Evolução das Políticas Públicas de Saneamento Básico do Brasil, do Planasa ao PAC - Saneamento. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, XXV**, 2020. Disponível em: <https://x.gd/8O6K2>. Acesso em: 15 jan. 2025.

COSTA, N. do R. Política pública, ambiente e qualidade de vida: Revisitando o Planasa. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 31 - 39, 1991. Disponível em: <https://x.gd/vPEas>. Acesso em: 16 jan. 2025.

FERNANDO, Ramos João Sacaia. O novo marco do saneamento básico e as empresas estatais. **Revista de Estudos em Organizações e Controladoria (REOC)**, v. 3, n. 2, p.

07-31, 2023. Disponível em: <https://x.gd/Kxv4x>. Acesso em: 16 jan. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do saneamento básico**. 2012. Disponível em: <https://x.gd/5nPBm>. Acesso em: 19 jun. 2024.

ONIFADE, Oluwafemi Clement; OLANREWAJU, Samuel Olayemi. Investigating performances of some statistical tests for heteroscedasticity assumption in generalized linear model: A Monte Carlo simulations study. **Open Journal of Statistics**, v. 10, n. 3, p. 453-493, 2020. Disponível em: <https://x.gd/Cymiv>. Acesso em: 16 dez. 2024.

RODRIGUES, Karla Cristina Tyskowski Teodoro. **Estrutura do saneamento básico no Brasil**: receita, dispêndio de gastos e atenção básica à saúde. 2020. 196 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2020. Disponível em: <https://x.gd/sCAjF>. Acesso em: 21 nov. 2024.

SAIANI, Carlos. Déficit de acesso aos serviços de saneamento básico no brasil. **Prêmio IPEA-CAIXA 2006**, Brasília, 2006. Disponível em: <https://x.gd/hDXCF>. Acesso em: 21 nov. 2024.

SANTOS, G. R. dos; KUWAJIMA, J. I.; SANTANA, A. S. de. **Regulação e investimento no setor de saneamento no Brasil: trajetórias, desafios e incertezas**. Rio de Janeiro: Ipea, 2020. (Texto para Discussão, n. 2587). Disponível em: <https://x.gd/x4Bw2>. Acesso em: 17 jan. 2025.

SANTOS, S. M. C.; PINTO, F. R.; MORAIS, J. S. D.; CLAUDINO-SALES, V. SANEAMENTO BÁSICO NO NORDESTE: METAS, DESAFIOS E INVESTIMENTOS. **Revista Ciência Geográfica**, [S. l.], v. 26, n. 01, p. 155–180, 2022. DOI: 10.18817/26755122.26.01.2022.2877. Disponível em: <https://x.gd/5w6mR>. Acesso em: 21 mar. 2025.

SILVA, Valéria; ESPERIDIÃO, Fernanda. Saneamento básico e seus impactos na mortalidade infantil e no desenvolvimento econômico da região Nordeste. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 13, n. 10, 2017. DOI: 10.14808/sci.plena.2017.109905. Disponível em: <https://x.gd/GoV3f>. Acesso em: 21 mar. 2025.

TOLEDO, Luane Marques; WALL, Fernanda Carvalho Moreno; OBRACZKA, Marcelo; SALOMÃO, André Luís de Sá. Panorama do sistema lagunar de maricá – RJ: indicadores de saneamento vs. qualidade de água. **Revista Internacional de Ciências**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 6–24, 2021. DOI: 10.12957/ric.2021.51768. Disponível em: <https://x.gd/peO8u>. Acesso em: 16 dez. 2024.

TUROLLA, F. A. **Política de saneamento básico**: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas. Brasília: Ipea, 2002. 26 p. (Texto para Discussão, n. 922). Disponível em: <https://x.gd/7Co8u>. Acesso em: 21 nov. 2024.