



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL

PEDRO HERLLEYSON GONÇALVES CARDOSO

A EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ

FORTALEZA

2023

PEDRO HERLLEYSON GONÇALVES CARDOSO

A EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do grau de Doutor em Economia Rural. Linha de Pesquisa: Economia dos Recursos Naturais e Política Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Rogério César Pereira de Araújo.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C266e Cardoso, Pedro Herlleison Gonçalves.
A Eficiência dos Serviços de Água e Esgoto do Estado do Ceará / Pedro Herlleison Gonçalves Cardoso.
– 2023.
123 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Rogério César Pereira de Araújo.
1. Saneamento. 2. Política nacional de saneamento básico. 3. Análise de eficiência. I. Título.
CDD 338.1
-

PEDRO HERLLEYSON GONÇALVES CARDOSO

A EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do grau de Doutor em Economia Rural. Linha de Pesquisa: Economia dos Recursos Naturais e Política Ambiental.

Aprovada em 29/06/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rogério César Pereira de Araújo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos (Membro Interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Robério Telmo Campos (Membro Interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Roberto Dias de Freitas (Membro Externo)
Universidade Regional do Cariri (URCA)

Profa. Dra. Andréa Ferreira da Silva (Membro Externo)
Universidade Regional do Cariri (URCA)

Dedico esta tese ao meu pai e à minha mãe,
respectivamente, Tiêr e Leide.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, eu agradeço a Deus, pois eu sei que uma força maior sempre existiu para o desenvolvimento satisfatório desta pesquisa, assim como todo o desenvolvimento do curso, incluindo as disciplinas, os estágios, a proficiência, entre outras etapas.

Agradeço à minha família e aos amigos pelo apoio emocional e incentivo constante. Seus encorajamentos e palavras de motivação foram fundamentais para que eu pudesse superar os desafios e perseverar até o fim.

Agradeço aos colegas discentes do curso (mestrado e doutorado, turma 2019) pelo companheirismo e ajuda constante no decorrer das atividades desenvolvidas no curso.

Agradeço ao professor orientador desta pesquisa, pelo apoio que me foi concedido durante todo o processo de análise. Suas sugestões e conselhos foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Agradeço aos professores e colaboradores do Programa de Pós-graduação em Economia Rural (PPGER), pela socialização de todo o conhecimento teórico e prático realizada no desenvolvimento das disciplinas do curso.

Agradeço aos professores que participaram da banca examinadora desta pesquisa (exame de qualificação e defesa final).

Agradeço à Universidade Federal do Ceará (UFC), através do PPGER, pela oportunidade em poder contribuir com a sociedade.

Agradeço a todas as instituições colaboradoras, em nome do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Iguatu (SAAE Iguatu), Universidade Regional do Cariri (URCA) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), que apoiam esta pesquisa, através de financiamentos e outras formas de suporte. Sem essas fontes de apoio, esta pesquisa não teria sido possível.

De modo geral, eu quero expressar meus sinceros agradecimentos a todos os indivíduos que permitiram, de forma direta ou indireta, a realização deste curso e desenvolvimento desta tese. Foram muitas pessoas e instituições que me apoiaram ao longo do caminho e sem a ajuda delas, essa fase da minha vida não seria possível.

Por fim, a todos vocês, meu sincero agradecimento e reconhecimento!

"Uma pessoa que nunca cometeu um erro,
nunca tentou nada novo."

Albert Einstein

RESUMO

A presente tese analisou os serviços de água e esgoto do Ceará, a partir de três ensaios. O primeiro ensaio analisou, a partir da base de dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), a eficiência técnica dos serviços de água e esgoto de municípios do estado do Ceará, assim como a mudança na produtividade total dos fatores empregados na prestação desses serviços no período de 2005 a 2017. Para tanto, utilizou-se a Análise Envoltória de Dados (DEA) a fim de construir uma fronteira de eficiência do serviço de água e esgoto e o Índice de *Malmquist* para mensurar as alterações na produtividade total dos fatores destes serviços. Os resultados mostraram que enquanto o número de municípios operando na fronteira de eficiência aumentou apenas ligeiramente, a média dos escores de eficiência diminuiu significativamente. Constatou-se, também, que a produtividade total dos fatores diminuiu ao longo do período de análise, cuja mudança foi determinada pela diminuição no grau de eficiência técnica e retrocesso na tecnologia. O segundo ensaio analisou, a partir da base de dados do SNIS, os fatores determinantes do desempenho operacional, e seus efeitos distributivos dos serviços de água e esgoto de municípios do estado do Ceará, no período de 2005 a 2020. Para tanto, utilizou-se a análise fatorial para determinar os fatores para mensurar o Índice de Desempenho Operacional (IDO). Posteriormente, realizou-se a regressão quantílica para identificar os efeitos distributivos. Os resultados mostram que a tarifa média praticada, o Índice de perdas na distribuição, e o Índice de consumo de água foram as variáveis que melhor explicaram o avanço no desempenho dos serviços de água e esgoto dos municípios analisados. Em contrapartida, a quantidade total de empregados próprios e o Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto foram as variáveis que menos explicaram o avanço no desempenho. O terceiro ensaio analisou, a partir da base de dados do SNIS, do Sistema da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o efeito das características socioeconômicas das mesorregiões administrativas do estado do Ceará sobre o desempenho operacional dos serviços de água e esgoto de municípios do estado do Ceará, agrupando-os em *clusters*. Para tanto, utilizou-se a análise de regressão quantílica e análise de agrupamento. Os resultados mostraram que indicadores como Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e saúde têm efeito negativo sobre o desempenho dos serviços de água e esgoto, especialmente nos municípios que apresentam maior desempenho operacional, sendo que as mesorregiões administrativas Norte/Noroeste e Metropolitana de Fortaleza apresentaram melhores resultados. Os municípios com desempenho operacional intermediário tendem a obter efeito

positivo do Índice de Gini e da educação. Ademais, o estudo também mostrou que a política nacional de saneamento básico tem um efeito positivo sobre o desempenho dos serviços de água e esgoto, principalmente nos municípios com menor desempenho operacional.

Palavras-chave: saneamento; política nacional de saneamento básico; análise de eficiência.

ABSTRACT

This thesis analyzed the water and sewage services in Ceará, based on three essays. The first essay analyzed, from the database of the National Sanitation Information System (SNIS), the technical efficiency of water and sewage services in municipalities in the state of Ceará, as well as the change in the total productivity of the factors used in the provision of these services in the period from 2005 to 2017. For this purpose, Data Envelopment Analysis (DEA) was used to build an efficiency frontier for the water and sewage service and the Malmquist Index to measure changes in the total productivity of these services. The results showed that while the number of municipalities operating on the efficiency frontier increased only slightly, the mean efficiency scores decreased significantly. It was also found that the total factor productivity decreased over the period of analysis, whose change was determined by the decrease in the degree of technical efficiency and retrogression in technology. The second essay analyzed, from the SNIS database, the determining factors of operational performance, and its distributive effects of water and sewage services in municipalities in the state of Ceará, in the period from 2005 to 2020. Factor analysis was used to determine the factors to measure the Operating Performance Index (OPI). Subsequently, quantile regression was performed to identify distributive effects. The results show that the average tariff practiced, the Index of losses in distribution, and the Index of water consumption were the variables that best explained the progress in the performance of water and sewage services in the analyzed municipalities. On the other hand, the total number of own employees and the Urban Sewage Service Index referred to the municipalities served with sewage were the variables that least explained the progress in performance. The third essay analyzed, from the SNIS database, the System of the Federation of Industries of the State of Rio de Janeiro (FIRJAN) and the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), the effect of the socioeconomic characteristics of the administrative mesoregions of the state of Ceará on the operational performance of water and sewage services in municipalities in the state of Ceará, grouping them into clusters. For this purpose, quantile regression analysis and cluster analysis were used. The results showed that indicators such as the Human Development Index (HDI) and health have a negative effect on the performance of water and sewage services, especially in municipalities with the highest operational performance, with the North/Northwest and Metropolitana of Fortaleza administrative mesoregions showing better results. Municipalities with intermediate operational performance tend to have a positive effect on the Gini Index and on education. Furthermore, the study also showed that the national basic sanitation policy has a positive effect

on the performance of water and sewage services, especially in municipalities with lower operational performance.

Keywords: sanitation; national basic sanitation policy; efficiency analysis.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização dos municípios utilizados na pesquisa.....	34
Mapa 2 - Localização do estado do Ceará, Brasil.....	89
Mapa 3 - Divisão municipal do estado do Ceará por <i>clusters</i> em relação ao IDO e as suas respectivas classificações (baixo, alto e intermediário desempenho).....	104
Mapa 4 - Divisão municipal do estado do Ceará por <i>clusters</i> considerando o IDO acima e abaixo da média por mesorregião.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - <i>Inputs e Outputs</i> utilizados no modelo DEA de eficiência do saneamento no Ceará.....	36
Quadro 2 - Critério de corte dos valores do KMO.....	59
Quadro 3 - Variáveis selecionadas do sistema operacional dos serviços de água e esgoto.....	64
Quadro 4 - Identificadores utilizados na pesquisa.....	66
Quadro 5 - Definição das variáveis dummy do modelo de regressão quantílica.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do modelo DEA de eficiência do saneamento no Ceará	37
Tabela 2 - Coeficientes de eficiência das DMU's para os períodos de 2005-2006 e 2007-2017 para os respectivos municípios analisados.....	40
Tabela 3 - Estatísticas descritivas dos períodos analisados, no que se refere à média, ao desvio padrão e à frequência da quantidade de DMU's.....	42
Tabela 4 - Os resultados do Índice de <i>Malmquist</i> , Efeito emparelhamento e Efeito Deslocamento dos períodos analisados.....	43
Tabela 5 - Estatísticas descritivas dos valores do Índice de <i>Malmquist</i> , Efeito emparelhamento e Efeito Deslocamento dos períodos analisados.....	45
Tabela 6 - Estatística descritiva dos índices e variáveis utilizados na análise fatorial.....	69
Tabela 7 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas na regressão quantílica	70
Tabela 8 - Variância explicada	72
Tabela 9 - Cargas fatoriais após rotação ortogonal e comunalidades para os indicadores de desempenho dos municípios cearenses, ano base 2007 e ano base 2020	73
Tabela 10 - Valores dos Índices de Desempenho Operacional dos municípios cearenses e suas respectivas classificações nos períodos do ano base de 2007 e do ano base de 2020	74
Tabela 11 - Coeficientes das variáveis do modelo de regressão quantílica	80
Tabela 12 - Estatística descritiva dos dados utilizados para a regressão quantílica..	94
Tabela 13 - Valores dos Índices de Desempenho Operacional dos serviços de água e esgoto e suas respectivas classificações no período do ano base de 2020	96
Tabela 14 - Estimativas dos diferentes quantis a partir das variáveis do modelo de regressão quantílica	98
Tabela 15 - Hierarquização dos municípios do Ceará por IDO e por mesorregião...	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Análise de <i>Clusters</i>
ACP	Análise dos Componentes Principais
AF	Análise Fatorial
AFC	Análise dos Fatores Comuns
ANA	Agência Nacional de Águas
BTS	Teste de Esfericidade de <i>Bartlett</i>
CAGECE	Companhia de água e Esgoto do Estado do Ceará
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRS	Retornos Constantes de Escala
DEA	Análise Envoltória de Dados
DMU'S	Unidades Tomadoras de Decisão
ETG	Eficiência Técnica Global
KMO	<i>Kaiser-Mayer-Olkin</i>
IDO	Índice de Desempenho Operacional
LNSB	Lei Nacional do Saneamento Básico
MAS	Medida de Adequação da Amostra
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAAES	Plano Estadual de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário
PL	Projeto de Lei
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PLC	Projeto de Lei da Câmara
PNAD	Pesquisa Nacional de Amostras e Domicílios
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
PTF	Produtividade Total dos Fatores
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SESP	Serviço Especial de Saúde Pública
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
CAPÍTULO I: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E PRODUTIVIDADE DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL	19
1 INTRODUÇÃO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 Eficiência do saneamento básico	22
2.2 Eficiência do serviço de saneamento	23
3 METODOLOGIA.....	26
3.1 Área de estudo.....	26
3.2 Análise de Envoltório de Dados (DEA)	27
3.3 Abordagem <i>Jackstrap</i>	30
3.4 Índice de <i>Malmquist</i>	31
3.5 Base de dados e variáveis selecionadas	33
3.6 Estatística descritiva das variáveis utilizadas na DEA	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Análise da Eficiência Técnica	39
4.2 Análise das mudanças na produtividade.....	43
5 CONCLUSÃO.....	46
CAPÍTULO II: ANÁLISE DOS FATORES DETERMINANTES DO DESEMPENHO OPERACIONAL E SEUS EFEITOS DISTRIBUTIVOS DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL.....	47
1 INTRODUÇÃO	47
2 REFERENCIAL TEÓRICO	50
2.1 O serviço de água e esgoto	50
2.2 Heterogeneidade do sistema de água e esgoto.....	52
2.3 Desempenho do serviço de água e esgoto	53
3 METODOLOGIA.....	56
3.1 Área de estudo.....	56
3.2 Análise fatorial.....	56
3.3 Índice de Desempenho Operacional.....	61
3.4 Regressão quantílica.....	61
3.5 Base de dados e variáveis selecionadas	63

3.6 Estatística descritiva dos índices e variáveis utilizados na análise fatorial.....	68
3.7 Estatística descritiva das variáveis utilizadas na regressão quantílica.....	69
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4.1 Análise fatorial.....	72
4.2 Índice de Desempenho Operacional dos serviços de água e esgoto do Ceará.....	74
4.3 Efeitos distributivos e determinantes do desempenho dos serviços de água e esgoto	79
5 CONCLUSÃO.....	82
CAPÍTULO III: ANÁLISE DOS EFEITOS DAS CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DAS MESORREGIÕES ADMINISTRATIVAS SOBRE O DESEMPENHO OPERACIONAL DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL.....	
1 INTRODUÇÃO	83
2 REFERENCIAL TEÓRICO	86
2.1 Evidências empíricas	86
2.2 Estado da arte	87
3 METODOLOGIA.....	89
3.1 Área de estudo.....	89
3.2 Etapas da construção do IDO dos serviços de água e esgoto.....	89
3.3 Regressão quantílica.....	90
3.4 Método para agrupamento dos municípios cearenses.....	90
3.5 Base de dados e variáveis selecionadas	91
3.5.1 <i>Definição das variáveis</i>	92
3.5.2 <i>Variáveis socioeconômicas</i>	92
3.5.3 <i>Estatística descritiva das variáveis utilizadas na regressão quantílica</i>	93
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
4.1 Índice de Desempenho Operacional dos serviços de água e esgoto.....	95
4.2 Análise da regressão quantílica	96
4.3 Análise de agrupamento dos municípios cearenses	99
5 CONCLUSÃO.....	106
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
REFERÊNCIAS	109

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A política nacional de saneamento básico é fundamental para garantir o acesso da população aos serviços de água e esgoto de qualidade. Além disso, tem um efeito significativo na eficiência técnica e produtividade desses serviços. Uma política de saneamento básico bem estruturada e integrada pode melhorar a gestão dos serviços de água e esgoto, aumentar a eficiência do uso dos recursos, reduzir as perdas de água e minimizar os impactos ambientais negativos.

Também pode incentivar a inovação e o desenvolvimento tecnológico, promovendo a adoção de tecnologias mais eficientes e práticas de tratamento de água e esgoto. Isso contribui para melhorar a eficiência técnica dos serviços e, conseqüentemente, a produtividade.

Os serviços de água e esgoto são decisivos para a saúde pública e o desenvolvimento socioeconômico. A importância dos fatores determinantes e seus efeitos distributivos nesses serviços está relacionada a vários aspectos. Em primeiro lugar, a disponibilidade de água potável é essencial para a saúde humana, pois ajuda a prevenir doenças transmitidas pela água, como cólera e febre tifoide. O acesso à água potável é fundamental para a higiene pessoal, como lavar as mãos, o que ajuda a prevenir a manipulação de doenças infecciosas, como a COVID-19. Em segundo lugar, a falta de serviços de saneamento básico, incluindo água e esgoto, pode ter um impacto negativo na economia de uma região. A falta de acesso à água potável e ao saneamento básico pode levar a uma maior incidência de doenças, provocada em custos mais altos com saúde, diminuição da produtividade e aumento do absenteísmo no trabalho e na escola.

Os efeitos distributivos dos serviços de água e esgoto também são importantes. A distribuição desigual desses serviços pode afetar grupos marginalizados, como as comunidades pobres e as áreas rurais, que têm menos acesso aos serviços de água e esgoto em comparação com as áreas urbanas mais ricas. Isso pode levar a um ciclo de pobreza e desigualdade social.

Assim, é crucial garantir que os serviços de água e esgoto sejam acessíveis e de qualidade para todas as pessoas, independentemente de sua localização geográfica, condição social ou econômica. A promoção da igualdade no acesso a esses serviços deve ser uma prioridade para o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

As características socioeconômicas das mesorregiões administrativas têm uma grande importância sobre o desempenho operacional dos serviços de água e esgoto. Isso ocorre porque essas características satisfizeram a demanda pelos serviços, a capacidade de investimento e a eficiência da gestão dos recursos.

Por exemplo, mesorregiões mais populosas e urbanizadas tendem a ter uma maior demanda por serviços de água e esgoto, o que pode exigir maior capacidade de investimento e gestão dos recursos por parte das empresas responsáveis por esses serviços. Além disso, mesorregiões com níveis socioeconômicos mais elevados podem ter uma maior capacidade de arcar com os custos, o que pode influenciar na forma como as empresas definem suas estratégias de precificação e investimento.

Por outro lado, mesorregiões com características socioeconômicas menos aceitas, como regiões mais rurais e com baixa renda per capita, podem apresentar desafios adicionais para a gestão dos serviços de água e esgoto. Isso pode incluir a necessidade de investimentos em infraestrutura para ampliar a cobertura dos serviços, bem como a busca por alternativas de financiamento para viabilizar esses investimentos.

Desse modo, entender os efeitos das características socioeconômicas das mesorregiões administrativas sobre o desempenho operacional dos serviços de água e esgoto é essencial para o planejamento e gestão desses serviços. Considerar esses fatores na definição de políticas públicas e estratégias empresariais serve para garantir a oferta de serviços de qualidade e acessíveis a toda a população.

De acordo com o exposto, a presente tese tem por objetivo geral realizar ensaios sobre análise de eficiência dos serviços de água e esgoto do estado do Ceará, Brasil. Composta em três capítulos, corresponde aos três objetivos específicos respectivamente, a saber: (i) analisar a eficiência técnica e produtividade dos serviços de água e esgoto; (ii) analisar os fatores determinantes do desempenho operacional e seus efeitos distributivos dos serviços de água e esgoto; (iii) analisar os efeitos das características socioeconômicas das mesorregiões administrativas sobre o desempenho operacional dos serviços de água e esgoto.

Assim, para atingir o primeiro objetivo específico proposto utilizou-se a Análise Envoltória de Dados (DEA) e Índice de *Malmquist*. A DEA é um método que compara o desempenho relativo de unidades de decisão, usando entradas múltiplas para produzir saídas múltiplas, identificando as unidades mais eficientes e aprimorando o desempenho das unidades menos eficientes, além de auxiliar na tomada de decisões estratégicas. Já o Índice de *Malmquist* avalia a mudança na eficiência produtiva de uma unidade de decisão ao longo do tempo, permitindo comparar a produtividade da empresa em diferentes períodos e entender quais fatores influenciaram para a mudança de eficiência.

Para atingir o segundo objetivo específico proposto, utilizou-se a Análise Fatorial (AF) e Regressão Quantílica. A AF explora a estrutura latente dos dados e identifica fatores que podem ser usados para prever ou explicar o comportamento de interesse, sendo útil para reduzir

o número de variáveis em análises subsequentes, como regressão. A Regressão Quantílica modela a relação entre as variáveis em diferentes quantis da distribuição da variável de resposta, fornecendo uma análise mais completa e detalhada, permitindo entender as relações entre as variáveis em diferentes partes da distribuição.

Do mesmo modo, para atingir o terceiro objetivo específico proposto, utilizou-se a Análise de *Cluster* (AC), que complementa a regressão quantílica. A AC agrupa objetos semelhantes em grupos, com base em suas características e similaridades, permitindo uma melhor compreensão dos dados e identificação de padrões ou tendências.

A tese em questão foi estruturada em sequência de artigos. Dessa forma, ela é dividida em três capítulos, cada um correspondendo a um artigo. Cada capítulo contém a introdução, o referencial teórico, a metodologia utilizada, os resultados obtidos e a conclusão. Ao final da tese, são desenvolvidas as considerações finais e listada as referências com todas as fontes citadas na tese.

CAPÍTULO I: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E PRODUTIVIDADE DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

1 INTRODUÇÃO

Os serviços de saneamento básico têm sido uma preocupação crescente dos governos dos países em desenvolvimento, inclusive sendo definida como a meta nº 6 – Água Potável e Saneamento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável estabelecidas pela Organização das Nações Unidas (IPEA, 2019). No Brasil, a política de saneamento básico vem ganhando maior atenção, principalmente com a promulgação de leis específicas para esse setor.

O Brasil ainda apresenta elevado déficit de cobertura dos serviços de saneamento básico. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), ano base 2018, o índice médio de atendimento da rede pública de abastecimento de água e de esgoto era de 83,6% e 53,2%, respectivamente, correspondendo a 35 milhões e 100 milhões de pessoas não assistidas por esses serviços. Na região Nordeste, no mesmo ano, esses índices mostravam-se iguais ou inferiores aos observados em âmbito nacional, 74,2% e 53,2% de cobertura das redes públicas de abastecimento de água e de esgoto (SNIS, 2018).

Na última década, o Brasil vem experimentando aumentos nos índices de cobertura dos serviços de saneamento básico. Entre 2004 e 2018, a cobertura de água potável passou de 80,6% para 83,6% enquanto o acesso aos serviços de esgotamento sanitário passou de 38,4% para 53,2% (SNIS, 2018). Apesar do crescimento nos índices, a população desassistida ainda é significativa e a universalização uma meta ainda distante de ser alcançada.

No Brasil, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, conhecida como Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, fundamentadas nos princípios de universalização do acesso e na adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais (Brasil, 2007; Alochio, 2011). Essas diretrizes têm como objetivo promover a prestação dos serviços públicos de saneamento de modo eficiente e sustentável (Brasil, 2007).

A ineficiência do sistema de saneamento básico brasileiro tem sido relatada na literatura como um fator que tem comprometido o desenvolvimento do setor de saneamento no Brasil. Entre as fontes de ineficiência, destacam-se a falta de planejamento adequado, gerenciamento inadequado das companhias de saneamento, a baixa qualidade técnica dos projetos, e a dificuldade para a obtenção de financiamentos e das licenças necessárias para as obras (Ferreira; Dias, 2015).

A insuficiência de investimentos no setor resulta em infraestrutura inadequada dos sistemas de saneamento e externalidades negativas¹ que recaem sobre a população. Essas externalidades estão associadas à propagação de doenças de veiculação hídrica (amebíase, cólera, giardíase, entre outras) e a própria contaminação ambiental (dos corpos hídricos, do ar, e do solo) (Ribeiro; Rooke, 2010; Alochio, 2011; Brasil, 2015; Carcará *et al.*, 2019). Portanto, tornar o sistema eficiente pode contribuir para mitigar as externalidades negativas e potencializar as externalidades positivas originadas a partir do setor.

Considerando que o sistema de saneamento básico presta um serviço à população por meio da mobilização de insumos que são transformados em produtos ou resultados, a mensuração da eficiência do sistema e a identificação dos fatores determinantes da produtividade são relevantes para o planejamento e a melhoria do desempenho desse setor. Os serviços de saneamento básico operando eficientemente pode contribuir para a ampliação da taxa de cobertura desses serviços, refletindo na melhoria do nível de bem-estar da população assistida (Nocko *et al.*, 2017).

A Política Nacional do Saneamento Básico introduziu mudanças importantes no sistema de saneamento básico que podem resultar na melhoria da eficiência da prestação dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos nos municípios brasileiros (Cruz *et al.*, 2019). Nesse sentido, este estudo tem como foco avaliar a eficiência técnica e a produtividade dos serviços de saneamento básico nos municípios do estado do Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil.

No Ceará, a avaliação de políticas de saneamento não tem empreendido avanços significativos, tendo as preocupações iniciais com a temática ocorridos ao final da década de 90 (Braide *et al.*, 2016). Em 2018, o estado mostrava índice de atendimento de abastecimento de água e de esgoto acima da média da região, 74,2% e 40,5%, respectivamente. No âmbito institucional, o Ceará instituiu a Política Estadual de abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário por meio da Lei n° 162, de 20 de junho de 2016, a qual também tem como princípios norteadores a promoção da eficiência e sustentabilidade econômica do setor (Ceará, 2016; Caprini *et al.*, 2018).

Este estudo tem como objetivo analisar as mudanças no grau de eficiência técnica na prestação desses serviços e as causas das mudanças na produtividade dos fatores de produção dos municípios cearenses, entre os anos de 2005 e 2017. Considerando o ano de instituição do

¹ Utiliza-se o termo quando se descreve os efeitos colaterais negativos que podem derivar da criação de um produto ou da execução de um serviço, partindo conscientemente ou não dos seus agentes responsáveis (Salles; Matias, 2022).

PNSA como o marco temporal de mudanças no padrão dos serviços de saneamento básico, analisam-se, comparativamente, as mensurações de eficiência e produtividade entre os períodos que antecede o PNSA (2005-2006) e aqueles que sucedem a efetivação dessa política (2007-2017). Para isto, utilizam-se Análise Envoltória de Dados (DEA) para construir uma fronteira de eficiência e o Índice de *Malmquist* para mensurar as alterações na Produtividade Total dos Fatores (PTF) de produção (Hayne, 2003; Ferreira; Gomes, 2009; Macedo, 2018).

Este capítulo está estruturado em cinco seções, além da introdução. A segunda seção foi reservada ao referencial teórico. Na terceira seção, descrevem-se os métodos, variáveis e procedimentos metodológicos da pesquisa. Na quarta seção, os principais resultados são mostrados e discutidos. Na quinta seção, as conclusões do estudo são apresentadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção inicia conceituando o conceito de eficiência do serviço de saneamento básico e mostrando a eficiência como requisito para o desenvolvimento do saneamento no Brasil e no estado do Ceará. Em seguida, faz-se a discussão dos principais resultados de trabalhos realizados na área.

2.1 Eficiência do saneamento básico

O conceito de saneamento vem sendo socialmente estabelecido ao longo da história, no que tange às condições materiais e sociais de cada época, do avanço do conhecimento e da sua assimilação pela população. A Organização Mundial da Saúde (OMS) define saneamento como “o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre seu estado de bem-estar físico, mental ou social” (Brasil, 2015, p. 18). Tal definição é amplamente difundida, no entanto são encontrados diversos outros significados, inexistindo um conceito único e aceito por todos (Brasil, 2015; Murtha *et al.*, 2015).

De acordo com a Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, este é definido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais destinado ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais. Os serviços devem ser providos e gerenciados, respeitando os princípios de eficiência e de sustentabilidade econômica (Brasil, 2007).

Embora a disponibilidade de água potável e a abrangência do esgotamento sanitário tenham aumentado nas últimas décadas no Brasil (Banco Mundial, 2017), a ineficiência e a desigualdades no acesso aos serviços ainda representam importante campo de atuação das políticas públicas (OMS, 2015). O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) (Brasil, 2013), instituído em 2013, estabelecia metas de redução de déficits presentes nos serviços de saneamento a serem alcançadas em 2018, 2023 e 2033, no intuito de promover a universalização do abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos.

Diante disso, a Lei nº 162/2016 que instituiu a Política Estadual de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário no Estado do Ceará considera que os serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário devem ser prestados obrigatoriamente sob duas condições: (i) em conjunto quando existentes as infraestruturas; ou (ii) isoladamente até a

oferta das infraestruturas específicas necessárias. A política estadual está alinhada com a política federal tanto nos seus princípios quanto nas diretrizes e objetivos, em particular na promoção da eficiência do sistema (Ceará, 2016).

No que diz respeito ao Plano Estadual de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário (PAAES), tem-se como um dos requisitos mínimos adotar os procedimentos de monitoramento e avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas e executadas. Por outro lado, os usuários possuem o direito de receber os serviços públicos de saneamento básico com eficiência, qualidade e cortesia (Brasil, 2016).

Portanto, a eficiência dos serviços de água e esgoto caracteriza-se pelo modo como o sistema utiliza os recursos disponíveis com o intuito de otimizar seus resultados, podendo ser de natureza técnica e econômica. Dito de outra forma, consiste na mensuração do desempenho do sistema que reflete a competência administrativa de tomar decisões que impliquem o máximo de resultados com o mínimo de recursos empregados na prestação do serviço (Belloni, 2000).

Assim, a eficiência dos serviços de água e esgoto a ser obtida a partir das políticas de saneamento, em âmbito nacional e estadual, está associada aos objetivos de prestar tais serviços de forma adequada e sustentável. Tais objetivos estão condicionados ao atendimento dos requisitos de qualidade, regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas. Adicionalmente, o equilíbrio econômico-financeiro da prestação de serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário deve ser observado para alcançar a eficiência econômica do sistema (Brasil, 2007; Brasil, 2016).

2.2 Eficiência do serviço de saneamento

Os trabalhos que tratam da avaliação da eficiência dos serviços de saneamento básico no mundo remontam à década dos anos 1980. No Brasil, os primeiros trabalhos apareceram no final dos anos 1990, desde então estudos foram realizados em vários estados, abordando várias dimensões da eficiência, tais como estimativa da eficiência técnica e identificação de fatores determinantes da eficiência. A seguir, alguns trabalhos são apresentados, com destaque para as avaliações de eficiência que utilizaram o modelo DEA.

Scaratti *et al.* (2013) usaram o DEA para estimar a eficiência da gestão dos serviços municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil. Com dados extraídos do SNIS, os Índices de eficiência técnica foram estimados para 53 municípios prestadores de

serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, cuja população variava entre 50 mil e 100 mil habitantes. Do total de municípios avaliados, apenas onze municípios mostraram-se eficientes (índice igual a 1) na prestação dos serviços de saneamento, sendo nove de abastecimento de água potável e três de esgotamento sanitário. Os demais municípios mostraram-se relativamente ineficientes, possuindo escore inferior à unidade, correspondendo a aproximadamente 88% da amostra. Apenas um município apresentou-se eficiente em ambos os serviços, abastecimento de água potável e esgotamento sanitário.

Medeiros e Rodrigues (2019) avaliaram o impacto das políticas públicas municipais sobre a prestação eficiente e a universalização do acesso aos serviços de saneamento, no estado de Minas Gerais, utilizando o DEA. Os efeitos das políticas públicas não se mostraram significativamente diferentes entre os dois grupos de municípios, os que adotaram políticas públicas e os que não adotaram. Esses resultados ressaltam a relevância da criação de instituições que permitam a alavancagem dos investimentos em capital físico e capacitação de pessoal no setor, tornando a prestação, além de universal, mais eficiente.

Cruz e Ramos (2012) analisaram a eficiência na gestão do saneamento básico e seus impactos sobre a promoção da saúde. Com base nos escores de eficiência estimado pelo DEA, todos os estados da região Sul mostraram-se eficientes, enquanto, na região Sudeste, a maioria dos estados apresentaram alta eficiência. Ou seja, escores próximos de 1, com exceção de Rio de Janeiro e Minas Gerais, que mostraram baixa eficiência. Já os estados das regiões Norte e Nordeste apresentaram baixo grau de eficiência, sendo que o primeiro mostrou resultados melhores.

Ainda sobre a relação entre saneamento básico e saúde, Valdevino *et al.* (2010) constataram a precariedade dos serviços de saneamento básico no combate de endemias nos municípios do estado de Tocantins. Portella *et al.* (2018) investigaram os fatores externos que afetavam a eficiência dos investimentos em saneamento básico das empresas responsáveis pelo setor nos municípios de Santa Catarina. Utilizando o DEA e dados do SNIS, entre os anos de 2010 a 2013, concluíram que existe uma relação direta entre arrecadação e eficiência na aplicação dos seus investimentos em saneamento básico, de modo que quanto maior a arrecadação municipal, maior será o investimento em saneamento.

Por último, Motta e Moreira (2006) analisaram o setor de saneamento brasileiro por meio do Índice de *Malmquist*. A análise abrangeu 104 operadores, distribuídas em todo território nacional, sendo 73 operadoras locais, 20 operadoras regionais e 11 operadoras privadas, entre os anos de 1998 e 2002. As eficiências de escala e técnica foram estimadas sob a orientação do produto. Os resultados mostraram que a produtividade total dos fatores

progrediu no período, determinada mais pesadamente pela mudança na eficiência técnica do que na mudança tecnológica, tendo a gestão privada um papel importante nesse processo. O estudo também verificou que, embora os operadores regionais se beneficiassem das economias de escala, operavam com níveis baixos de produtividade, sendo relativamente ineficientes quando comparados aos operadores locais.

Em síntese, com base nos trabalhos relatados, pode-se constatar que a eficiência técnica do saneamento básico em recortes territoriais brasileiros, em geral, é baixo e diferencia-se em termos de desempenho por tipo de serviço e entre estados e municípios. Observou-se também que as políticas públicas municipais não têm causado incrementos significativos na eficiência do saneamento básico. Apesar disso, a eficiência do saneamento básico tem impacto significativo sobre a qualidade da saúde da população, embora esses impactos sejam sentidos em graus variados entre as regiões brasileiras. Pode-se constatar também que existe uma relação direta entre arrecadação e investimentos em saneamento nos municípios. Por último, verificou-se que a produtividade total dos fatores do setor de saneamento aumentou no Brasil, entre 1998 e 2002, em função principalmente da mudança na eficiência técnicas dos operadores dos serviços.

Essa revisão de literatura, embora não seja exaustiva, evidencia que existe uma lacuna de pesquisa sobre avaliação de eficiência técnica dos serviços de água e esgoto no estado do Ceará, o que este estudo se propõe a fazer.

3 METODOLOGIA

Esta seção inicia com a delimitação da área de estudos. Em seguida, são apresentados os métodos de análise, a saber: Análise de Envoltório de Dados (DEA), a técnica de *Jackstrap* e o Índice de *Malmquist*. Depois, as variáveis utilizadas nos modelos são definidas assim como a fonte de dados da pesquisa.

3.1 Área de estudo

A área de estudo desta pesquisa é o estado do Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil, que possui área de 148.920,472 km² e população estimada, para o ano de 2020, de 9.187.103 habitantes, sendo o oitavo estado mais populoso do país, ocupando a 15ª posição no *ranking* de desenvolvimento, com um IDH de 0,735 (IBGE, 2020).

O Ceará está dividido política-administrativamente em 184 municípios, cujos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário são feitos por autarquias e empresa pública estadual. Do total de municípios, 151 (ou 82%) deles são atendidos pela Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), empresa de economia mista estadual; e 33 (ou 17,9%) são atendidos pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), autarquia municipal (Brasil, 2019).

Para os municípios cearenses, segundo dados de 2017 (SNIS, 2022), a média das taxas de abastecimento de água foi de 54,6%, variando no intervalo entre 100% de cobertura no município de Sobral e 14,5%, no município de Beberibe. Dos municípios cearenses, oito deles (ou 4,3%) atendem, por meio da rede pública de água, mais de 80% dos domicílios, a saber: Fortaleza (81,4%), Juazeiro do Norte (82,7%), Iguatu (84,4%), Itaitinga (85,4%), Crato (91,2%), Morada Nova (95,9%), Limoeiro do Norte (99%) e Sobral (100%). Naquele ano, Sobral é o único município cearense que alcançou a universalidade dos serviços de abastecimento de água no estado do Ceará.

Em termos de cobertura do serviço de esgotamento sanitário nos municípios cearenses, a média das taxas de cobertura do serviço de esgoto era de 16,1%, sendo a maior cobertura observada no município de Sobral e a menor, em Cascavel. Os municípios que apresentaram taxas de cobertura do serviço de esgoto acima de 50% foram apenas os municípios de Fortaleza (50,7%) e Sobral (87,7%). Portanto, a rede de esgoto nos municípios cearenses apresenta elevado déficit, mesmo nas principais cidades do estado.

3.2 Análise de Envoltório de Dados (DEA)

A mensuração e análise da eficiência remontam à década de cinquenta quando surgiram os primeiros estudos e aplicações (Casado, 2007). Nesse período, Koopmans (1951), Farrel (1957) e Debreu (1951) desenvolveram as técnicas não-paramétricas que são utilizadas para avaliar o nível de eficiência de um plano de operação. A partir da década de setenta, as técnicas de mensuração de eficiência foram aprimoradas consideravelmente, assim como ampliadas as áreas de aplicação. Tais avanços nos métodos não paramétricos, por oferecer resultados mais significativos, têm se popularizado na literatura (Casado, 2007).

No final da década de setenta, Charnes *et al.* (1978) generalizaram os estudos de Farrel, ampliando o modelo de eficiência para o contexto de múltiplos recursos (insumos ou *inputs*) e múltiplos resultados (produtos ou *outputs*) e concebendo um indicador que atendesse ao conceito de eficiência de Koopmans. Assim, originou-se a técnica de construção de fronteiras de produção e indicadores da eficiência produtiva conhecida como Análise Envoltória de Dados (DEA) (traduzido do inglês, *Data Envelopment Analysis*).

A DEA é uma técnica não paramétrica determinística que utiliza a programação matemática para construir uma fronteira de eficiência, que serve como linha de referência para a mensuração da eficiência relativa de observações homogêneas (Ramanathan, 2003; Casado, 2007). Esse modelo utiliza dados que descrevem o comportamento produtivo de um conjunto de Unidades Tomadoras de Decisão (DMU) (*Decision Making Units*, do inglês). As DMU's são entidades capazes de transformar múltiplos recursos (entradas) em múltiplos resultados (saídas) por meio de um processo produtivo ou tecnologia (Ramanathan, 2003).

O Índice de eficiência no DEA é uma medida relativa, obtida por meio da atribuição de pesos aos *inputs* e aos *outputs* das DMU's. Uma vez conhecido os pesos, calcula-se o valor máximo da razão entre a soma das médias ponderadas dos produtos e a soma das médias ponderadas dos insumos, sujeito à restrição de que nenhuma outra DMU de características similares seja capaz de atingir eficiência superior a unitária, dado o mesmo conjunto de pesos (Cruz; Ramos, 2012). Os índices estimados de eficiência assumem valores entre zero e um, sendo que o escore 1 refere-se a DMU eficiente, denominadas de benchmarking (referência), e escores menores que 1, indica que a DMU é relativamente ineficiente (Santos *et al.*, 2015)

O DEA pode ser estimado sobre pressupostos diferentes quanto aos retornos à escala da função de produção. O primeiro modelo de programação DEA, proposto por Charnes *et al.* (1978), é aplicado à tecnologia de múltiplos insumos e aos múltiplos produtos sob retornos constantes de escala (CRS). O modelo CRS pode ser estimado sob duas orientações de função

distância: orientada ao produto e orientada ao insumo. Na primeira, objetiva-se maximizar os produtos para dadas quantidades de insumos observados enquanto na segunda objetiva-se a minimizar os insumos para dados níveis de produtos observado.

Gomes e Batista (2004), em seu trabalho, listaram várias vantagens atribuídas ao método DEA, a seguir, mostra-se as mais relevantes. O DEA permite utilizar uma única unidade de medida resumo para mensurar a eficiência, sendo, portanto, um número índice, o qual se mostra útil para auxiliar o julgamento de valor de fenômenos complexos a eles associado. Além disso, dispensa a atribuição de pesos aos insumos, evitando a subjetividade inerente às abordagens de avaliação de eficiência que recorrem ao julgamento de valor do analista ou gestor no processo de obtenção da alternativa mais eficiente. Por último, possibilita a verificação de valores ótimos de produção e de consumo respeitando restrições de factibilidade e permite a incorporação de insumos e de produtos avaliados em unidades de medidas diferentes.

Nesse contexto, utilizou-se a DEA para construir uma fronteira de eficiência dos prestadores de serviço de saneamento básico para o estado do Ceará, baseados nos escores de eficiência relativa desse serviço dos municípios. A prestação do serviço de saneamento básico pressupõe a existência de uma tecnologia que relaciona os insumos (ou recursos públicos) e os produtos (ou qualidade do serviço de saneamento) que é adotada pelas prestadoras dos serviços, denominadas aqui de unidade de tomada de decisão (DMU).

Nessa análise, pressupõe-se que a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) é um fator externo ou condicionante político que pode proporcionar mudanças técnica e tecnológica do serviço prestado ao longo do tempo. Os incentivos criados pela PNSB sobre as agências prestadoras do serviço de saneamento básico municipal podem resultar no aumento de eficiência da prestação desses serviços e na produtividade total dos fatores empregados.

O modelo DEA utilizado é conduzido sobre os pressupostos de orientação ao produto e retornos constantes à escala (CCR), seguindo a abordagem de Cooper *et al.* (2000). A orientação ao produto foi adotada porque os serviços de saneamento básico são prestados por órgãos públicos que compõem a administração pública indireta. Em geral, a administração pública tem sido reconhecida, no Brasil, como ineficiente na prestação dos serviços públicos. Portanto, pressupõe-se que a melhoria de desempenho na prestação dos serviços públicos pode ser alcançada por meio de ganhos de eficiência e produtividade, dados os recursos disponíveis.

Dessa forma, o modelo DEA conduzido sob a orientação ao produto parece se adequar satisfatoriamente às características das DMU's neste estudo. A orientação ao produto implica que a ineficiência de uma DMU é eliminada à medida que os produtos são aumentados,

proporcionalmente, considerando as quantidades fixas disponíveis dos insumos na produção (Ferreira; Gomes, 2009).

Segundo Gomes e Batista (2004) e Diniz (2016), a fronteira de eficiência é aquela que representa as unidades avaliadas que conseguem maximizar a utilização dos *inputs* na produção de *outputs*. A eficiência da DMU em relação à fronteira designa-se como a eficiência relativa. Dessa forma, a eficiência relativa de cada DMU é calcula pela razão da soma ponderada de seus produtos (*outputs*), pela soma ponderada dos insumos necessários para gerá-los (*inputs*) (Rios, 2005).

Para calcular a eficiência, considera-se X a matriz dos *inputs*, em que x_{ij} é a quantidade do insumo i na DMU j ; e Y , a matriz dos *outputs*, em que y_{ij} é a quantidade do produto i na DMU j . A medida de eficiência para cada i -ésima DMU da amostra será dada pela razão entre todos os produtos e todos os insumos, de acordo com a Equação 1, a seguir:

$$DMU_i = \frac{\mu' y_i}{V' X_i} = \frac{\mu_1 y_{1i} + \mu_2 y_{2i} + \dots + \mu_m y_{mi}}{V_1 X_{1i} + V_2 X_{2i} + \dots + V_k X_{ki}} \quad (1)$$

Em que: DMU_i é a eficiência da i -ésima DMU, μ é um vetor ($m \times 1$) de pesos nos produtos e V é um vetor ($k \times 1$) de pesos nos insumos.

Para retornos constantes de escala e eficiência voltada para o aumento do produto (orientação para o produto), tem-se como segue a Equação 2.

$$MAX \mu v (\mu' y_i) \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\begin{cases} \mu' y_j - v' x_j \leq 0, & j = 1, 2, \dots, n, \\ v x_i = 1 \\ \mu, v \geq 0 \end{cases}$$

A eficiência relativa é, normalmente, expressa por escores que assumem valores na escala $[0, 1]$. Na orientação ao produto, o escore 1 é atribuído à DMU eficiente, ou seja, aquela que se encontra na fronteira de eficiência enquanto o escore menor que 1 é atribuído à DMU ineficiente, ou seja, aquela que está abaixo de fronteira de eficiência.

Os escores de eficiência do modelo DEA é estimado pelo programa *Data Envelopment Analysis Computer Program* (DEAP) versão 2.1.

3.3 Abordagem *Jackstrap*

Neste estudo, adota-se a abordagem *Jackstrap*, sugerido por Sousa e Stosic (2005), cujo objetivo é identificar e eliminar os dados discrepantes (*outliers*), e outras observações atípicas, para garantir medidas robustas dos escores de eficiência.

A escolha da técnica, entre outros métodos aplicáveis, dá-se por reunir dois procedimentos, *Jackknife* e *Bootstrap*. O procedimento *Jackknife* permite eliminar o impacto que a remoção de uma DMU tem sobre a eficiência das demais. Já o procedimento *Bootstrap* calcula os *leverage* (poder de influência da DMU, podendo ser entendido como o desvio-padrão das medidas de eficiência antes e depois da remoção da informação) para cada DMU por meio do procedimento de reamostragem estocástica (Souza; Stosic, 2005).

Neste estudo, inicialmente, obtiveram-se os escores dos dados originais por meio do DEA. Em seguida, obtiveram-se os subconjuntos de valores *leverage* por meio de um conjunto de DMU's aleatórias. Utilizou-se 10% segundo a recomendação de Sousa e Stosic (2005), pois essa etapa é repetida n vezes, acumulando o subconjunto de informações de *leverage* para todas as DMU's e, posteriormente, calculou-se para cada DMU de acordo com a Equação 3:

$$l_j = \sum_{b=1}^{nby} l_j b / n_j \quad (3)$$

Por fim, calculou-se a média geral de todos os *leverage* com a Equação 4:

$$l_j = \sum_{j=1}^k l_j / k \quad (4)$$

Com base na média geral dos *leverage* e na média de cada DMU, os *outliers* podem ser detectados por intermédio da utilização de funções de distribuição de probabilidade. Para isso, foi utilizada a função *Heaviside step*, sugerida por Sousa e Stosic (2005), por proporcionar menor arbitrariedade e maior robustez aos dados. A função *Heaviside step* é representada pela Equação 5:

$$P(lx) = \begin{cases} 1, & \text{se } lk < l \log k, \\ 0, & \text{se } lk \geq l \log k. \end{cases} \quad (5)$$

Em que: k é o tamanho da amostra.

Neste estudo, segundo sugestão de Sousa e Stosic (2005), rejeitaram-se as DMU's que apresentaram *leverage* três vezes maior do que a média geral de todos os *leverage* da amostra. Todas as etapas da abordagem *Jackstrap* foram conduzidas usando o pacote *jackstrap* do Programa R.

3.4 Índice de *Malmquist*

A origem do Índice de *Malmquist* foi introduzido por Caves (1982), com base no trabalho de Malmquist (1953), com o intuito de medir a variação da produtividade em diferentes períodos. Ao comparar dois períodos, observam-se duas fronteiras distintas: a do período inicial (t) e a do período final ($t + 1$). Assim, é possível obter Índices de Desempenho de acordo com a tecnologia de referência (fronteira) assumida (antes e depois).

Segundo Macedo (2018), o método para determinar o Índice de *Malmquist* aplica o modelo de programação linear para construir a fronteira de produção em dois períodos diferentes e considera a distância de cada DMU, antes e depois, em relação às duas fronteiras distintas. Segundo Färe *et al.* (1994), a medida de mudança na produtividade, em geral, baseia-se no conceito de Produtividade Total dos Fatores (FTP) de produção, que é definida pelo aumento no produto líquido decorrente do aumento nos insumos utilizados na produção.

Para um DMU, as mudanças na PTF, avaliadas entre os períodos distintos, podem ser determinadas por alterações na eficiência técnica (emparelhamento) e/ou no progresso técnico (deslocamento da fronteira) (Cooper *et al.*, 2000, Sueyoshi; Aoki, 2001; Almeida, 2010; Macedo, 2018). Desse modo, o efeito emparelhamento analisa o aumento ou a redução da eficiência técnica produtiva ao longo do tempo, ou seja, verifica as melhorias contínuas no processo de produção e nos produtos, dada a mesma tecnologia. Já o efeito deslocamento reflete os avanços na produtividade da DMU, devido às inovações tecnológicas (Ferreira; Gomes, 2009).

De acordo com Wilhelm (2003), o Índice de *Malmquist* tem diversas características satisfatórias. Dentre outras, não é necessário definir o comportamento da função, como a minimização de custos ou maximização de receitas, considerando que é muito útil quando os objetivos dos produtores são diferentes ou, ainda, quando estes são desconhecidos. O autor relata ainda que outro benefício é a possibilidade do desmembramento das variações no nível de produção em dois componentes, indicador de eficiência e mudança tecnológica, permitindo conhecer a natureza da mudança de produtividade. Rosano-Peña *et al.* (2012) destacam que a inserção de uma dimensão temporal admite criar um modelo dinâmico, deslocando a questão

central de DEA para outro problema de grande importância, como a natureza da trajetória temporal.

Utilizou-se, neste estudo, o Índice de *Malmquist* para mensurar as mudanças na Produtividade Total dos Fatores (PTF) dos serviços de saneamento básico. Tal índice é formulado usando funções distância no contexto de multiproduto e multi-insumo, sem que seja necessário especificar os objetivos comportamentais dos agentes (e.g., minimização de custos ou maximização de lucros), podendo ser mensurado sob a orientação ao insumo ou orientação ao produto (Ferreira; Gomes, 2009).

Neste estudo, o Índice de *Malmquist* é calculado usando a função distância orientada ao produto. Segundo Cruz *et al.* (2019, p. 92), “as empresas são majoritariamente públicas, nas quais o corte de gastos é dificultado e a demanda pelos serviços de fornecimento de água e de esgotamento sanitário não está plenamente atendida”. Desse modo, para um período t , a tecnologia de produção pode ser caracterizada pelo conjunto de produção $P(x)$ que concebe todo o vetor de produtos, denominado y_t , que são adquiridos através da utilização do vetor insumo, denominado x_t , conforme mostra a representação pela Equação 6.

$$P(x) = \{y_t: x_t \text{ pode produzir } y_t\} \quad (6)$$

Portanto, a função distância, segundo Shepard (1970), com orientação produto para o período t denominada como $d_0^t(x_t, y_t)$, é definida em $P(x)$ como mostra a Equação 7.

$$d_0^t(x_t, y_t) = \inf \left\{ \left(\delta: \frac{y_t}{\delta} \in P(x) \right) \right\} \quad (7)$$

dado que a função distância é não decrescente em y_t , crescente em x_t , e linearmente homogênea em y_t (Marinho; Carvalho, 2004). A função distância mede a máxima expansão proporcional do vetor de produto y_t , dado o vetor insumo x_t , de tal que forma que (x_t, y_t) ainda pertençam ao conjunto $P(x)$.

O índice de variação da produtividade total de *Malmquist* entre dois períodos s e t é caracterizado, segundo Färe *et al.* (1994), exibido pela Equação 8.

$$m_0(y_s, x_s, y_t, x_t) = \left[\frac{d_0^s(y_t, x_t)}{d_0^s(y_s, x_s)} \times \frac{d_0^t(y_t, x_t)}{d_0^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (8)$$

O Índice de *Malmquist* assume valores reais não negativos que refletem variação na PTF entre os períodos analisados, tal que escore m_0 menor do que 1, demonstra variação negativa da PTF, ou seja, diminuição na produtividade; enquanto escore m_0 maior do que 1, indica variação positiva, ou seja, aumento na produtividade. Depois de reorganizar os termos algebricamente, outra forma de expressar a Equação 8 é a seguinte exibida pela Equação 9:

$$m_0(y_s, x_s, y_t, x_t) = \frac{d_0^t(y_t, x_t)}{d_0^s(y_s, x_s)} \times \left[\frac{d_0^s(y_t, x_t)}{d_0^t(y_t, x_t)} \times \frac{d_0^s(y_s, x_s)}{d_0^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (9)$$

Segundo a Equação 9, o Índice de *Malmquist* pode ser decomposto em dois efeitos: (i) efeito emparelhamento (*catch-up effect*), primeiro termo à direita da igualdade; e (ii) efeito deslocamento da fronteira (*frontier-shift effect*), segundo termo à direita da igualdade. O efeito emparelhamento é obtido por meio da razão entre as eficiências técnicas dos dois períodos analisados, tal que: escore maior do que 1 revela melhoria na eficiência técnica; escore igual a 1 revela eficiência inalterada entre períodos; e escore menor que 1 declínio na eficiência técnica.

O efeito deslocamento da fronteira reflete a distância das unidades tomadoras de decisão em relação a suas respectivas fronteiras de eficiência, tal que: escore maior do que 1 indica progresso tecnológico no segundo período analisado; escore m_0 igual a 1 demonstra a não ocorrência de mudança tecnológica entre os períodos; e escore menor do que 1 revela retrocesso tecnológico.

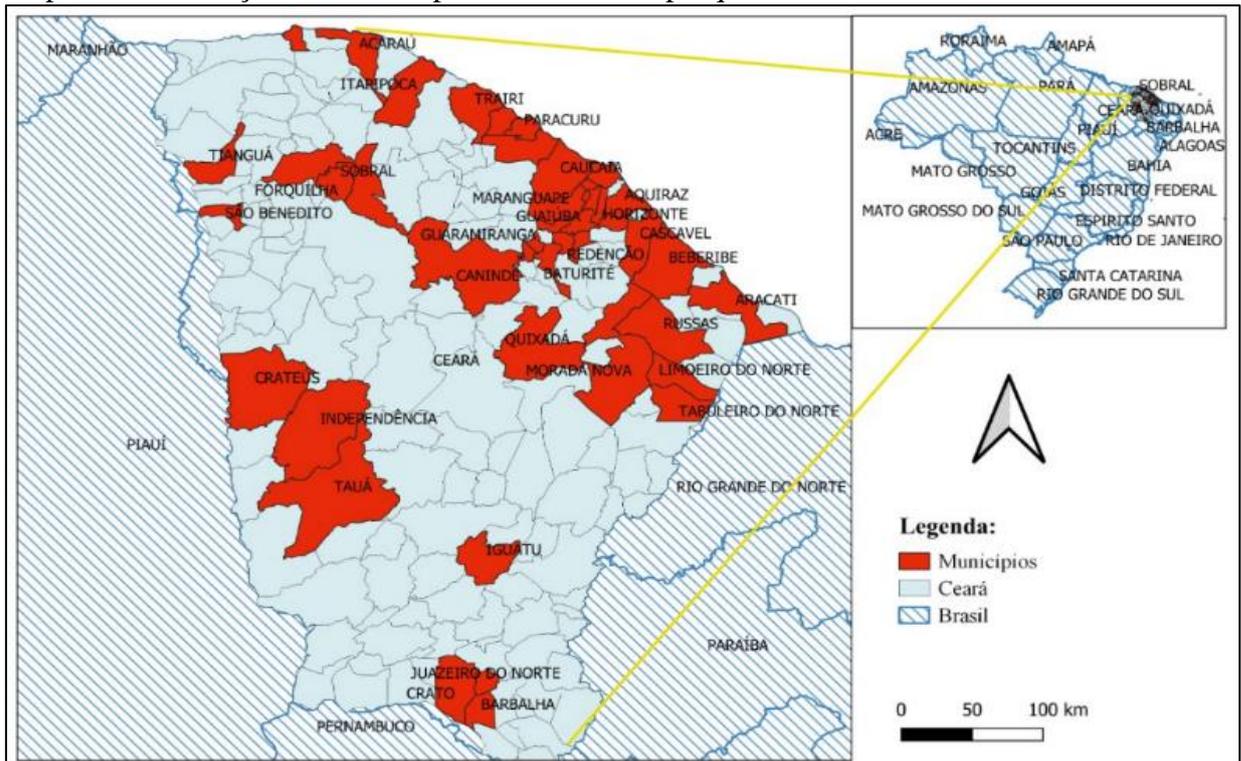
Ferreira e Gomes (2009) sustentam que o efeito emparelhamento analisa o aumento ou a redução da eficiência técnica produtiva ao longo do tempo, isto é, verifica as melhorias contínuas no processo de produção e nos produtos, dada a mesma tecnologia enquanto o efeito deslocamento reflete os avanços na produtividade da DMU, devido às inovações tecnológicas.

3.5 Base de dados e variáveis selecionadas

Os dados utilizados nos modelos de eficiência e produtividade são de natureza secundária, os quais foram extraídos da base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). O SNIS é a base de dados de referência do setor de saneamento brasileiro, o qual dispõe de informações e indicadores sobre a prestação de serviços de água e esgotos, de manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Brasil, 2019; SNIS, 2020).

O estado do Ceará possui 184 municípios, dos quais 42 deles (ou 23%) dispunham de dados completos para os indicadores analisados. Essa amostra foi reduzida a 35 (ou 19%) municípios em função das limitações impostas pela abordagem *Jackstrap* durante sua execução. O Mapa 1 mostra a localização dos municípios do estado do Ceará selecionados efetivamente para estudo.

Mapa 1 - Localização dos municípios utilizados na pesquisa



Fonte: Autor (2020).

Os indicadores utilizados na análise foram selecionados com base na literatura (Silva; Diniz, 2017) e na própria relação de produção do setor de saneamento básico. Os *inputs* selecionados para análise foram: Custo total com os serviços por m³ faturado (IN003); Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (IN058); e o Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário (IN059).

O custo variável unitário (R\$/m³) do sistema de saneamento tem sido amplamente utilizados nos estudos de eficiência do saneamento básico (Hernández-Sancho *et al.*, 2011; Makisha; Kazimirova, 2018; Hilorme, *et al.*, 2018; Correia *et al.*, 2020) por refletir a quantidade empregada dos insumos de mão-de-obra, químicos, energia elétrica usada no sistema. Neste estudo, os custos do setor foram representados pelos custos totais com os serviços por metro cúbico faturado, conjecturando no próprio *input* uma relação de economicidade. Espera-se uma

relação inversa entre a eficiência técnica do sistema de saneamento e o indicador de custo variável.

Adicionou-se como *input* o consumo de energia elétrica por verificar que é indispensável na gestão e operação dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, originando uma despesa de exploração significativa (Brasil, 2019). Segundo SNIS (2020), o Índice de consumo de energia elétrica é uma informação que serve para projeções de custos operacionais, ou seja, os gastos associados à manutenção e administração dos serviços.

As fontes hidráulicas, usadas predominantemente no Brasil, contribui para a mitigação da mudança climática. Portanto, é um insumo importante a ser considerado na eficiência do sistema de saneamento por razões econômicas e ambientais. Em termos de eficiência técnica, quanto menor o Índice de consumo de energia elétrica, maior a eficiência do sistema de saneamento.

Os *outputs* selecionados para análise foram três, a saber: Índice de atendimento total de água (IN055); Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN056); e Indicador de desempenho financeiro (IN012). Esses *outputs* foram escolhidos no intuito de representar as características técnicas, operacionais e econômicas do setor de saneamento, assim como as metas de universalização do acesso aos serviços e o seu desempenho financeiro como forma de capturar a eficiência.

Os indicadores selecionados do sistema foram classificados em *inputs* e *outputs*. O Quadro 1 apresenta a classificação dos indicadores, acompanhados de sua denominação e definição.

O período de análise compreendeu os anos de 2005 a 2017, considerando os subperíodos de 2005-2006 e 2007-2017, que é dividido pelo marco político-institucional referente à implantação da PNSB.

Quadro 1 - *Inputs e Outputs* utilizados no modelo DEA de eficiência do saneamento no Ceará

	Indicador	Definição
<i>Input</i>	Custo total com os serviços por m ³ faturado (IN003)	É a razão entre o custo total (custos fixos e custos variáveis) com os serviços e o total de volume faturado de água e esgoto, expressa em reais por metro cúbico. (Valores reais)
<i>Input</i>	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (IN058)	É o consumo total de energia elétrica em kWh, dividido pela soma do volume de água produzido e importado (ambos em m ³), expresso em kWh por metro cúbico.
<i>Input</i>	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário (IN059)	É o consumo total de energia elétrica em kWh nos sistemas de esgotos dividido pelo volume em m ³ de esgotos coletado, expresso em kWh por metro cúbico.
<i>Output</i>	Índice de atendimento total de água (IN055)	É a proporção da população atendida com os serviços de abastecimento de água, obtido pela razão entre a população total atendida com abastecimento de água e a população total do município em questão, expressa em termos percentuais.
<i>Output</i>	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN056)	É a proporção da população atendida com os serviços de esgotamento sanitário, obtido pela razão entre a população total atendida com esgotamento sanitário e a população total do município, expressa em termos percentuais.
<i>Output</i>	Indicador de desempenho financeiro (IN012)	É a razão entre o total das receitas bruta, ou seja, o montante recebido pela prestação de serviços (receita operacional de água, receita operacional de água exportada, receita operacional direta de esgoto e a receita operacional com esgoto bruto importa) e o total dos custos operacionais com os serviços, expressa em termos percentuais.

Fonte: Brasil (2019); SNIS (2020)

3.6 Estatística descritiva das variáveis utilizadas na DEA

A estatística descritiva dos indicadores dos *inputs* e *outputs* utilizadas na DEA do saneamento básico da amostra de municípios do Ceará são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos *inputs* e *outputs* do modelo DEA

Variáveis	Período	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Custo total por metro cúbico com os serviços (<i>input</i>)	2005 - 2006	R\$/m ³	1,02	0,45	0,32	2,53
	2007 - 2017		2,39	1,24	0,22	9,72
Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (<i>input</i>)	2005 - 2006	kWh/m ³	0,63	0,72	0,01	6,4
	2007-2017		0,64	0,61	0,02	7,4
Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário (<i>input</i>)	2005 - 2006	kWh/m ³	0,62	0,96	0,02	4,11
	2007 - 2017		0,46	0,68	0,01	4,55
Indicador de desempenho financeiro (<i>output</i>)	2005 - 2006	%	145,29	79,65	35,56	449,88
	2007 - 2017		96,02	49,37	23,31	290,78
Índice de atendimento total de água (<i>output</i>)	2005 - 2006	%	52,69	23,95	9,81	100
	2007 - 2017		54,91	22,41	3,98	100
Índice de atendimento total de esgoto (<i>output</i>)	2005 - 2006	%	13,03	14,59	0,03	70,2
	2007 - 2017		15,62	15,54	0,76	89,3

Fonte: SNIS (2020).

Em termos médios dos *inputs* antes e depois do PNBS, o custo total dos serviços (*input*) aumentou de R\$1,02/m³ para R\$2,39/m³, correspondendo a uma variação de 134,3%; o Índice

de consumo de energia elétrica do abastecimento de água experimentou um ligeiro aumento de 1,6%; e o Índice de consumo de energia elétrica do sistema de esgotamento sanitária diminuiu 25,8%. Portanto, comparando os períodos antes e depois do PNBS, as médias dos indicadores de inputs não apresentam o mesmo padrão de variação, o que demonstra mudanças na relação de produção nesse setor entre os períodos analisados.

Com relação aos *outputs* entre os dois períodos, as médias dos indicadores de *outputs* também não apresentaram o mesmo padrão de variação. Comparando os dois períodos, a média do indicador de desempenho financeiro declinou 33,9%; o Índice de atendimento total de água aumentou 4,2%; e o Índice de atendimento total de esgoto aumentou 19,9%. Essa variação nas magnitudes dos indicadores são evidências que os tipos de serviços de saneamento básicos respondem diferentemente às mudanças do contexto político no setor de saneamento, com maior sensibilidade observada no serviço de esgotamento sanitário. Deve-se ressaltar a variação negativa observada na média do indicador de desempenho financeiro que demonstra que o aumento nas receitas não está acompanhando o aumento nos custos dos serviços de saneamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentam-se os resultados do estudo, iniciando com a análise de eficiência do setor de saneamento nos municípios cearenses. Em seguida, analisam-se as mudanças na produtividade total dos fatores por meio do Índice de *Malmquist*.

4.1 Análise da Eficiência Técnica

A Tabela 2 apresenta as médias dos escores estimados de eficiência das DMU's nos dois períodos analisados, 2005-2006 e 2007-2017. Com base nessa tabela, a média dos escores de eficiência dos municípios no período 2005-2006 foi ligeiramente maior do que a observada no período 2007-2017, representando um declínio de 21,9%.

No que tange ao período de 2005-2006, ou seja, antes da implementação da PNSB, observa-se que três municípios (9% do total estudado) definiram a fronteira de eficiência (Iguatu, Juazeiro do Norte e Paraipaba), por isso receberam o escore 1. Já no período de 2007-2017, verificou-se a inserção de seis municípios (18% do total estudado) na fronteira de eficiência (Canindé, Fortaleza, Iguatu, Juazeiro do Norte, Morada Nova, e Pacatuba). Assim, infere-se que houve um aumento de 9% do total de municípios cearenses analisados que atingiram escore 1, ou seja, localizaram-se na fronteira de eficiência, o que significa dizer que tais municípios representam as unidades avaliadas que maximizam a utilidade dos *inputs* na produção de *outputs*.

Comparando, de forma específica, o município de Fortaleza, antes e depois da PNSB, observa-se que o escore de eficiência pariu de 0,9 no período de 2005-2006, passando para o escore 1 de eficiência no período de 2007-2017, situando-se nesse período na fronteira de eficiência. Diferentemente, verifica-se o município de Acarapé que possuía escore de 0,5 no período de em 2005-2006, passando para escore de 0,2 no período de 2007-2017, o que significa dizer que o município se distanciou da fronteira de eficiência.

Observa-se no Gráfico 1, a partir da distribuição de frequência, antes da implementação da PNSB, a presença de sete de DMU's com eficiência entre 0% e 25% (20% do total de estudado), considerado os municípios de menores eficiências, dezesseis DMU's com eficiência entre 25% e 50% (46% do total de municípios estudados), oito DMU's com eficiência entre 50% e 75% (26% do total de municípios estudados), tendo seis DMU's com eficiência acima de 75% (17% do total de municípios estudados), sendo três DMU's com eficiência máxima (9%

do total de municípios estudados). O município que apresentou nesse período menor eficiência foi Traiti.

Tabela 2 - Coeficientes de eficiência das DMU's para os períodos de 2005-2006 e 2007-2017 para os respectivos municípios analisados

Municípios	Escore de Eficiência		Municípios	Escore de Eficiência*	
	2005-2006*	2007-2017**		2005-2006*	2007-2017**
Acarapé	0,518	0,175	Juazeiro do Norte	1	1
Acaraú	0,283	0,298	Maranguape	0,803	0,194
Aquiraz	0,377	0,163	Morada Nova	0,554	1
Aracati	0,458	0,19	Mulungu	0,29	0,147
Barbalha	0,418	0,557	Pacatuba	0,426	1
Beberibe	0,315	0,147	Palmácia	0,338	0,137
Canindé	0,733	1	Paracuru	0,485	0,254
Cascavel	0,52	0,286	Paraipaba	1	0,339
Crateús	0,757	0,193	Quixadá	0,442	0,186
Forquilha	0,546	0,497	Redenção	0,388	0,222
Fortaleza	0,893	1	Russas	0,589	0,197
Guaiúba	0,246	0,199	São Benedito	0,717	0,556
Guaramiranga	0,414	0,231	São Gonçalo do Amarante	0,928	0,799
Horizonte	0,392	0,729	Tabuleiro do Norte	0,508	0,268
Iguatu	1	1	Tauá	0,302	0,282
Independência	0,341	0,154	Tianguá	0,396	0,234
Itapipoca	0,602	0,271	Trairi	0,237	0,221
Jijoca de Jericoacoara	0,304	0,343	MÉDIA	0,529	0,413

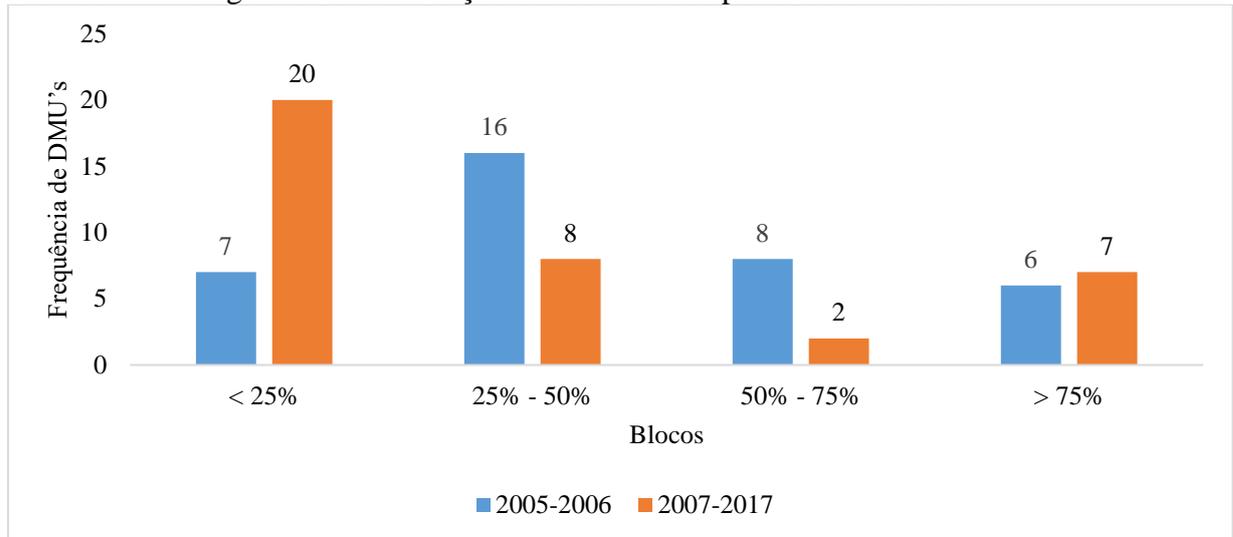
Nota: * a média de um município, no período 2005-2006, é obtida pela média aritmética do escore calculado para os anos 2005 e 2006; ** a média dos escores de um município, no período 2007-2017, é calculado pela média dos escores calculados para 11 anos.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

No que diz respeito a eficiência no período de 2007-2017, ou seja, depois da implementação da PNSB, observou-se a partir da ilustração do Gráfico 1 a presença de vinte DMU's com eficiência entre 0% e 25% (57% do total de municípios estudados), oito DMU's

com eficiência entre 25% e 50% (23% do total de municípios estudados), duas DMU's com eficiência entre 50% e 75% (6% do total de municípios estudados) e sete DMU's com eficiência acima de 75% (20% do total de municípios estudados), sendo que destas, seis DMU's (17% do total de municípios estudados) apresentaram eficiência máxima (Canindé, Fortaleza, Morada Nova, Iguatu, Pacatuba e Juazeiro do Norte).

Gráfico 1 - Histograma da distribuição dos escores dos períodos analisados



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A Tabela 3 resume as estatísticas descritivas dos períodos analisados, no que se refere a média, desvio padrão, e frequência da quantidade de DMU's. No período de 2005-2006, obteve-se a média de 47,90% e o desvio padrão em 24,54%. Já no período de 2007-2017, verificou-se que a média foi 36,70% e o desvio padrão em 31,01%. Observou-se uma evolução aparente nas DMU's mais baixas que são entre 0 a 25%, saindo de 7 municípios (20% do total de municípios estudados) antes da implementação da PNSB, para 20 municípios (57% do total de municípios estudados) após a PNSB. Nesse caso, pode-se dizer que houve mudanças associadas à abrangência dos serviços de água e esgoto. Verificou-se o inverso nas DMU's entre 25 a 50% e 50 a 75%, saindo de 16 e 8 municípios (46% e 23% do total de municípios estudados) respectivamente, antes da PNSB, para 8 e 2 municípios (23% e 6% do total de municípios estudados) respectivamente, após a implementação da PNSB. No que tange aos municípios que se observaram 100% eficientes, ou seja, com escore igual a 1, houve o acréscimo de três unidades após a PNSB, totalizando seis municípios (17% do total de municípios estudados), comparado ao número de municípios do período considerado antes da PNSB, que foram de três

municípios (9% do total de municípios estudados), assim admite-se que a causa do aumento da eficiência foi a inclusão de serviços relacionados a água e esgoto.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas dos períodos analisados, no que se refere a média, desvio padrão, e frequência da quantidade de DMU's

	2005-2006	2007-2017
Média	47,90%	36,70%
Desvio Padrão	24,54%	31,01%
0-25%	7	20
25-50%	16	8
50-75%	8	2
75-100%	6	7
Total	35	35
Eficientes	3	6

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Nesse contexto, descrevendo a amostra pela média, ou seja, com um único valor que representa o centro dos dados, os municípios analisados apresentaram 47,90% de eficiência, no período de 2005-2006 (antes da implementação da PNSB) e 36,70% de eficiência no período de 2007-2017 (depois da implementação da PNSB). Houve uma diminuição de eficiência dos serviços de saneamento, pois houve o aumento do percentual da população atendida com os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município em questão. Contudo, aumentou a quantidade de municípios verificados como eficiente, pois houve o aumento da abrangência dos serviços de água e esgoto em relação à população atendida com esses serviços nos últimos municípios supracitados.

A “utilidade e robustez” da metodologia DEA é reconhecida no trabalho de Castro (2003), uma vez que o autor tem a oportunidade de discorrer sobre eficiência de empresas de saneamento no Brasil no ano de 2000, tais reconhecimentos corroboram com a utilização da metodologia em nosso trabalho. Semelhante resultado é encontrado em Medeiros e Rodrigues (2019), pois pela ótica da Lei Federal 11.445 de 2007 (PNSB), utilizando essa metodologia, não se pode afirmar que a lei trouxe aumento consistente de eficiência para os municípios do Ceará.

4.2 Análise das mudanças na produtividade

A Tabela 4 apresenta de forma detalhada os resultados do Índice de *Malmquist*, Efeito emparelhamento e Efeito Deslocamento, que traduzem as variações de produtividade ao longo do tempo. Observou-se no período 2005-2006, que 21 municípios apresentaram valores menores que 1 do Índice *Malmquist* (60% do total estudado), o que significa dizer que, antes da implementação da PNSB, do total de municípios do Ceará analisados, 21 (60%) destes a produtividade das DMUs diminuiu ao longo do tempo. Verificou-se que 7 municípios apresentaram valores maiores que 1 do Índice *Malmquist* (20% do total estudado), interpretando assim que, antes da PNSB, houve aumento da produtividade das DMUs nestes municípios ao longo do tempo. De igual modo, 7 municípios do total apresentaram valores iguais a 1 (20% do total estudado), ou seja, a produtividade permaneceu a mesma.

Tabela 4 - Os resultados do Índice de *Malmquist*, Efeito emparelhamento e Efeito Deslocamento dos períodos analisados

	Períodos		Maior que 1	Igual a 1	Menor que 1
Índice de <i>Malmquist</i>	2005-2006	%	20%	20%	60%
		Unid	7	7	21
	2007-2017	%	0%	0%	100%
		Unid	0	0	35
Efeito Emparelhamento	2005-2006	%	22,86%	22,86%	54,29%
		Unid	8	8	19
	2007-2017	%	8,57%	37,14%	54,29%
		Unid	3	13	19
Efeito Deslocamento	2005-2006	%	5,71%	11,43%	82,86%
		Unid	2	4	29
	2007-2017	%	0%	0%	100%
		Unid	0	0	35

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

No que tange ao período 2007-2017, período depois da implementação da PNSB, observou-se uma diminuição na produtividade de todos os municípios analisados, apresentando todas as DMUs abaixo de 1, ou seja, houve uma redução da relação entre as quantidades de seus produtos e insumos. Isso significa que os prestadores de serviços de saneamento em

questão não conseguiram expandir a quantidade produzida dos serviços proporcionalmente, sem alterar a quantidade utilizada dos insumos para desenvolver os mesmos. De acordo com as variáveis utilizadas para o cálculo do Índice *Malmquist*, constatou-se que diminuiu as alterações na produtividade.

Do ponto de vista do Efeito emparelhamento, que representa mudança na eficiência dos serviços de saneamento, verificou-se, no período 2005-2006, que 19 municípios apresentaram valores menores que 1 (54% do total estudado), ou seja, houve uma diminuição na eficiência técnica. Notou-se os valores maiores que 1, em 7 municípios (20% do total estudado), como também valores iguais a 1 em outros 7 municípios, o que significa dizer que, antes da PNSB, houve aumento e permanência da eficiência deles, respectivamente. Já no período 2007-2017, o Efeito emparelhamento teve apenas 3 municípios com valores maiores que 1 (9% do total estudado). Houve uma permanência do número de municípios com valores menores que 1, quando comparado ao período que não tinha a implementação da PNSB.

No que diz respeito ao Efeito deslocamento, que representa o progresso tecnológico, pode-se observar que houve aumento do número de municípios com valores abaixo de 1, e a diminuição dos municípios com valores acima e iguais a 1, respectivamente, ou seja, não houve progresso tecnológico.

O trabalho do Macedo (2018), que avaliou o setor de saneamento no Brasil no período de 2004 a 2015, usando a DEA e o Índice de *Malmquist* possui resultados positivos nesse sentido, pois apresentam que tais empresas possuem melhoras tanto no progresso tecnológico quanto na eficiência técnica.

Os achados da presente pesquisa (tratando dos municípios analisados do estado do Ceará) mostram um resultado na contramão do estudo supracitado, pois apenas no período 2005-2007 verificou-se Índice de *Malmquist* superiores a 1. Nesse contexto, infere-se que a situação dos municípios analisados do estado do Ceará é contrária à situação geral dos serviços de saneamento do Brasil, necessitando de aumento de produtividade tanto no que diz respeito à eficiência, quanto no que tange ao progresso tecnológico. Ou seja, seguir um dos princípios da PNSB, que trata da eficiência e sustentabilidade econômica (Brasil, 2007). Essa ineficiência pode ser originada, de acordo com Ferreira e Dias (2015), pela ausência de planejamento, pouco investimento, e a baixa qualidade técnica dos projetos.

A Tabela 5 apresenta estatísticas descritivas dos resultados encontrados. Verificou-se a diminuição generalizada no desvio padrão em todos os índices se comparado os períodos 2005-2006 e 2007-2017, indicando que os pontos dos dados tendem a estar próximos da média ou do valor esperado.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas dos valores do Índice de *Malmquist*, Efeito emparelhamento e Efeito deslocamento dos períodos analisados

	Períodos	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Índice de <i>Malmquist</i>	2005-2006	1,45	1,95	0,25	11,92
	2007-2017	0,28	0,15	0,06	0,67
Efeito Emparelhamento	2005-2006	1,35	1,01	0,26	5,12
	2007-2017	1,10	0,57	0,37	2,95
Efeito Deslocamento	2005-2006	0,99	0,37	0,69	2,37
	2007-2017	0,27	0,10	0,07	0,62

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Verificou-se a diminuição do Índice de *Malmquist* de 1,45 para 0,28 quando se compara os períodos de 2005-2006 e 2007-2017, respectivamente, confirmando a diminuição da produtividade em termos médios. A estatística nesse índice mostra para o período de 2005-2006 o desvio padrão de 1,95, apresentando o valor mínimo de 0,25 e valor máximo de 11,92, o que significa dizer que se obteve maior amplitude total, ou seja, houve uma maior dispersão dos dados da variável. Nesse período, houve maior variabilidade da produtividade dos municípios cearenses estudados. Já no período de 2007-2017, verificou-se o desvio padrão de 0,15, apresentando valor mínimo de 0,06 e valor máximo de 0,67, o que significa dizer que a produtividade dos serviços de saneamento concentrou-se próximos da média. Ou seja, houve uma tendência de valores para a diminuição da produtividade.

Observou-se um maior coeficiente médio no Efeito emparelhamento no período 2005-2006 em comparação a 2007-2017, indicando uma diminuição do Efeito na eficiência técnica após a PNSB. Observou-se um menor índice médio no Efeito deslocamento no período 2007-2017. Ou seja, não houve progresso tecnológico comparado ao primeiro período das observações (2005-2006).

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar as mudanças no grau de eficiência técnica na prestação dos serviços de água e esgoto e as causas das mudanças na produtividade dos fatores de produção dos municípios cearenses, entre os anos de 2005 e 2017. Nesse contexto, pode-se concluir que houve a diminuição da produtividade após a implementação da PNSB (ano de 2007). Não houve aumento do desempenho dos serviços de saneamento, no que se refere aos municípios do estado do Ceará analisados, pois o estado da tecnologia (relação de fronteira entre os insumos e produtos) e do grau de eficiência do seu uso (desperdícios e má alocação de recursos relacionados à fronteira) não aumentaram. Os níveis de produtividade dos serviços de saneamento básico não permitem ampliar o índice de cobertura desses serviços (água e esgoto).

Em relação ao efeito da razão entre as eficiências dos dois períodos analisados (antes e depois da PNSB), conclui-se que não houve aumento na eficiência. Já quando diz respeito ao efeito da distância entre as DMUs em relação as suas respectivas fronteiras de eficiência, conclui-se que não houve progresso tecnológico quando se compara os dois períodos analisados. O estudo sugere para trabalhos futuros a realização da análise do impacto da PNSB no estado do Ceará, utilizando um método de avaliação de política pública, como, por exemplo, o método diferenças em diferenças, com o intuito de verificar a real participação dessa política na ineficiência dos serviços de água e esgoto prestados.

Coloca-se como limitação encontrada na realização deste estudo a falta de informações/dados oferecidas (os) pelas prestadoras de saneamento ao SNIS. Isso inviabiliza a coleta total de dados secundários para todos os municípios cearenses. Ademais, tal fato interferiu na seleção das variáveis utilizadas na análise. Diante disso, faz-se necessário um novo direcionamento dos formuladores de políticas públicas para o saneamento em prol da universalização desse serviço.

CAPÍTULO II: ANÁLISE DOS FATORES DETERMINANTES DO DESEMPENHO OPERACIONAL E SEUS EFEITOS DISTRIBUTIVOS DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

1 INTRODUÇÃO

Os serviços de água e esgoto podem ser usados como indicadores de qualidade de vida, de modo que o seu monitoramento tem sido empregado para compor a agenda política dos países em desenvolvimento, assim como no Brasil. Segundo Brasil (2007), as entidades que atuam no setor de prestação de serviços de água e esgoto são responsáveis por formular a respectiva política pública de saneamento básico, devendo estabelecer indicadores de desempenho, a serem obrigatoriamente observados na execução dos serviços prestados. A mensuração de desempenho não se restringe apenas aos indicadores econômicos, tais como lucros, receitas e custos, mas também às quantidades físicas de produção ou serviços (Nogueira, 2008).

Nesse contexto, a insuficiência dos serviços do setor de saneamento é realidade brasileira, e a situação do estado do Ceará não é diferente (Roesler; Werner, 2020). No Brasil, dos 72,4 milhões de domicílios estimados pela Pesquisa Nacional de Amostras e Domicílios (PNAD) contínua, em 2019, 97,6%, (ou 70,7 milhões) tinham água canalizada e 88,2%, (ou 63,8 milhões) tinham acesso à rede geral de abastecimento de água (IBGE, 2019). No Ceará, mesmo entre aqueles domicílios que possuem água encanada, nem todos dispõem de água na torneira todos os dias (Aleixo *et al.*, 2016). Dos 88,5% domicílios ligados à rede geral, o abastecimento de água diariamente não é assegurado a todos os bairros (CAGECE, 2020). Com relação à rede de esgoto, no Brasil, 45,9% da população não tem acesso a esse tipo de serviço, sabendo que no Ceará o percentual alcança 74,4% das pessoas (ITB, 2021).

No ano de 2007, no Brasil, foi implantada a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), a partir da Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. De acordo com essa política, um dos princípios fundamentais para que os serviços públicos de saneamento básico sejam prestados é a universalização do acesso, o que significa dizer que 100% da população terá acesso ao serviço (Brasil, 2007). Passados 13 anos de implementação, no ano de 2020, da PNSB, observa-se que a universalização do acesso não foi concretizada (Aleixo *et al.*, 2016; SNIS, 2020). O estado do Ceará instituiu a sua política de saneamento básico por meio da Lei Estadual nº 162 de 20 de junho de 2016, sendo denominada de Política Estadual de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário no estado do Ceará (Ceará, 2016).

No entanto, implementar projetos de saneamento exige investimentos em infraestrutura, tecnologia e recursos humanos. Essas necessidades de capitais para o saneamento podem ser muito elevadas, especialmente em regiões onde há escassez de recursos financeiros e técnicos. Além disso, muitas vezes é necessário um planejamento cuidadoso e uma gestão eficiente dos recursos disponíveis para garantir a sustentabilidade dos projetos de saneamento.

O setor de saneamento é caracterizado por uma estrutura composta por diversos tipos de prestadores que muitas vezes não compartilham os mesmos objetivos (Scriptore; Toneto Júnior, 2012). Essa heterogeneidade de prestadores de serviço de saneamento tem dificultado o desenvolvimento do setor, em função dos inúmeros conflitos de interesses (Motta, 2006; Scriptore; Toneto Júnior, 2012; Nunes *et al.*, 2018). O SNIS (2020) identifica na sua base de dados basicamente três tipos de prestadores, agrupados em função de sua abrangência geográfica, que são: prestadores regional (que atendem a diversos municípios limítrofes uns dos outros ou não, geralmente, no mesmo estado), microrregional (que atendem a dois ou mais municípios limítrofes uns dos outros ou não no mesmo estado) e local (que atendem somente a um município); cuja natureza jurídica pode ser tanto pública (entidade paraestatal, criada por lei, com personalidade jurídica de direito privado, com capital exclusivamente público, de uma só ou de várias entidades, mas sempre capital público) quanto privada (empresa com capital predominante ou integralmente privado, administrada exclusivamente por particulares).

Mensurar o desempenho dos prestadores de serviços de água e esgoto passa a ser uma preocupação da administração pública. Isso porque somente é possível planejar ações específicas, se for possível medir as mudanças na quantidade e qualidade do produto ou serviço para alcançar metas predefinidas (Nirazawa; Oliveira, 2018). Nesse contexto, a mensuração de indicadores de desempenho auxilia a gestão dos serviços de saneamento, haja vista que os processos de tomada de decisão se fundamentam na informação disponível (Von Sperling, 2010).

O presente estudo tem como objetivo geral analisar os fatores determinantes do desempenho e seus efeitos distributivos dos serviços de água e esgoto do estado do Ceará, no ano da implementação da PNSB (ano de 2007) e depois da PNSB (ano de 2020). Os objetivos específicos do estudo são: 1) identificar os fatores determinantes do desempenho dos serviços de água e esgoto do Ceará; 2) calcular e analisar o índice de desempenho dos serviços de água e esgoto do Ceará; 3) estimar os efeitos distributivos do desempenho dos serviços de água e esgoto do Ceará.

Uma das técnicas estatísticas que auxilia na análise dos fatores de heterogeneidade de uma população é a análise fatorial. Neste estudo, é usada para identificar e analisar os fatores

que influenciam no desempenho dos prestadores de serviços de saneamento básico (Nunes *et al.*, 2018; Nirazawa; Oliveira, 2018). Tal método de análise sintetiza um conjunto de variáveis inter-relacionadas com intuito de encontrar fatores comuns, servindo para a redução dos dados em um conjunto menor de variáveis hipotéticas que possa exprimir o que há em comum entre as variáveis iniciais (Fávero *et al.*, 2009).

Portanto, este estudo pretende usar a análise fatorial para explorar os atributos associados ao desempenho dos prestadores de saneamento básico no estado do Ceará.

Complementando a análise estatística, fez-se a avaliação dos efeitos distributivos do desempenho da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Para isso, utilizou-se a regressão quantílica, no intuito de identificar os efeitos heterogêneos da política sobre o público envolvido (Brasil, 2028).

A contribuição à literatura da análise de eficiência é auxiliar na identificação dos fatores subjacentes que tiveram efeito positivo no desempenho dos serviços de água e esgoto. Essas informações podem ser úteis para os formuladores de políticas públicas, reguladores e gestores, que podem usar os resultados para melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços prestados. Além disso, o presente estudo pode contribuir para o desenvolvimento de novos modelos de análise de eficiência em serviços de saneamento básico. Ao explorar os atributos associados ao desempenho, pode ajudar a identificar novas variáveis que podem ser usadas em análises futuras, ajudando a preencher uma lacuna na literatura.

De acordo com o exposto, o presente capítulo está estruturado em cinco seções, além desta introdução. A segunda seção foi reservada ao referencial teórico. A terceira seção consiste na descrição dos aspectos metodológicos da pesquisa. E na quarta e quinta seção apresentam-se os resultados e as considerações finais, respectivamente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção exhibe o referencial teórico, a partir do qual se caracterizou o serviço de água e esgoto. Posteriormente, descreveu-se a heterogeneidade do sistema de água e esgoto, e por fim, apresentou-se o desempenho dos serviços de água e esgoto.

2.1 O serviço de água e esgoto

Os serviços de água e esgoto são parte fundamental da infraestrutura de saneamento básico de uma cidade ou região, e têm como objetivo fornecer água potável para consumo humano, bem como colher, tratar e destinar os esgotos gerados pela população (Brasil, 2007; Brasil, 2015). A caracterização dos serviços de água e esgoto pode envolver diversos aspectos, como o abastecimento de água e a coleta e tratamento de esgoto, além de aspectos relacionados à gestão, qualidade, sustentabilidade e acesso aos serviços (Brasil, 2007; Brasil, 2015).

O serviço de abastecimento de água compreende a captação, tratamento, transporte e distribuição de água potável para os usuários (Brasil, 2007; Brasil, 2015). Inclui a captação de água bruta de fontes como rios, lagos ou aquíferos, o tratamento para torná-la potável, o transporte por meio de redes de distribuição e disponibilização aos consumidores finais por meio de ligações domiciliares ou comerciais (Brasil, 2007; Brasil, 2015).

A coleta e o tratamento de esgoto a coleta dos efluentes gerados pelas atividades humanas, como o uso doméstico, comercial e industrial da água, bem como o transporte desses efluentes para as estações de tratamento de esgoto (ETEs) (Brasil, 2007; Brasil, 2015). Nas ETEs, os efluentes são tratados para remoção de contaminantes, como matéria orgânica, nutrientes, sólidos suspensos e patógenos, antes de serem descartados no meio ambiente (Brasil, 2007; Brasil, 2015).

Nesse sentido, a política nacional de saneamento recente tem sua origem no Projeto de Lei da Câmara (PLC) n°. 199, que tinha como referência o Projeto de Lei (PL) n°. 53/91. De acordo com Zanta *et al.* (2008), o projeto tinha como premissas o acesso ao saneamento de forma universal e igualitária; a participação da população; a descentralização das ações nos três níveis de governo; a integração interinstitucional, além de considerar o saneamento como um direito e dever de todos e obrigação do estado.

No ano de 2004, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e do Ministério da Saúde, a partir da Resolução n° 518/04, estabeleceram normas e padrões para a potabilidade da água para o consumo humano, iniciando a formação do marco legal do setor de saneamento

no Brasil. Em 2005, a Lei de Consórcio Público nº 11.107/05 estabeleceu as condições para que o poder público pudesse realizar consórcios públicos, de interesse comum, a fim de desenvolver projetos.

Em 2007, os municípios brasileiros passaram a obter a titularidade dos serviços de saneamento, através da Lei Federal nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, intitulada de Lei Nacional do Saneamento Básico (LNSB), a qual estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil, determinando que a União elabore o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (Brasil, 2007).

Com a aprovação da LNSB, e seu Decreto de Regulamentação nº 7.217, de 21 de junho de 2010, o setor saneamento vem trabalhando no sentido de implantá-la. A partir disso, os municípios passaram a se estruturar como poder concedente e as empresas privadas ampliaram a participação delas no setor de saneamento.

Conforme o art. 3º da Lei Federal nº 11.445/07, o saneamento básico é entendido como conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais (Brasil, 2007). Esse conjunto é definido pelo abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos, e drenagem e manejo de águas urbanas (Brasil, 2007).

No que tange ao abastecimento de água potável, segundo a PNS, o serviço é composto pelas atividades, infraestruturas e instalações indispensáveis ao abastecimento público de água potável, que vai da captação até as ligações prediais e os respectivos instrumentos de medição (Brasil, 2007).

Nesse contexto, a LNSB estabelece que o titular dos serviços formulará a respectiva política pública de saneamento básico, devendo estabelecer indicadores de desempenho, a serem obrigatoriamente observados na execução dos serviços prestados de forma direta ou por concessão (Brasil, 2007).

No que se refere ao ponto de vista sanitário, os indicadores de desempenho inserem-se como parâmetros que avaliam a higidez de agregados humanos, além de fornecer subsídios aos planejamentos, permitindo o estabelecimento de padrões e o acompanhamento de sua evolução ao longo dos anos (Rouquayrol, 1993). Define-se indicadores de desempenho, no setor de saneamento, como uma medida quantitativa da eficiência de uma entidade gestora, sendo uma forma importante de avaliação dos serviços prestados à população (Oliveira; Ervilha, 2019).

2.2 Heterogeneidade do sistema de água e esgoto

A heterogeneidade do sistema de água e esgoto refere-se à presença de diversidade em múltiplos aspectos que caracterizam a gestão e o acesso a esses serviços em diferentes regiões (Barros, 2019; Chaves *et al.*, 2021; Sa; Sa, 2021).

Diversos estudos têm destacado a heterogeneidade dos atributos que caracterizam esse sistema de água e esgoto, abrangendo aspectos físicos, socioeconômicos, institucionais e ambientais e podem afetar a disponibilidade, qualidade, cobertura, acesso e eficiência dos serviços de água e esgoto (Abreu, 2021; Chaves *et al.*, 2021; Reis; Carneiro, 2021; Vital *et al.*, 2021; Sa; Sa, 2021; Costa; Silva, 2022; Rabelo, 2022; Santos *et al.*, 2022). A gestão do sistema de água e esgoto é de vital importância para garantir a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos (Brasil, 2014; Rabelo, 2022), bem como a proteção da saúde pública e do meio ambiente (Lopes, 2020; Sa; Sa, 2021; Costa; Silva, 2022).

Em relação aos atributos físicos, a disponibilidade hídrica é um fator crucial na gestão do sistema de água (Rabelo, 2022). Regiões com diferentes níveis de precipitação pluviométrica, vazão dos rios e recarga de aquíferos apresentam variações na oferta de água disponível para consumo humano e para fins industriais e agrícolas (Almeida, 2019). Além disso, uma infraestrutura de abastecimento de água, como barragens, estações de tratamento e redes de distribuição, pode apresentar diferentes recursos e qualidade, afetando a disponibilidade e a qualidade da água fornecida para diferentes áreas urbanas e rurais (Tsutiya, 2006; Brasil, 2014).

No que diz respeito ao esgotamento sanitário, a infraestrutura de coleta e tratamento de esgoto também apresenta heterogeneidade (Carvalho, 2020). Diferentes regiões podem apresentar níveis variáveis de cobertura e qualidade do serviço, com áreas urbanas e rurais com diferentes níveis de acesso a sistemas de coleta e tratamento de esgoto (Yin Filho, 2022). A topografia, a densidade populacional, os padrões de ocupação urbana e as características do sistema de drenagem também podem influenciar na gestão do esgoto, na eficiência do tratamento e na proteção dos corpos d'água receptores (Sa; Sa, 2021; Walzburiech, 2022).

Os atributos socioeconômicos também originaram a heterogeneidade do sistema de água e esgoto (Barbosa, 2022; Pimentel; Miterhof, 2022). A falta de acesso à água potável e saneamento básico é mais prevalente em áreas urbanas e rurais com baixos níveis de renda e educação (Pereira, 2021; Santos *et al.*, 2022). Diferentes áreas urbanas e rurais podem apresentar variações na capacidade de pagamento pelos serviços de água e esgoto, afetando a

sustentabilidade econômica dos sistemas e a capacidade de investimentos em infraestrutura e tecnologias mais avançadas (Chaves *et al.* 2021; Pimentel; Miterhof, 2022).

Outro aspecto importante é a heterogeneidade institucional, que envolve a organização, regulação e governança do sistema de água e esgoto (Motta, 2006; Reis; Carneiro, 2021). A gestão desses recursos é complexa e envolve diferentes atores, como órgãos governamentais, empresas de abastecimento de água e esgoto, organizações da sociedade civil e usuários (Abreu, 2021). A estrutura institucional pode variar de região para região, com diferentes arranjos institucionais, políticas públicas e modelos de financiamento, o que pode afetar a eficiência e eficácia da gestão do sistema (Sa; Sa, 2021; Pimentel; Miterhof, 2022).

Por fim, a heterogeneidade ambiental também é um aspecto relevante na gestão do sistema de água e esgoto (Santos *et al.*, 2022). A qualidade dos recursos hídricos pode variar em diferentes regiões devido a fatores como a presença de atividades industriais, agrícolas e urbanas, que podem gerar negativos na qualidade da água e exigir investimentos em tecnologias de tratamento mais avançado (Sa; Sa, 2021). Além disso, como características geográficas e ecológicas das regiões, como a presença de áreas protegidas (Santos *et al.*, 2022).

A compreensão da heterogeneidade do sistema de água e esgoto é fundamental para o planejamento e gestão eficiente dos recursos, considerando as especificidades de cada região e a necessidade de abordagens contextualizadas e adequadas aos diferentes cenários e desafios enfrentados (Barros, 2019; Tavares *et al.*, 2019; Chaves *et al.*, 2021; Sa; Sa, 2021).

2.3 Desempenho do serviço de água e esgoto

O desempenho dos serviços de água e esgoto pode ser avaliado sob a perspectiva da eficiência, que se refere à capacidade de fornecer serviços de qualidade aos usuários com o uso eficiente dos recursos disponíveis (Castro, 2003; Peña, 2008; Cruz; Ramos, 2012; Heller *et al.*, 2012; Scaratti *et al.*, 2013; Cruz *et al.*, 2019; Correia *et al.*, 2020). Vários fatores podem influenciar a eficiência dos serviços de água e esgoto, e a heterogeneidade do sistema é um deles (Barros, 2019; Chaves *et al.*, 2021; Sa; Sa, 2021).

A heterogeneidade do sistema pode afetar a eficiência dos serviços de água e esgoto quando se coloca em pauta a capacidade de pagamento dos usuários (Dias *et al.*, 2010; Araújo; Bertussi, 2018; Costa, 2020). Em áreas de baixa renda ou com altos índices de inadimplência, pode haver dificuldades na cobrança e arrecadação das tarifas de água e esgoto, o que pode comprometer a sustentabilidade financeira dos serviços e a capacidade de investir em melhorias na infraestrutura e tecnologia (Dias *et al.*, 2010; Costa, 2020). Isso pode resultar em serviços

de qualidade inferior e menor eficiência na gestão dos recursos hídricos e de esgoto (Costa, 2020).

A heterogeneidade institucional também pode influenciar a eficiência dos serviços de água e esgoto (Grigolin, 2008; Bastos; Monte-Mor, 2022). Em regiões com falta de coordenação entre os órgãos responsáveis, falta de regulação adequada e ausência de controle eficiente de gerenciamento e monitoramento, pode haver ineficiências operacionais e administrativas, geradas em serviços de água e esgoto com desempenho aquém do esperado (Grigolin, 2008; Bastos; Monte-Mor, 2022).

A Agenda 2030, que trata dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), internacionalmente, reforça a preocupação com o saneamento ao estabelecer o objetivo de nº 6 que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. Nesse contexto, o Brasil tem a meta de universalizar o acesso aos serviços de saneamento como um direito social até 2030, conforme o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) que tem com alicerce a Lei nº 11.445/2007 que trata da PNSB (Brasil, 2007). Para isso, o monitoramento do saneamento básico a nível municipal por meio de indicadores de desempenho é uma ferramenta importante para a avaliação da eficiência na prestação desses serviços prestados à população.

De acordo com Melo (2019), os indicadores de desempenho resumem informações importantes para a provisão de serviços de saneamento básico. Ademais, a análise de indicadores de desempenho pode contribuir para avanços na operação e qualidade e na busca pela universalidade dos serviços.

No Brasil, a literatura mostra estudos relacionados à aplicação de indicadores de desempenho na área do saneamento básico (Alencar Filho; Abreu, 2005; Santana; Castro, 2005; Cabral *et al.*, 2018; Nirazawa; Oliveira, 2018; Oliveira; Ervilha, 2019).

O estudo de Alencar Filho e Abreu (2005) identificou por meio da análise fatorial os principais fatores que explicam o desempenho das Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBS) do Brasil. Para tanto, selecionou-se 36 indicadores do SNIS relativos ao exercício de 2003, os quais abrangem aspectos operacionais, econômicos e financeiros. Assim, os fatores de gestão operacional como os mais representativos e que melhor explicaram o desempenho das companhias de saneamento foram (i) monitoramento e controle, (ii) gestão da demanda por água, (iii) atendimento de esgoto, (iv) estruturação urbana, (v) proteção ambiental, (vi) disposição e modo do uso do espaço urbano, (vii) capacidade econômica, (viii) capacidade financeira, (ix) política tarifária, (x) eficiência de cobrança e (xi) qualidade do passivo.

Nirazawa e Oliveira (2018) investigaram as variáveis usadas na elaboração de indicadores de saneamento básico para os municípios paulistas a fim de gerar informações para a administração pública. O método estatístico utilizado fundamenta-se na análise fatorial exploratória como meio para construir os indicadores. O resultado da análise originou três indicadores que compõem um índice municipal, o qual indica a necessidade de dados para avaliar de forma completa o saneamento.

O estudo de Oliveira e Ervilha (2019) mensurou, por meio da análise multivariada, um Indicador de Acesso e Qualidade do Saneamento Básico (IAQSB) em 794 municípios de Minas Gerais. Com base nesse indicador, identificaram-se os determinantes locais, demográficos e socioeconômicos, para o ano de 2015. Os resultados obtidos identificaram os municípios com maior índice (Contagem e Juiz de Fora) e apontou a existência expressivas desigualdades entre municípios. A análise dos fatores sociodemográficos com maior poder de discriminação foram quatro: desenvolvimento tributário e econômico; à pobreza; à taxa de urbanização; e ao desenvolvimento municipal.

Santana e Castro (2005), utilizando modelos econométricos, avaliaram determinantes do desempenho financeiro das empresas municipais públicas provedoras de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil. Diante da heterogeneidade do setor, verificaram-se que as receitas e despesas operacionais e suficiência de caixa afetaram significativamente e positivamente o desempenho financeiro das empresas. Por outro lado, a evasão de receitas e a intensificação do uso de capital têm efeitos negativos no desempenho financeiro. No que diz respeito à participação no mercado, não há relação significativa com o desempenho dos provedores municipais de saneamento, até por serem geralmente empresas de pequeno porte.

Por meio da análise fatorial, o estudo de Cabral *et al.* (2018) analisou no período de 2003 a 2013, 3.386 provedores públicos e 398 prestadores privados atuantes no Brasil. Para tanto, utilizou os indicadores de atendimento, indicadores operacionais, indicadores econômicos e financeiros, e indicadores administrativos. Como principais resultados, obteve que existe diferenças de desempenho entre provedores públicos e privados, e que os provedores privados tendem a apresentar os melhores indicadores.

3 METODOLOGIA

Nesta seção, descreve-se a metodologia da pesquisa. Aqui, apresentam-se a área do estudo que compõe a pesquisa, o método de análise, e a base de dados utilizada.

3.1 Área de estudo

Realizou-se a pesquisa com os dados de 164 municípios do estado do Ceará, que é uma das 27 unidades federativas do Brasil. Situa-se no norte da Região Nordeste e tem por limites o Oceano Atlântico a norte e nordeste, Rio Grande do Norte e Paraíba a leste, Pernambuco ao sul e Piauí a oeste. Sua área total é de 148.920,472 km², ou 9,37% da área do Nordeste e 1,74% da superfície do Brasil. A população estimada do estado é de 9.240.580 habitantes, sendo o oitavo estado mais populoso do país (IBGE, 2021).

3.2 Análise fatorial

De acordo com Artes (1998), a análise fatorial trata-se de uma técnica estatística multivariada que, a partir da estrutura de dependência existente entre as variáveis de interesse (em geral representada pelas correlações ou covariâncias entre essas variáveis), permite a criação de um conjunto menor de variáveis (variáveis latentes, ou fatores) obtidas como função das variáveis originais.

Tal metodologia torna possível a síntese das variáveis originais em um número menor, de forma que as variáveis criadas ou derivadas (fatores) mantenham as características originais das anteriores, ou seja, com o mínimo de perda de informação original (Pavarina, 2003). A utilização da análise fatorial possibilita o entendimento claro das variáveis que atuam em conjunto e quais delas mais contribuem para a explicação da variância nos dados originais (Vicini, 2005).

O método de análise fatorial tem por objetivo explicar a variação de um conjunto de variáveis a partir de múltiplos fatores ortogonais ou independentes entre si (Hoffmann, 1999). Segundo Fávero *et al.* (2009), consiste na tentativa de se determinar as relações quantitativas entre as variáveis, aferindo os seus padrões de movimento, de modo a associar aquelas com um padrão semelhante, o efeito de um fator causal subjacente e específico a essas variáveis.

A análise fatorial baseia-se na suposta existência de um número de fatores causais gerais, cuja presença dá origem às relações entre as variáveis observadas, de forma que, no

total, o número de fatores seja consideravelmente inferior ao total de variáveis. Isso porque muitas relações entre as variáveis são, em grande medida, decorrentes do mesmo fator causal geral (Vicini, 2005).

A análise fatorial divide-se em confirmatória e exploratória. A confirmatória é utilizada quando se há sólido conhecimento prévio de como as variáveis se relacionam e, portanto, se assume que a estrutura fatorial é conhecida. Já na análise fatorial exploratória tem-se pouco ou nenhum conhecimento prévio sobre o comportamento das variáveis (Fávero *et al.*, 2009).

De acordo com a análise fatorial, cada fator é constituído por uma combinação linear das variáveis originais inseridas no estudo. A associação entre fatores e variáveis dá-se por meio das cargas fatoriais, podendo ser positivos ou negativos, mas nunca superiores a um. Esses coeficientes de saturação têm função similar aos coeficientes de regressão na análise de regressão (Simplicio, 1985).

O coeficiente de saturação entre uma variável e um fator, elevado ao quadrado, identifica a proporção da variância da variável explicada pelo fator. E o somatório do quadrado dos coeficientes de saturação, para cada variável, é chamado “comunalidade”, a qual informa a proporção da variância total de cada variável, que é explicada pelo conjunto de fatores considerados na análise, ao passo que a soma do quadrado dos coeficientes de saturação para cada fator se denomina *eigenvalue*. Ao dividir o *eigenvalue* pelo número de variáveis incluídas no estudo, obtém-se a proporção explicada pelo referido fator ao problema estudado.

Para Fávero *et al.* (2009), há basicamente dois métodos principais, que podem ser utilizados para a obtenção de fatores: Análise dos Componentes Principais (ACP) e Análise dos Fatores Comuns (AFC). A ACP considera a variância total dos dados, por meio da combinação linear das variáveis observadas, de maneira a maximizar a variância total explicada. A AFC, cujos fatores são estimados com base na variância comum, também chamada de comunalidade, é aquela compartilhada entre as variáveis, e a variância específica é aquela ligada à variável individual. O termo do erro representa a variância ligada aos fatores aleatórios.

Nesse contexto, a análise fatorial busca transformar um conjunto de variáveis em fatores e, para isso, o método extrai, primeiramente, a combinação linear, que explica a maior parte da variância dos dados. O critério da raiz latente, ou critério de *Kaiser*, realiza-se pela escolha do número de fatores a reter, em função do número de valores próprios acima de 1. Os valores próprios, também chamados de aúvalores ou *eigenvalues*, são ordenados por dimensão, mostrando a variância explicada por parte de cada fator, ou seja, o quanto cada fator consegue explicar da variância total.

A escolha dos componentes que apresentam *eigenvalues* maiores do que 1 decorre do fato de que, no mínimo, o componente deve explicar a variância utilizada no modelo, uma vez que se trabalha com variáveis padronizadas, com média e variância iguais a 1. Logo, somente os fatores que possuem valores próprios (*eigenvalues*) superiores a 1 serão significativos.

Nem sempre se consegue identificar com clareza quais variáveis estão sendo mais bem explicadas por um fator. Uma forma de minimizar essa dúvida é aplicar o método de rotação, que tem como objetivo principal a transformação dos coeficientes dos componentes principais retidos em uma estrutura simplificada (Reis, 2001).

Segundo Corrar *et al.* (2007), a rotação dos fatores torna-se possível, pois as cargas fatoriais podem ser representadas como pontos entre eixos. Esses eixos podem ser girados, sem alterar a distância entre os pontos, entretanto, as cargas fatoriais são alteradas na rotação.

De acordo com Matos e Rodrigues (2019) e Fávero *et al.* (2009), os métodos de rotação podem ser ortogonais ou oblíquos. Os ortogonais produzem fatores não correlacionados entre si, chamados de fatores ortogonais, sendo interpretados com base em suas cargas. Na rotação oblíqua, os fatores estão correlacionados e, para a interpretação da solução, faz-se necessária a consideração simultânea das correlações e das cargas. Para os métodos rotacionais ortogonais, merecem destaque o Varimax, o Quartimax e o Equamax. O mais utilizado é o Varimax, que busca minimizar o número de variáveis com altas cargas em um fator, simplificando a interpretação dos fatores. Reis (2001) diz que é um método ortogonal e pretende que, para cada componente principal, existem apenas alguns pesos significativos e todos os outros sejam próximos de zero, com o objetivo de maximizar a variação entre os pesos de cada componente principal.

A verificação dos pressupostos analisa a normalidade da distribuição dos dados de cada variável, utilizando o Teorema do Limite Central², pois, caso haja um grande número de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas, então, a distribuição tenderá para uma distribuição normal, à medida que o número dessas variáveis aumente indefinidamente, além da estimação da matriz de correlação para checar a existência de relação entre as variáveis realizada por meio de testes de hipóteses específicos (Gujarati, 2000).

A fim de verificar a adequabilidade dos dados para a análise fatorial, pode-se utilizar o Índice *Kaiser-Mayer-Olkin* (KMO), o Teste de Esfericidade de *Bartlett* (BTS) e a Matriz Anti-Imagem.

² É um importante teorema da inferência estatística que diz que quanto maior o tamanho de uma determinada amostra, mais próxima estará de uma distribuição normal, a distribuição amostral de sua média (Soares; Soares; Emiliano, 2019).

O Índice KMO, que varia de 0 a 1, representa a proporção da variância das variáveis que pode ser explicada pelos fatores ou traços latentes. Quanto mais próximo esse valor estiver de 1, mais adequados os dados estão para se ajustar uma análise fatorial (Matos; Rodrigues, 2019), o que significa dizer que quanto menor o valor do respectivo teste, menor a relação entre as variáveis e os fatores. Serve para comparar as magnitudes dos coeficientes de correlações observados com as magnitudes dos coeficientes de correlações parciais (Fávero *et al.*, 2009).

Nesse sentido, o índice menor do que 0,5 se caracteriza como inaceitável o uso dessa técnica, caso contrário, com o índice próximo de 1, a utilização da técnica com os dados se torna bastante eficaz, de acordo com a classificação do Quadro 2.

Quadro 2 - Critério de corte dos valores do KMO

KMO	Análise Fatorial
0,9 a 1,0	Muito boa
0,8 < 0,9	Boa
0,7 < 0,8	Média
0,6 < 0,7	Razoável
0,5 < 0,6	Má
< 0,5	Inaceitável

Fonte: Fávero *et al.* (2009).

Portanto, o KMO é uma medida de homogeneidade das variáveis, que compara as correlações parciais observadas entre as variáveis, conforme a Equação 10 (Fávero *et al.*, 2009).

$$KMO = \frac{\sum \sum_{j \neq k} r_{jk}^2}{\sum \sum_{j \neq k} r_{jk}^2 + \sum \sum_{j \neq k} a_{jk}^2} \quad (10)$$

Em que r_{ij} é o coeficiente de correlação observado entre as variáveis i e j ; a_{ij} é o coeficiente de correlação observado entre as mesmas variáveis, que é, simultaneamente, uma estimativa das correlações entre os fatores. Os a_{ij} deverão estar próximos de zero, pelo fato de os fatores serem ortogonais entre si.

O BTS, na situação extrema de independência perfeita entre todas as variáveis, a matriz de correlação se reduz à matriz identidade, pois todos os elementos fora da diagonal principal são iguais a zero. Isso significa que as variáveis não se agrupam para formar nenhum construto e, portanto, a construção dos fatores perde todo seu sentido. O Teste de *Bartlett* tem essa

situação como sua hipótese nula e, caso ela seja rejeitada, pode-se concluir que existe algum tipo de associação entre as variáveis e que elas podem, de fato, representar conjuntamente um ou mais traços latentes. Portanto, o Teste de *Bartlett* deve ser estatisticamente significativo ($p < 0,05$) (Matos; Rodrigues, 2019).

A matriz anti-imagem também mostra desde a matriz de correlações a adequabilidade dos dados à análise fatorial e expressa os valores negativos das correlações parciais. Na sua diagonal principal, são mostrados os valores de *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) ou a Medida de Adequação da Amostra, para cada variável, ou seja, quanto maiores esses valores, melhor será a utilização da análise fatorial e, caso contrário, talvez seja necessário excluí-la da análise (Hair Jr *et al.*, 2005).

Utilizou-se o método de análise fatorial neste estudo, por se tratar de uma técnica que representa a interdependência entre as variáveis coletadas, de tal forma a se obter menos variáveis, denominadas fatores. A estratégia da análise inicia-se com a análise da matriz de correlações e adequabilidade do método, depois realiza-se a extração dos fatores iniciais e determinação do total de fatores, e posteriormente, a rotação e interpretação dos fatores.

Como o objetivo da análise deste estudo, é explicar o desempenho das prestadoras de serviço por meio do menor número de fatores, utilizou-se a Análise dos Componentes Principais (ACP), descrita por Fávero *et al.* (2009). Tal método mostra uma combinação linear das variáveis observadas, de maneira a maximizar a variância total explicada, levando em conta a variância total dos dados.

A escolha do número de fatores deu-se por meio do critério da raiz latente (Critério de *Kaiser*), descrita por Mingoti (2005), em que se escolhe o número de fatores a reter, em função dos valores próprios acima de 1 (*eigenvalues*), que mostraram a variância explicada por parte de cada fator, ou quanto cada fator conseguiu explicar da variância total.

Com a finalidade de minimizar a dificuldade de interpretação dos fatores, utilizou-se o método de rotação ortogonal (mantendo-se a independência deles) Varimax, descrito por Reis (2001), que minimizará o número de variáveis com altas cargas em distintos fatores, permitindo a associação de uma variável a um só fator, mantendo a ortogonalidade entre eles.

A fim de verificar a adequabilidade dos dados para a análise fatorial, utilizou-se o Índice *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO), o Teste de Esfericidade de *Bartlett* (BTS) e a Matriz Anti-Imagem, descritos por Hair Júnior *et al.* (1998).

3.3 Índice de Desempenho Operacional

O Índice de Desempenho, de acordo com Santana (2007), pode ser expresso pela combinação linear dos escores fatoriais, obtidos pela análise fatorial, com a proporção da variância explicada pelos fatores individuais em relação à variância comum.

Para a elaboração do Índice de Desempenho dos municípios cearenses no fornecimento de serviços de água e esgoto são estimados os escores fatoriais para cada elemento amostral. O índice pode ser representado pela Equação 11.

$$ID = \sum_{j=1}^k \frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^k \lambda_j} FP_{ji} \quad (11)$$

Em que: ID representa o índice de desempenho dos municípios cearenses no fornecimento de serviços de água e esgoto; λ_j , percentual da variância explicada pelo fator j; k, total de fatores escolhidos; FP_{ji} , escore fatorial, padronizado pelo elemento da amostra i, do fator j, que, pode ser expresso pela Equação 12.

$$FP_{ji} = \frac{F_j - F_{min}}{F_{max} - F_{min}} \quad (12)$$

Em que: F_{min} diz respeito ao escore fatorial mínimo do fator j; e F_{max} , corresponde ao escore fatorial máximo do fator j. O índice fornece um escore que pode variar de zero a um. Para a análise dos resultados neste estudo, considera-se que, se o valor do índice for maior do que 0,70, tem-se um alto desempenho; se obtiver valor compreendido entre 0,50 e 0,70, desempenho intermediário; e se o valor do índice for menor do que 0,50, baixo desempenho.

A análise fatorial é feita por meio da agregação dos dados para as variáveis em dois anos considerados, sendo um, no ano da implementação da PNSB (ano de 2007) e outro depois da política, mais precisamente, o último ano com dados disponíveis (ano de 2020), seguindo o procedimento sugerido por Souza *et al.* (2009).

3.4 Regressão quantílica

A análise de regressão é a técnica estatística empregada para averiguar a relação entre variáveis (Gujarati, 2000). Com diversas aplicações em áreas distintas, os modelos de regressão

são provavelmente a técnica estatística que mais se utiliza nas pesquisas em geral (Peck; Vining, 2012). O modelo de regressão é projetado para situações em que se acredita que uma variável dependente esteja relacionada com uma ou mais outras medidas feitas geralmente no mesmo objeto (Searle, 1971).

Tem-se a regressão quantílica que estima o potencial efeito diferencial de uma covariável sobre os vários quantis da distribuição condicional da variável resposta. É aplicada quando a estimativa de interesse não é a média, ou seja, o pesquisador está estudando o comportamento das variáveis nos extremos dos dados (Koenker; Basset, 1978).

Esse método é uma extensão do modelo linear para estimar a taxa de mudança nas várias partes da distribuição. Desde então, diversas áreas de aplicação apresentaram esse modelo como solução para os problemas envolvendo distribuição assimétrica (Maciel *et al.*, 2001; Silva, 2003; Diniz, 2009; Alves Filho, 2014; Puiatti, 2018).

A regressão quantílica é um método de estimação motivado pelo interesse em estudar o comportamento de indivíduos "não-médios". Deste modo, a regressão quantílica estima várias retas para diferentes quantis associados, em vez de estimar apenas a esperança de Y dado X, como é feito numa regressão linear pelo Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

Entre as vantagens da regressão quantílica, tem as seguintes: permite caracterizar toda distribuição condicional de uma variável resposta a partir de um conjunto de regressores; pode ser usada quando a distribuição não é gaussiana; é robusta a *outliers*; e por utilizar a distribuição condicional da variável resposta, podem se estimar os intervalos de confiança dos parâmetros diretamente dos quantis condicionais desejados (Silva, 2003).

De acordo com o exposto, vale ressaltar que pelo fato de a regressão quantílica ser considerada robusta a *outliers* e outras violações de hipóteses está ligado ao processo de análise de regressão linear, em que os valores que se afastam do padrão tendem a distorcer a média, dessa forma, a regressão linear simples é mais sensível a esses valores que se afastam da média e é afetada por eles, enquanto no modelo de regressão quantílica isso não acontece (Hao; Naiman, 2007).

A estimação das regressões quantílicas consiste em minimizar a seguinte condição, que é mostrada na Equação 13, onde $0 < q < 1$ é o quantil de interesse.

$$Q_n(\beta_q) = \sum_{i: y_i \geq x_i' \beta_q} q |y_i - x_i' \beta_q| + \sum_{i: y_i < x_i' \beta_q} (1 - q) |y_i - x_i' \beta_q| \quad (13)$$

O estimador consiste, portanto, em uma minimização da soma ponderada dos desvios absolutos da regressão. Quando $q=0,5$, a regressão é chamada de regressão mediana e a estimação corresponde à minimização da soma dos resíduos absolutos (LAD). Por esse motivo, a regressão mediana é menos sensível à presença de *outliers* que a estimação dos MQO (que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos) (Koenker; Bassett, 1978).

Por dar pesos diferentes a determinadas partes da distribuição condicional de y , as regressões quantílicas possibilitam controle da heteroscedasticidade dos resíduos. Outra vantagem com relação ao MQO é que, em relação a modelos não-lineares e/ou viesados com resíduos não-normais, as estimativas da regressão quantílica são mais eficientes (Koenker; Bassett, 1978).

Utilizou-se a regressão quantílica neste estudo, pois possibilitou a caracterização de toda distribuição condicional de uma variável resposta a partir de um conjunto de regressores. Empregará todos os dados para estimar os coeficientes angulares dos quantis, não exercendo forte interferência dos *outliers*, já que não se considera apenas o efeito médio do impacto de um regressor na distribuição condicional de um regressando.

Escolheu-se esse método pois os estimadores resultantes da regressão quantílica podem ser mais eficientes do que os obtidos pelo Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), visto que os erros não possuem distribuição normal. Os resultados dos modelos de regressão quantílica foram estimados para os quantis 0,10, 0,25, 0,50, 0,75 e 0,90, para as variáveis observadas, usou-se como base as do Quadro 3.

3.5 Base de dados e variáveis selecionadas

Os dados da pesquisa são de natureza secundária, extraídos do SNIS, sendo a plataforma que concentra os dados e informações do setor de saneamento brasileiro. O SNIS contém informações e indicadores sobre a prestação de serviços de água e esgotos, de manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Com abrangência nacional, essa base de dados reúne informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade da prestação de serviços de saneamento básico em áreas urbanas das quatro componentes do saneamento básico (Brasil, 2019; SNIS, 2020).

Extraíram-se do SNIS dados desagregados, os quais foram filtrados por ano de referência, abrangência, tipo de serviço, natureza jurídica, região, estado e prestador de serviço.

Para a análise, os dados compreenderam o período de 2007 (ano da implementação da PNSB - ano de 2007) e 2020, que corresponde ao período posterior à implementação da PNSB.

As variáveis selecionadas para análise foram aquelas relacionadas a parte operacional dos serviços de água e esgoto. A escolha das variáveis tomou como base os sugeridos nos estudos desenvolvido por Scriptore e Toneto Júnior (2012), Pereira *et al.* (2015) e Nunes *et al.* (2018). O Quadro 3 mostra a definição e unidade de medida das variáveis selecionadas.

Quadro 3 - Variáveis selecionadas do sistema operacional dos serviços de água e esgoto
(continua)

Variáveis	Definição	Unidade
1. Volume de água faturado (AG0111)	Volume anual de água debitado ao total de economias para fins de faturamento.	1.000 m ³ /ano
2. Volume de esgotos faturado (ES007)	Volume anual de esgoto debitado ao total de economias, para fins de faturamento.	1.000 m ³ /ano
3. Despesas totais com os serviços (FN017)	Valor anual total do conjunto das despesas realizadas para a prestação dos serviços, compreendendo despesas de exploração, despesas com juros e encargos das dívidas (incluindo as despesas decorrentes de variações monetárias e cambiais), despesas com depreciação, amortização do ativo diferido e provisão para devedores duvidosos, despesas fiscais ou tributárias não computadas nas despesas de exploração, mas que compõem a despesas totais com serviços, além de outras despesas com os serviços.	R\$/ano
4. Receita operacional direta de água (FN002)	Valor faturado anual decorrente da prestação do serviço de abastecimento de água, resultante exclusivamente da aplicação de tarifas e/ou taxas, excluídos os valores decorrentes da venda de água exportada no atacado (bruta ou tratada).	R\$/ano

Quadro 3 - Variáveis selecionadas do sistema operacional dos serviços de água e esgoto
(continua)

Variáveis	Definição	Unidade
5. Receita operacional direta de esgoto (FN003)	Valor faturado anual decorrente da prestação do serviço de esgotamento sanitário, resultante exclusivamente da aplicação de tarifas e/ou taxas, excluídos os valores decorrentes da importação de esgotos.	R\$/ano
6. Despesas de Exploração (FN015)	Valor anual das despesas realizadas para a exploração dos serviços, compreendendo despesas com pessoal, produtos químicos, energia elétrica, serviços de terceiros, água importada, esgoto exportado, despesas fiscais ou tributárias computadas nas despesas de exploração, além de outras despesas de exploração.	R\$/ano
7. População urbana atendida com abastecimento de água (AG026)	População urbana atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência. Corresponde à população urbana que é efetivamente atendida com os serviços.	Habitantes
8. População urbana atendida com esgoto sanitário (ES026)	População urbanas total de residentes nos municípios em que o prestador de serviços atua com serviços de abastecimento de água (aplica-se aos dados agregados da amostra de prestadores de serviços). Inclui tanto a população beneficiada quanto a que não é beneficiada com os serviços.	Habitantes
9. População urbana do município do ano de referência de acordo com o IBGE (POP_URB)	População urbana do município. Inclui tanto a população atendida quanto a que não é atendida com os serviços. No SNIS é adotada uma estimativa usando a respectiva taxa de urbanização do último Censo ou Contagem de População do IBGE, multiplicada pela população total estimada anualmente pelo IBGE.	Habitantes

Quadro 3 - Variáveis selecionadas do sistema operacional dos serviços de água e esgoto
(conclusão)

Variáveis	Definição	Unidade
10. Volume de água produzido (AG006)	Volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada, ambas tratadas na(s) unidade(s) de tratamento do prestador de serviços, medido ou estimado na(s) saída(s) da(s) ETA(s) ou UTS(s). Inclui também os volumes de água captada pelo prestador de serviços ou de água bruta importada, que sejam disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na(s) respectiva(s) entrada(s) do sistema de distribuição.	1.000 m ³ /ano
11. Volume de serviço (AG024)	Volume anual de água total usados para atividades operacionais e especiais, acrescido do volume de água recuperado.	1.000 m ³ /ano
12. Volume de água consumido (AG010)	Volume anual de água consumido pelos usuários, compreendendo o volume micromedido, o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado, acrescido do volume de água tratada exportado para outro prestador de serviços.	1.000 m ³ /ano

Fonte: SNIS (2020)

As variáveis selecionadas foram usadas para construir indicadores, que são definidos no Quadro 3. Os identificadores foram delineados de acordo com a metodologia de SNIS (2020). O Quadro 4 detalha e descreve como é formatado cada um.

Quadro 4 - Identificadores utilizados na Pesquisa

(continua)

Índices	Definição	Unidade
1. Índice de atendimento urbano de água (IN023)	Razão entre a população urbana atendida com abastecimento de água e a população urbana residente nos municípios que possuem abastecimento de água.	%

Quadro 4 - Identificadores utilizados na Pesquisa

Índices	Definição	Unidade
2. Índice de perdas de distribuição (IN049)	Razão da diferença entre o volume de água produzido e consumido e o volume produzido.	%
3. Índice de faturamento de água (IN028)	Razão entre o volume de água faturado e o volume total de água produzido, tratada importada e tratada exportada.	%
4. Índice de consumo de água (IN052)	Razão do volume de água consumido e o volume total de água produzido, de água tratada importada e volume de serviço.	%
5. Tarifa média praticada (IN004)	Razão entre as receitas operacionais diretas de água e esgoto e o volume total de água faturado	R\$/m ³
6. Despesa total de serviços (IN003)	Razão entre as despesas totais de serviços e o volume total de água faturado	R\$/m ³
7. Empregados próprios por 1000 ligações de água e de esgoto (FN026)	Razão entre o total de empregados próprios e o total de ligações ativas de água e de esgoto.	Empregados
8. Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto (IN047)	Razão entre a população urbana atendida com esgotamento sanitário e a população urbana residente nos municípios que possuem esgotamento sanitário.	%
9. Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN056)	Razão entre a população urbana atendida com esgotamento sanitário e a população urbana residente nos municípios que possuem abastecimento de água.	%

Fonte: SNIS (2020)

3.6 Estatística descritiva dos índices e variáveis utilizadas na análise fatorial

A Tabela 6 detalha os resultados da estatística descritiva dos dados utilizados na análise fatorial, a saber: valor mínimo, valor máximo, média e o coeficiente de variação. Foram analisados 164 municípios do estado do Ceará. Em relação ao total de empregados próprios, no ano de 2020, houve aumento de, aproximadamente, 30% em relação à média observada em 2007, ano de implantação da PNSB. Vale ressaltar que 28 municípios, no ano de 2007, não possuíam empregados próprios. Fortaleza destaca-se por possuir o maior número de empregados em 2007, 918 funcionários próprios, porém, esse número declinou para 568, em 2020.

A média das despesas totais com serviços dos municípios no ano de 2007, variou no intervalo de 0,27 para Icapuí a 6,34 para Farias Brito. Em 2020, as despesas totais médias com serviços municipais aumentaram em cerca de 2,77 em relação no ano de 2007, sendo que o município de Camocim, experimentou o menor valor (0,47), enquanto Pires Ferreira, o maior valor (9,33).

O índice municipal de atendimento urbano de água, em termos médios, foi maior em 2007 do que em 2020, sendo que 13 municípios atingiram os maiores índices de atendimento urbano de água, no ano base de 2007, enquanto em 2020 apenas o município de Jaguaribe superou esse valor. Sobre o índice de faturamento de água, observa-se que no período de análise, houve uma diminuição em torno de 26,72 pontos, ou seja, um declínio de cerca de 30%. No entanto, os municípios com maiores índices de faturamentos foram o município de Itatira, no ano base de 2007, e Taboril, em 2020.

Para o índice de perdas na distribuição, no ano base de 2007, Chorozinho apresentou o maior índice, já os municípios de Crato e Pires Ferreira destacaram-se no ano de 2020. Os menores índices de perdas foram verificados nos municípios de Ipaumirim e Ipaporanga, em 2007 e 2020 respectivamente. Em termos médios, houve um aumento no índice de perdas entre 2007 (28,36) e 2020 (36,72), correspondendo a variação de 29,47%.

Quanto ao consumo de água, os municípios cearenses diminuíram seus consumos, em média, cerca de 8,35, aproximadamente 12%. Isso pode ser explicado por conta do aumento na tarifa do média praticada, que variou, em média, cerca de 149%. Destaca-se a menor tarifa praticada no município de Poranga (0,00) e a maior no município de São Gonçalo do Amarante (2,56) no ano base de 2007 e nos municípios Camocim e Boa Viagem, 0,52 e 5,70 respectivamente, no ano base de 2020.

Tabela 6 - Estatística descritiva dos índices e variáveis utilizados na análise fatorial

Variáveis	Mínimo		Máximo		Média		Coeficiente de Variação (%)	
	2007	2020	2007	2020	2007	2020	2007	2020
Quantidade total de empregados próprios	0,00	1,00	918,00	568,00	11,85	15,40	6,20	3,25
Despesa total com os serviços por m ³	0,27	0,47	6,34	9,33	1,12	3,99	0,62	0,34
Tarifa média praticada	0,00	0,52	2,56	5,70	1,22	3,04	0,23	0,20
Índice de atendimento urbano de água	10,40	4,54	100,00	100,00	66,59	68,54	0,27	0,23
Índice de faturamento de água	40,51	39,32	156,65	135,91	89,16	62,44	0,22	0,23
Índice de perdas na distribuição	12,57	0,00	72,30	67,41	28,36	36,72	0,49	0,36
Índice de consumo de água	27,69	32,59	112,57	100,00	71,63	63,28	0,19	0,21
Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto	32,75	26,89	100,00	100,00	77,60	79,55	3,10	3,06
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	18,73	12,87	100,00	100,00	54,28	56,23	2,58	2,54

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

3.7 Estatística descritiva das variáveis utilizadas na regressão quantílica

A Tabela 7 mostra a estatística descritiva das variáveis utilizadas na regressão quantílica. A população analisada corresponde à população urbana dos municípios cearenses, incluindo tanto a população efetivamente atendida com os serviços de água e esgoto, quanto a população que não é atendida com estes serviços. Em média, verificou-se que pouco mais da metade da população que é atendida com serviços de água (30.462,44 habitantes), são atendidas

com serviços de esgotamento sanitário (15.992,78 habitantes), que por sua vez corresponde a 39% comparado ao valor médio da população total urbana do município do ano de referência.

Tabela 7 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas na regressão quantílica

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Coefficiente de Variação (%)
População urbana atendida com abastecimento de água	1.127,00	2.075.874,00	30.462,44	5,39
População urbana atendida com esgotamento sanitário	168	1.486.845,00	15.992,78	7,35
População urbana do município do ano de referência	1.425,00	2.686.612,00	41.004,73	5,18
Volume de água produzido	38,29	253.078,10	2.986,08	6,66
Volume de água consumido	50,35	147.548,26	1.934,29	6,01
Volume de água faturado	87,85	127.152,48	2.001,95	5,04
Volume de serviço	0,39	12.834,73	134,25	7,59
Volume de esgotos faturado	8,63	71.633,92	751,26	7,52
Receita operacional direta de água	200.000,00	544.876.243,11	7.538.698,71	5,71
Receita operacional direta de esgoto	22,64	324.943.154,14	3.084.165,15	8,3
Despesas de Exploração	325.185,79	533.888.216,53	7.987.503,15	5,29
Despesas totais com os serviços	325.185,79	700.968.802,65	9.823.506,63	5,63

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

No que se refere aos volumes de água e esgoto utilizados nos serviços, em termos decrescentes do volume utilizado, em termos de valores médios, ficou assim ordenado: volume de água produzido, volume de água faturado, volume de água consumido, volume de esgoto faturado, e volume de serviço.

A receita operacional direta de água e a receita operacional direta de esgoto apresentaram valores médios anuais de R\$7.538.698,71 e R\$3.084.165,15, respectivamente. As despesas de exploração e despesas totais com os serviços exibiram valores médios anuais de R\$7.987.503,15 e R\$9.823.506,63, respectivamente.

No que diz respeito à variação do coeficiente, fornece a variação dos dados em relação à média. Verificou-se uma amplitude de 5,04% a 8,30%, o que significa dizer que quanto menor for o valor, mais homogêneos são os dados. Nesse sentido, o coeficiente de variação é considerado baixo (apontando um conjunto de dados bem homogêneos) quando for menor ou igual a 25%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentam-se os resultados do presente estudo, iniciando com os achados da análise fatorial, na sequência os resultados do Índice de Desempenho Operacional e, por último, da regressão quantílica estimada.

4.1 Análise fatorial

O teste estatístico de esfericidade de *Bartlett* expressou significância a 0% de probabilidade, com valor de 6.329,62 e o teste de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO), com valor de 0,662, o que significa dizer que se comprovou que os dados são apropriados ao modelo aplicado.

As raízes características da matriz de correlações que ultrapassam a unidade e seus respectivos percentuais de variância total explicada são expostas na Tabela 8. Esses fatores, que contemplam os indicadores de desempenho dos municípios cearenses no fornecimento de serviços de água e esgoto, têm capacidade de explicar 81,94% da totalidade da variância dos dados, com destaque para a variância explicada pelo fator 1, que foi de 41,46%.

Tabela 8 - Variância explicada

Fatores	Raiz Característica	Variância explicada pelo fator (%)	Variância Acumulada (%)
1	2,902	41,462	41,462
2	1,682	24,024	65,486
3	1,152	16,458	81,944

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

As cargas fatoriais rotacionadas e as comunalidades para os fatores em análise são apresentadas na Tabela 9. Neste estudo, as cargas fatoriais que apresentaram valores absolutos superiores a 0,7 foram destacadas em negrito para indicar as variáveis que possuem relações mais fortes com os diferentes fatores. Os valores das comunalidades explicitam que todas as variáveis obtiveram variabilidade captada pelos três fatores, de modo que as variáveis com os menores percentuais de explicação foram FN026 (Quantidade total de empregados próprios) e IN047 (Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto), com 0,55 e 0,42, respectivamente.

As variáveis que melhor explicaram o avanço no desempenho foram a IN004 (Tarifa média praticada), o IN049 (Índice de perdas na distribuição), e o IN052 (Índice de consumo de água).

Tabela 9 - Cargas fatoriais após rotação ortogonal e comunalidades para os indicadores de desempenho dos municípios cearenses

Variáveis	Cargas fatoriais			Comunalidades
	F1	F2	F3	
Quantidade total de empregados próprios	-0,08	0,05	0,74	0,55
Despesa total com os serviços por m ³ faturado	-0,06	0,94	-0,04	0,88
Tarifa média praticada	-0,16	0,93	-0,01	0,90
Índice de atendimento urbano de água	-0,01	-0,09	0,80	0,64
Índice de faturamento de água	0,87	0,11	-0,24	0,83
Índice de perdas na distribuição	-0,96	0,21	-0,04	0,97
Índice de consumo de água	0,96	-0,21	0,04	0,97
Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	-0,03	-0,11	0,82	0,66

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Conforme a Tabela 9, o fator 1 tem forte correlação positiva com as variáveis IN028 (Índice de faturamento de água) e IN052 (Índice de consumo de água) e uma forte correlação negativa com a variável IN049 (Índice de perdas na distribuição), pois à medida que se diminui as perdas na distribuição, há um aumento no aumento do consumo de água e conseqüentemente, no faturamento de água.

O fator 2 correlaciona-se positivamente com as variáveis IN003 (Despesa total com os serviços por m³ faturado) e IN004 (Tarifa média praticada). Desse modo, pode-se constatar que essas variáveis são diretamente proporcionais, tendo em vista que se houve um aumento nas despesas totais, há um aumento na tarifa média. O que significa dizer que a função objetivo dessas variáveis são representar indicadores econômicos e administrativos.

Em relação ao fator 3, há uma correlação positiva entre as variáveis FN026 (Quantidade total de empregados próprios), IN023 (Índice de atendimento urbano de água) e IN056 (atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água), pois o aumento na quantidade de empregados próprios pode estar associado à melhoria no atendimento urbano de

água dos municípios estudados, como também no atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água.

4.2 Índice de Desempenho Operacional dos serviços de água e esgoto do Ceará

No ano base 2007, a média do Índice de Desempenho dos municípios foi de 61% (0,61), experimentando ligeiro aumento em 2020, quando o índice aumentou para 64% (0,64), o que significa dizer que os municípios do estado do Ceará que obtiveram desempenho intermediário em ambos os anos, apesar de 3% no índice entre períodos.

A Tabela 10 está apresentando os valores dos índices de desempenho operacional dos municípios cearenses e suas respectivas classificações. Observa-se que o menor desempenho, no ano base 2007, foi do município de Pires Ferreira (42%), caracterizando como desempenho Baixo. Verificou-se quatro municípios que obtiveram os maiores desempenhos: Antonina do Norte (72%), Boa Viagem (72%), Icó (72%), e Potengi (72%), caracterizados com desempenho Alto. Já no ano base de 2020, o menor desempenho foi da cidade de Uruoca (48%), caracterizando como desempenho Baixo. Os municípios de Catarina (76%) e Catunda (76%) tiveram os maiores desempenhos, caracterizados como desempenho Alto. O desempenho operacional de um município é influenciado por diversos fatores, como a eficiência na gestão pública e a qualidade dos serviços oferecidos à população (Araújo Neto, 2013).

Verificou-se mudança no desempenho operacional de 5 municípios. Melhoria no desempenho de baixo para intermediário, foi observado em (Aquiraz, Caucaia, Pacatuba, Pires Ferreira, e Trairi), 11 municípios passaram de desempenho Intermediário para a situação de desempenho Alto, a saber: Alcântaras, Altaneira, Catarina, Catunda, Groaíras, Iguatu, Independência, Martinópole, Mombaça, Quixeramobim, Tarrafas e Jaguaribe.

Tabela 10 - Valores dos Índices de Desempenho Operacional dos municípios cearenses e suas respectivas classificações nos períodos do ano base de 2007 e do ano base de 2020

(continua)

Municípios	ID (%) 2007	ID (%) 2020	ND 2007	ND 2020	Municípios	ID (%) 2007	ID (%) 2020	ND 2007	ND 2020
Acaraú	57	60	I	I	Jati	59	63	I	I
Acopiara	60	66	I	I	Jijoca de Jericoacoara	62	68	I	I

Tabela 10 - Valores dos Índices de Desempenho Operacional dos municípios cearenses e suas respectivas classificações nos períodos do ano base de 2007 e do ano base de 2020

(continua)

Municípios	ID	ID	ND	ND	Municípios	ID	ID	ND	ND
	2007	2020	2007	2020		2007	2020	2007	2020
	(%)	(%)				(%)	(%)		
	2007	2020		2020		2007	2020	2007	2020
Alcântaras	67	73	I	A	Juazeiro do Norte	63	65	I	I
Altaneira	65	70	I	A	Lavras da Mangabeira	62	67	I	I
A Santo	58	64	I	I	Limoeiro do Norte	67	66	I	I
Amontada	66	66	I	I	Madalena	67	63	I	I
Antonina do Norte	72	72	A	A	Maracanaú	58	61	I	I
Apuiarés	64	70	I	I	Maranguape	58	63	I	I
Aquiraz	49	52	B	I	Marco	58	64	I	I
Aracati	64	64	I	I	Martinópolis	70	72	I	A
Aracoiaba	57	60	I	I	Massapê	60	61	I	I
Araripe	60	65	I	I	Mauriti	54	57	I	I
Aratuba	68	70	I	I	Meruoca	55	56	I	I
Arneiroz	67	67	I	I	Milagres	57	66	I	I
Assaré	65	66	I	I	Miraíma	52	64	I	I
Aurora	63	69	I	I	Missão Velha	60	60	I	I
Baixio	67	58	I	I	Mombaça	58	71	I	A
Barbalha	62	63	I	I	Monsenhor Tabosa	66	61	I	I
Barreira	61	53	I	I	Morada Nova	67	67	I	I
Barro	59	69	I	I	Moraújo	69	68	I	I
Barroquinha	63	66	I	I	Morrinhos	63	68	I	I
Baturité	64	63	I	I	Mucambo	64	66	I	I

Tabela 10 - Valores dos Índices de Desempenho Operacional dos municípios cearenses e suas respectivas classificações nos períodos do ano base de 2007 e do ano base de 2020

(continua)

Municípios	ID	ID	ND	ND	Municípios	ID	ID	ND	ND
	2007	2020	2007	2020		2007	2020	2007	2020
Beberibe	56	58	I	I	Mulungu	70	69	I	I
Bela Cruz	60	62	I	I	Nova Olinda	58	69	I	I
Boa Viagem	72	55	A	I	Novo Oriente	63	69	I	I
Camocim	67	67	I	I	Ocara	59	64	I	I
Campos Sales	59	61	I	I	Orós	65	64	I	I
Canindé	67	70	I	I	Pacajus	59	67	I	I
Capistrano	60	62	I	I	Pacatuba	46	67	B	I
Caridade	54	68	I	I	Pacoti	61	55	I	I
Cariré	58	64	I	I	Pacujá	69	50	I	I
Cariús	55	57	I	I	Palhano	65	64	I	I
Carnaubal	67	70	I	I	Palmácia	67	59	I	I
Cascavel	59	65	I	I	Paracuru	57	61	I	I
Catarina	69	76	I	A	Paraipaba	63	64	I	I
Catunda	64	76	I	A	Parambu	63	70	I	I
Caucaia	49	62	B	I	Paramoti	66	67	I	I
Cedro	64	68	I	I	Pedra Branca	56	54	I	I
Chaval	64	64	I	I	Penaforte	60	65	I	I
Choró	61	63	I	I	Pentecoste	63	68	I	I
Chorozinho	46	49	B	B	Pereiro	69	60	I	I
Coreaú	59	61	I	I	Piquet Carneiro	63	66	I	I
Crateús	64	68	I	I	Pires Ferreira	42	58	B	I
Crato	67	69	I	I	Poranga	61	63	I	I
Croatá	56	61	I	I	Porteiras	63	67	I	I
Cruz	64	65	I	I	Potengi	72	73	A	A
Ererê	61	68	I	I	Potiretama	65	59	I	I
Eusébio	55	58	I	I	Quiterianópolis	65	68	I	I
Farias Brito	69	66	I	I	Quixadá	60	65	I	I

Tabela 10 - Valores dos Índices de Desempenho Operacional dos municípios cearenses e suas respectivas classificações nos períodos do ano base de 2007 e do ano base de 2020

(continua)

Municípios	ID	ID	ND	ND	Municípios	ID	ID	ND	ND
	2007	2020	2007	2020		2007	2020	2007	2020
Forquilha	67	67	I	I	Quixeramobim	59	74	I	A
Fortaleza	64	64	I	I	Quixeré	51	56	I	I
Fortim	51	62	I	I	Redenção	61	61	I	I
Frecheirinha	68	69	I	I	Reriutaba	61	60	I	I
General Sampaio	62	70	I	I	Russas	63	68	I	I
Graça	65	70	I	I	Saboeiro	55	57	I	I
Granjeiro	67	70	I	I	Santa Quitéria	67	66	I	I
Groaíras	67	73	I	A	Santana do Acaraú	60	66	I	I
Guaiúba	60	59	I	I	Santana do Cariri	57	56	I	I
Guaraciaba do Norte	57	56	I	I	São Benedito	62	69	I	I
Guaramiranga	55	62	I	I	São Gonçalo do Amarante	55	55	I	I
Hidrolândia	59	70	I	I	São Luís do Curu	62	66	I	I
Horizonte	56	61	I	I	Senador Pompeu	61	63	I	I
Ibiapina	63	68	I	I	Senador Sá	55	57	I	I
Ibicuitinga	58	68	I	I	Sobral	67	69	I	I
Icapuí	67	69	I	I	Tabuleiro do Norte	60	65	I	I
Icó	72	58	A	I	Tamboril	59	70	I	I
Iguatu	62	72	I	A	Tarrafas	63	71	I	A
Independência	65	71	I	A	Tauá	61	68	I	I

Tabela 10 - Valores dos Índices de Desempenho Operacional dos municípios cearenses e suas respectivas classificações nos períodos do ano base de 2007 e do ano base de 2020

(conclusão)									
Municípios	ID	ID	ND	ND	Municípios	ID	ID	ND	ND
	2007	2020	2007	2020		2007	2020	2007	2020
Ipaumirim	60	69	I	I	Tejuçuoca	61	66	I	I
Iracema	57	63	I	I	Tianguá	68	64	I	I
Irauçuba	55	60	I	I	Trairi	48	55	B	I
Itaitinga	62	68	I	I	Tururu	65	61	I	I
Itapipoca	59	66	I	I	Ubajara	65	67	I	I
Itapiúna	64	67	I	I	Umari	63	64	I	I
Itarema	50	53	I	I	Umirim	63	65	I	I
Itatira	62	58	I	I	Uruburetama	61	64	I	I
Jaguaretama	62	70	I	I	Uruoca	55	48	I	B
Jaguaribara	58	69	I	I	Varjota	66	66	I	I
Jaguaribe	67	72	I	A	Várzea Alegre	64	70	I	I
Jaguaruana	60	61	I	I	Viçosa do Ceará	62	63	I	I

ID: Índice de Desempenho. ND: Nível de Desempenho. A: Alto. I: Intermediário. B: Baixo.
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

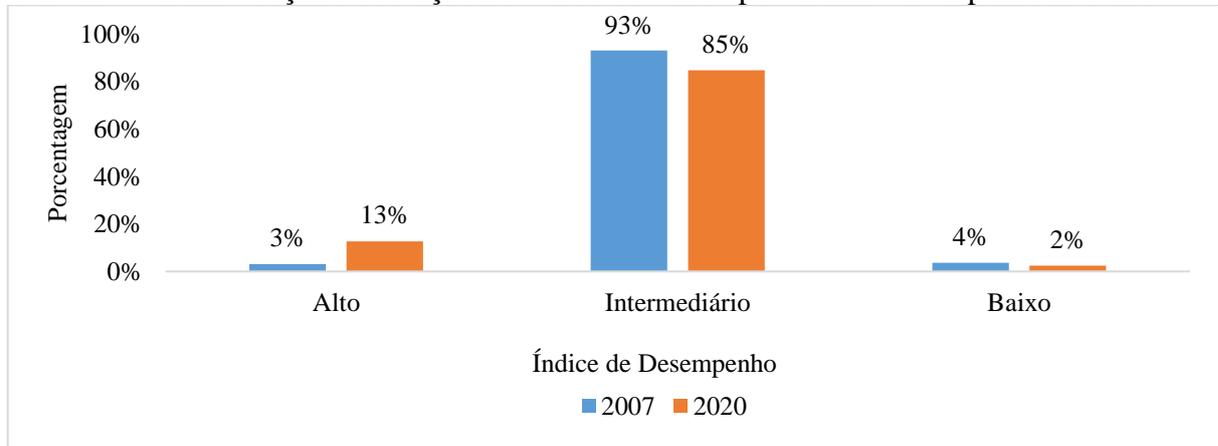
Do total, 141 municípios permaneceram com desempenho Intermediário. Observou-se 1 município (Chorozinho) manteve-se com desempenho Baixo e 2 municípios (Antonina do Norte e Potengi) permaneceram com desempenho Alto.

No Gráfico 2, é ilustrado a evolução do desempenho dos municípios cearenses no fornecimento de serviços de água e esgoto. Nota-se que no período do ano base de 2007, o número de municípios com níveis intermediários (94% que equivale a 154 municípios) superou a quantidade de municípios caracterizados por ter desempenho alto (2% que equivale a 4 municípios) e desempenho baixo (4% que equivale a 6 municípios). Observou-se também que no período do ano base de 2020, o número de municípios com níveis intermediários (90% que equivale a 148 municípios) superou a quantidade de municípios caracterizados por ter desempenho alto (9% que equivale a 14 municípios) e desempenho baixo (1% que equivale a 2 municípios).

Neste sentido, comparando os dois períodos analisados, afirma-se que houve um aumento no desempenho caracterizados como alto dos municípios cearenses, em contrapartida

houve uma diminuição do desempenho caracterizado como intermediário e desempenho caracterizado como baixo dos municípios analisados.

Gráfico 2 - Classificação e evolução do Índice de Desempenho dos municípios cearenses



Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

4.3 Efeitos distributivos e determinantes do desempenho dos serviços de água e esgoto

Na Tabela 11, apresenta as estimativas dos diferentes quantis a partir dos coeficientes das variáveis do modelo de regressão quantílica. Segundo Araújo Júnior (2018), esses efeitos quantílicos indicam que os atributos podem impactar diferentemente a variável de resposta de acordo com o quantil de sua distribuição condicional.

As variáveis população urbana do município do ano de referência, volume de água produzido, volume de água consumido, e volume de água faturado mostraram-se estatisticamente significantes ao nível de significância de (0,10) para quase todos os quantis analisados, com exceção do quantil (q75) para a variável volume de água produzido e (q90) para volume de água faturado. Pode-se afirmar que a população urbana dos municípios, volume de água produzido e volume de água consumido estão associados significativamente com o Índice de Desempenho. Esses efeitos são maiores para os municípios localizados no q90. O volume de água faturado mostrou menor efeito sobre o Índice de Desempenho cujos municípios mostraram desempenho inferior (q10, q25, q50 e q75).

A população urbana do município e o volume de água consumido afetaram negativamente o desempenho dos serviços em todos os municípios. Isso porque quanto mais populoso o município, maior é o volume de água consumida e maior também é a ineficiência do sistema. Em contrapartida, o volume de água faturado tem efeito positivo no desempenho dos serviços dos municípios, o que significa dizer que volume anual de água debitado ao total

de economias para fins de faturamento traz importância no Índice de Desenvolvimento Operacional dos municípios.

Em relação à população urbana atendida com abastecimento de água, observa-se que nos municípios onde havia menor desempenho (q10, q25 e q50) foi afetado positivamente, tendo aumento da ordem de 4, 5 e 6 pontos, respectivamente. Baseado nisso, pode-se afirmar que os municípios que têm maior número de habitantes urbano atendidos com abastecimento de água têm como consequências melhores resultados relativamente nos municípios de menor desempenho operacional.

No que diz respeito à população urbana atendida com esgotamento sanitário, verificou-se impacto positivo no desempenho dos municípios localizados nos seguintes quantis: q10, q25 e q75. Sendo que os municípios que mais afetaram positivamente foram os observados com maiores desempenhos (q75), cujo aumento é da ordem de 1,73 pontos. O que vai ao encontro dos resultados do volume de esgotos faturado, observando efeitos nos mesmos quantis, sendo que neste (volume de esgotos faturado) o impacto foi negativo. O que significa dizer que nos municípios que tem maior número de habitantes urbano atendido com esgotamento sanitário têm como consequências resultados relativamente negativos nos municípios de maior desempenho operacional.

Tabela 11 - Coeficientes das variáveis do modelo de regressão quantílica

(continua)

Variáveis	Quantil				
	q10	q25	q50	q75	q90
Constante	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
	57,06	87,51	116,26	91,21	84,78
População urbana atendida com abastecimento de água	0,000*	0,000*	0,000*	0,059	0,080
	4,11	5,04	6,30	0,54	0,26
População urbana atendida com esgotamento sanitário	0,015*	0,027*	0,079	0,009*	0,069
	1,43	1,11	0,26	1,73	0,40
População urbana do município do ano de referência	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,025*
	-6,73	-7,55	-7,94	-3,43	-1,16
Volume de água produzido	0,011*	0,015*	0,004*	0,067	0,028*
	-1,60	-1,44	-2,09	0,43	1,09
Volume de água consumido	0,000*	0,002*	0,000*	0,007*	0,017*
	-3,68	-2,37	-3,03	-1,81	-1,37

Tabela 11 - Coeficientes das variáveis do modelo de regressão quantílica

(conclusão)

Variáveis	Quantil				
	q10	q25	q50	q75	q90
Volume de água faturado	0,000*	0,006*	0,003*	0,013*	0,052
	3,29	1,87	2,22	1,54	0,65
Volume de serviço	0,072	0,050	0,027*	0,083	0,053
	-0,36	-0,68	-1,10	0,21	0,64
Volume de esgotos faturado	0,008*	0,022*	0,065	0,017*	0,100
	-1,75	-1,24	-0,46	-1,39	0,00
Receita operacional direta de água	0,054	0,019*	0,022*	0,054	0,013*
	0,61	1,32	1,23	-0,62	-1,53
Receita operacional direta de esgoto	0,062	0,076	0,026*	0,022*	0,008*
	0,50	-0,30	-1,13	-1,23	-1,76
Despesas de Exploração	0,072	0,093	0,045*	0,098	0,081
	0,37	0,09	0,76	0,02	0,24
Despesas totais com os serviços	0,079	0,085	0,084	0,034*	0,044*
	-0,26	0,19	-0,21	0,97	0,77
Pseudo R ²	0,3138	0,2696	0,2214	0,1555	0,1409

162 observações, sendo *P < 0,10

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

No que tange às receitas operacionais diretas de água e a de esgoto, atentou-se pela observação no quantil (q50), pois a receita operacional direta de água afetou positivamente no desempenho dos municípios e a receita operacional direta de esgoto afetou negativamente. Interpreta-se tal achado pelo fato de que as receitas destinadas para os serviços de água são mais bem aplicadas do que as receitas distribuídas para os serviços de esgoto (Brasil, 2014).

Outro fato importante, nesta análise, foi as respostas verificadas no quantil (q90), pois se observou efeito negativo em ambas as variáveis, ou seja, os municípios onde houve maiores desempenhos tiveram efeito negativo pelas receitas operacionais diretas de água e a de esgoto, cujo decréscimo é da ordem de 1,53 e 1,76 pontos, respectivamente. Contudo, observa-se que as despesas totais com os serviços tiveram efeito positivo nos municípios onde houve maiores desempenhos (q75 e q90). O que significa dizer que os recursos destinados aos serviços de água e esgoto dos municípios cearenses são quantitativamente insuficientes, porém são bem alocados (Oliveira *et al.*, 2016).

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar os fatores determinantes do desempenho e seus efeitos distributivos dos serviços de água e esgoto do estado do Ceará do Brasil. De acordo com os resultados do presente estudo, pode-se inferir que houve um avanço no desempenho dos municípios cearenses no fornecimento de serviços de água e esgoto ao se comparar os resultados do período do ano base de 2007 com o período do ano base de 2020. Contudo, apesar desse avanço observado, percebe-se que ainda há municípios analisados que permaneceram com baixo desempenho operacional referente aos serviços de água e esgoto.

Pode-se concluir que a tarifa média praticada, o Índice de perdas na distribuição, e o Índice de consumo de água foram as variáveis que melhor explicaram o avanço no desempenho dos serviços de água e esgoto dos municípios analisados. Em contrapartida, a quantidade total de empregados próprios e o Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto foram as variáveis que menos explicaram o avanço no desempenho dos serviços de água e esgoto dos municípios analisados no estado do Ceará no período avaliado.

Ademais, a população urbana atendida com esgotamento sanitário, o volume de água produzido, o volume de água faturado, e as despesas totais com os serviços impactaram positivamente os municípios de maior desempenho operacional. Por outro lado, ainda sobre esse grupo de municípios de maior desempenho operacional, a população urbana do município do ano de referência, o volume de água consumido, o volume de esgotos faturado, as receitas operacionais diretas de água e a de esgoto impactaram negativamente.

Portanto, uma análise desse tipo pode ajudar a identificar as principais causas dos problemas enfrentados pelos prestadores dos serviços de água e esgoto no estado do Ceará, permitindo que possam tomar medidas mais efetivas para melhorar o desempenho desses serviços e garantir o acesso a água potável e saneamento básico adequado. Além disso, é possível entender como os efeitos distributivos desses serviços impactam diferentes grupos da população.

Para trabalhos futuros, sugere-se a utilização das variáveis que mais explicaram e impactaram positivamente o desempenho operacional dos municípios nos serviços de água e esgoto nesta pesquisa, adicionada de outras covariadas que não foram empregadas aqui, a partir da dupla diferença, a fim de detectar outros efeitos positivos. Isso permite identificar como determinado fator influencia os serviços de água e esgoto dos municípios de baixa, intermediária e alto desempenho.

CAPÍTULO III: ANÁLISE DOS EFEITOS DAS CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DAS MESORREGIÕES ADMINISTRATIVAS SOBRE O DESEMPENHO OPERACIONAL DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

1 INTRODUÇÃO

O desempenho dos serviços que compreendem água e esgoto, incluindo a coleta, o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada de uma região impactam diretamente na saúde e na qualidade de vida dos cidadãos (Santos *et al.*, 2018; Rossoni *et al.*, 2020; Itaboraí, 2021; Brasil, 2021). O acesso à água potável e ao esgotamento sanitário estão na base do bem-estar dos indivíduos, não se tratando apenas de um pré-requisito para a saúde, uma vez que é uma condição essencial para a sobrevivência, frequência escolar e habilidade no trabalho (OMS, 2021).

A efetivação de uma política de saneamento básico resulta na prevenção de doenças (Farias; Paz, 2017; Lins, 2019; Bayer *et al.*, 2021), diminuindo a taxa de mortalidade da população (Silveira Júnior, 2017; Lins, 2019). Ademais, contribui para melhorar o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (Souza *et al.*, 2016; Penteado; Branchi, 2021; Castro *et al.*, 2021), o Índice de Gini, este último melhorando a desigualdade na distribuição no acesso a serviços de saneamento em função da renda da população (Saiani *et al.*, 2013; Ferreira; Brito, 2019) e até mesmo os Índices de Desempenho Educacional (Scriptore *et al.*, 2015; Valduga *et al.*, 2018; Roesler; Werner, 2020; Brasil, 2021).

No Brasil, a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) instituída a partir da Lei Federal de nº. 11.445 de 5 de janeiro de 2007, estabeleceu as diretrizes que tornam os sistemas de saneamento um elemento relevante para o desenvolvimento nacional, a redução das desigualdades regionais, a geração de emprego e de renda e a inclusão social (Brasil, 2007). Em 2020, a lei foi alterada pelo então chamado novo marco do saneamento básico, Lei Federal de nº. 14.026 de 15 de julho de 2020, que criou incentivos para atrair investimentos privados para o setor tendo como objetivos promover a universalizar o tratamento de esgoto e o abastecimento de água no Brasil. Com base no novo marco do saneamento básico, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) passou a editar normas de referência, incluindo, entre os seus princípios fundamentais, a prestação regionalizada dos serviços (Brasil, 2020).

Em termos regionais, verifica-se discrepâncias de níveis de saneamento nas regiões do Brasil, percebendo que as diferenças entre os indicadores da Região Nordeste e a média brasileira (82% atendimento de água e 47% atendimento de esgoto) persistem. Em relação ao Índice de atendimento de água, a saber: N 60%, NE 75%, CO 90%, SE 92% e S 91%. No que diz respeito ao Índice de atendimento de esgoto, a saber: N 14%, NE 30%, CO 62%, SE 82% e S 49% (SNIS, 2022). Observa-se uma maior evolução nos indicadores de água e esgoto nas regiões Sul e Sudeste. No entanto, é importante notar que as disparidades de acesso ao saneamento também existem dentro das próprias regiões (Lins, 2019).

O estado do Ceará, localizado na Região Nordeste do Brasil, com população total estimada de 9.240.580 habitantes, destes 5.467.273 são atendidos com abastecimento de água e 2.677.685 habitantes atendidos com esgotamento sanitário, significando que a meta de universalização do saneamento básico está distante de ser alcançado neste estado (IBGE, 2021; SNIS, 2022).

Os indicadores de desempenho são ferramentas essenciais para o planejamento e gestão de serviços públicos, uma vez que permitem monitorar e avaliar o desempenho das atividades, processos e resultados dos serviços prestados (Uchoa, 2013). Com esses indicadores, é possível medir o sucesso ou o fracasso das políticas públicas, orientar as tomadas de decisão e direcionar os esforços para a melhoria contínua dos serviços (Oliveira, 2021).

Existem diferentes escalas de mensuração de indicadores de desempenho, que podem ser classificados em quatro tipos principais: qualitativos, quantitativos, indicadores de resultado e indicadores de processo. Os indicadores de processo são utilizados para avaliar a eficiência e eficácia das atividades desenvolvidas para alcançar os resultados desejados, como o número de projetos concluídos no prazo ou o Índice de retrabalho em determinado processo (Schmidt *et al.*, 2022).

No planejamento e gestão de serviços públicos, é importante escolher os indicadores de desempenho mais adequados à situação em questão e estabelecer metas claras para cada um deles. Para que os indicadores de desempenho sejam efetivos, torna-se necessária uma cultura de medição e avaliação nos serviços públicos. Além disso, gestores precisam estar engajados e comprometidos em usar esses indicadores para orientar suas decisões e ações.

O planejamento e a gestão adequada dos serviços públicos podem ajudar a melhorar a eficiência do setor público. Isso pode ser feito através da alocação adequada de recursos, da otimização de processos, da redução de custos necessários, entre outras estratégias.

Nesse contexto, a presente pesquisa objetivou analisar os efeitos das características socioeconômicas das mesorregiões administrativas sobre o desempenho operacional dos

serviços de água e esgoto do estado do Ceará, agrupando os municípios em *clusters* com características similares, permitindo a construção de um conjunto de evidências sobre a prestação dos serviços de saneamento, como forma de colaborar com os planejadores desse importante componente da qualidade de vida da população.

O presente capítulo estrutura-se em cinco seções: a introdução, o referencial teórico, a metodologia, os resultados e as conclusões.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção reúne evidências empíricas sobre a temática da presente pesquisa, e em seguida, realiza-se um breve estado da arte a partir de estudos já publicados no meio científico.

2.1 Evidências empíricas

Pelo impacto na qualidade de vida (Santos *et al.*, 2018), na educação (Scriptore *et al.*, 2015; Valduga *et al.*, 2018; Roesler; Werner, 2020; Brasil, 2021), na saúde (Farias; Paz, 2017; Lins, 2019; Germano, 2019; Roesler; Werner, 2020), no ambiente (Oliveira *et al.*, 2021), e no trabalho (Backes; Hemkemeier, 2020; Souza, 2021), o saneamento básico envolve a atuação de múltiplos agentes em uma ampla rede institucional (Araújo *et al.*, 2022).

O Brasil está marcado por uma grande desigualdade e por um grande déficit ao acesso, principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto (Leoneti *et al.*, 2011; SNIS, 2021). Desse modo, tanto o direito à água quanto ao esgotamento sanitário procede do direito a uma condição de vida satisfatória e estão relacionados a outros, como à vida, à dignidade humana e ao mais alto patamar de saúde física e mental (ONU, 2010). O direito humano à água envolve a garantia universal de água para uso pessoal e doméstico, em quantidade suficiente para o atendimento das necessidades humanas, aceitável e acessível física e economicamente (Brasil, 2019). O direito humano ao esgotamento sanitário, por sua vez, refere-se à garantia da oferta de soluções para a coleta, o transporte, o tratamento do esgoto e a disposição ambientalmente segura do lodo, que assegurem, também, a dignidade humana e a privacidade, um outro princípio normativo, específico deste componente do saneamento (Brasil, 2019).

Em determinadas regiões do Brasil, os serviços de saneamento básico, principalmente água e esgoto, não estão acessíveis a todos os indivíduos, e muitas vezes eles se mostram irregulares (Farias; Paz, 2017). Segundo Paz *et al.* (2012), a população que não tem acesso a esses tipos de serviços apresenta níveis socioeconômicos baixos.

Conhecer o perfil demográfico e socioeconômico e de desenvolvimento humano dos municípios que são desprovidos de acesso aos serviços de saneamento básico, sobretudo a água e o esgotamento sanitário se mostram relevante para a análise situacional e, conseqüentemente, no alcance da universalização desses serviços. Ademais, constata-se acentuadas diferenças regionais, quando se verifica a ausência de prestadores de serviços de esgotamento sanitário, principalmente ao se comparar as regiões Sudeste e Nordeste do Brasil, por exemplo (Rossoni *et al.*, 2020). As diferentes ações de saneamento espalham-se no território influenciadas pelas

especificidades regionais, em suas dimensões política, ambiental, econômica, cultural e social, preponderantes para que uma solução seja adotada em um dado contexto (Brasil, 2019).

2.2 Estado da arte

No estudo realizado por Rezende *et al.* (2007), avaliou-se determinantes da presença de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em domicílios urbanos brasileiros. As maiores chances de presença de redes domiciliares pertencem aos municípios da Região Sudeste. Neste estudo, constatou-se que o desempenho dos modelos de gestão no Brasil está sujeito a uma série de fatores que envolvem os municípios, como a localização geográfica, os aspectos socioeconômicos e o processo saúde-doença.

O surgimento de doenças diarreicas está diretamente ligado ao déficit de saneamento básico. Países em desenvolvimento, que apresentam taxas de mortalidade altas, fazem parte deste grupo (Farias; Paz, 2017). Essa relação entre o acesso aos serviços de saneamento básico e a mortalidade dá-se de formas diferentes no espaço e no tempo (Silveira Júnior, 2017). De acordo com Ferreira e Brito (2019), o saneamento básico é um fator determinante para a minimização da mortalidade de indivíduos com doenças ligadas à ausência de saneamento, assim como a melhora desse tipo de serviço impacta positivamente no desenvolvimento da região.

A falta dos serviços de água e esgoto em uma região também acarreta baixos índices de IDH. O estudo realizado por Souza *et al.* (2016) estabeleceu uma relação proveniente das análises espaciais de agrupamentos dos 246 municípios do estado de Goiás, Brasil, considerando os dados de saneamento básico e Índice de Desenvolvimento Humano, por meio do qual se pode verificar uma forte correlação ($p < 0,05$) entre as áreas que possuem maior Índice de saneamento com as regiões que tem maior IDH.

Castro *et al.* (2021) em seu estudo também observaram evidências quanto ao saneamento na área rural no estado do Ceará. A pesquisa revelou que a implantação de sistemas de abastecimento de água contribui para o aumento dos níveis de desenvolvimento humano.

No que diz respeito à relação dos serviços de água e esgoto com a educação, Valduga *et al.* (2018) observaram, a partir da correlação de Person, uma associação positiva entre ambos. Scriptorre *et al.* (2015), em seu estudo, verificaram efeitos positivos entre o acesso aos serviços básicos de saneamento sobre os indicadores educacionais. Os resultados apontam para um aumento na frequência escolar de estudantes na faixa etária de 6 a 14 anos de 0,11% e redução no abandono escolar do ensino fundamental de 0,49%, além da diminuição da taxa de distorção

idade-série de 0,96% em populações que moram em residências com condições de saneamento adequada.

Outro indicador socioeconômico que se relaciona ao acesso aos serviços de saneamento é a pobreza extrema. Esse tipo de serviço atua como estratégia para erradicar tal situação pobreza. Portanto, o serviço de saneamento é algo bem mais fundamental que meramente a obtenção de água de qualidade satisfatória e esgotamento sanitário apropriado, assim, o acesso ao saneamento representa a possibilidade de se ter dignidade (Brasil, 2019).

Macêna (2021) verificou em seu estudo que existe uma diferença de acesso a serviços de saneamento se for comparado com as diferentes regiões do Brasil, mas também entre áreas urbanas e rurais, e entre os diferentes grupos socioeconômicos. Segundo Sousa e Costa (2016), não existe mais uma justificativa para que se tenha um atraso em universalizar os serviços de saneamento, pois ao longo dos anos se teve um aumento de recursos disponíveis em programas da União para o avanço do saneamento.

Assim, para que exista a universalização dos serviços de saneamento, compreende-se que o maior desafio do setor é elaborar políticas públicas, integradas na garantia de direitos sociais, pois os serviços de saneamento são de grande importância na questão social. A falta desses serviços é fruto da extrema desigualdade existente no país, impactando negativamente a saúde pública, o meio ambiente e a economia do país (Macêna, 2021).

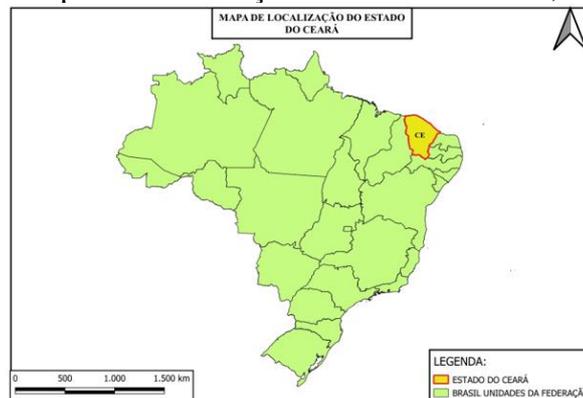
3 METODOLOGIA

Esta seção descreve a área do estudo, o método de análise, e a base de dados e variáveis utilizada para a obtenção dos resultados da pesquisa.

3.1 Área de estudo

A área de estudo é o estado do Ceará (Mapa 2) que possui população estimada, em 2021, de 9.240.580 habitantes. Em termos de educação, o estado tinha 6,1 de Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) (anos iniciais do ensino fundamental da rede pública), e 5,3 de IDEB (anos finais do ensino fundamental da rede pública). Em relação ao trabalho e rendimento, o Ceará apresentou rendimento nominal mensal domiciliar per capita de 881 reais. Verificou-se 0,682 de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), ano base 2010. E área, ano base 2021, de 148.894,447 km² quando se observa a unidade territorial. No que diz respeito ao setor de saneamento, o Ceará conta com 2.375.743 unidades de economias abastecidas de água e 880.551 unidades de economias esgotadas (IBGE, 2021).

Mapa 2 - Localização do estado do Ceará, Brasil



Fonte: Autor (2022).

3.2 Etapas da construção do IDO dos serviços de água e esgoto

O Índice de Desempenho Operacional (IDO) é definido como uma medida utilizada para avaliar a eficiência de uma empresa ou organização na realização de suas atividades operacionais. O IDO é construído pela combinação linear dos escores fatoriais, adquiridos pela análise fatorial, com a proporção da variância explicada pelos fatores individuais em relação à variância comum. Escolheu-se este método (análise fatorial) pelo fato que, segundo Hoffmann

(1999), ele explica a variação de um conjunto de variáveis a partir de múltiplos fatores ortogonais ou independentes entre si.

Os escores do índice podem assumir valores entre 0 e 1, em que um valor mais próximo de 1 indica um desempenho operacional mais eficiente. O IDO é classificado em níveis Alto, Baixo e Intermediário, sendo que, se o escore do IDO for maior do que 0,70, tem-se um alto desempenho; se o IDO estiver entre 0,50 e 0,70, considera-se desempenho intermediário; e se o valor do IDO for menor do que 0,50, assume-se como baixo desempenho.

As etapas da análise fatorial são três, a saber: (i) a análise da matriz de correlações (via Análise dos Componentes Principais), (ii) adequabilidade do método (através do Índice *Kaiser-Meyer-Olkin*, do Teste de Esfericidade de *Bartlett* e da Matriz Anti-Imagem), (iii) a extração dos fatores iniciais e determinação do total de fatores (por meio do critério da raiz latente), (iv) a rotação e interpretação dos fatores (pelo método de rotação ortogonal Varimax) (Fávero *et al.*, 2009).

3.3 Regressão quantílica

Utilizou-se a regressão quantílica, pois segundo Gujarati (2000), o método serve para averiguar a relação entre variáveis. Araújo Júnior (2018) afirma que os efeitos quantílicos indicam que os atributos podem impactar diferentemente a variável de resposta de acordo com o quantil de sua distribuição condicional. Nesse contexto, estimou-se o potencial efeito diferencial das covariáveis (indicadores socioeconômicos e mesorregiões) sobre três quantis (q_{25} , q_{50} e q_{75}) da distribuição condicional da variável resposta (IDO). Optou-se pela escolha desse método, pois segundo Koenker e Bassett (1978), os estimadores resultantes da regressão quantílica são os mais eficientes do que os alcançados pelo Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), tendo em vista que os erros não possuem distribuição normal.

3.4 Método para agrupamento dos municípios cearenses

Identificou-se os grupos similares a partir do agrupamento das observações. Neste estudo, são os municípios cearenses que possuíam similaridades. A Análise de Cluster (AC) é utilizada neste estudo para agrupar os municípios em categorias de planejamento. A AC é uma técnica de análise multivariada que tem o objetivo em realizar a distribuição dos elementos da amostra em grupos os mais semelhantes possíveis (Corrar *et al.*, 2012). Os elementos pertencentes a um mesmo grupo alocam-se de forma similar com respeito às características que

forem medidas em cada elemento. Através de tal procedimento, os elementos são classificados em grupos restritos homogêneos internamente, com variabilidade intraclasse mínima e interclasse máxima (Hair *et al.*, 2009). Constitui-se em um método orientador e norteador para identificação de diferenças de comportamento, tomada de decisões e definição de estratégias de atuação e planejamento (Sousa; Zanella, 2021).

Os municípios foram agrupados com base em suas similaridades. Foi necessário tomar uma medida de distância, de modo que, quanto maior a distância, menor a semelhança entre estes. A distância aplicada neste estudo é a quadrática euclidiana, ou seja, é medida em um espaço n-multidimensional pelo somatório dos quadrados das diferenças entre as observações i e k (Martins *et al.*, 2014). A Equação 14 demonstra:

$$D_{kl}^2 = \sum (X_{ik} - X_{il})^2 \quad (14)$$

sendo que: $D_{k,i}$ a medida da distância euclidiana do objeto k ao i ; i é o indexador das variáveis.

Considera-se que quanto mais próxima de zero for a distância, maior a similaridade entre os objetos em comparação. Adotou-se o método de análise de agrupamento não hierárquico, o qual considera o agrupamento de k -médias, justificado pelo fato de que esse tipo de agrupamento minimiza a variância interna dos grupos e maximiza a variância entre eles. De acordo com Fávero *et al.* (2009), o método é responsável por colocar cada um dos elementos existentes em um dos k grupos pré-definidos, objetivando diminuir a soma dos quadrados residuais dentro de cada grupo com o intuito de maximizar a homogeneidade dele.

Os grupos foram divididos com base nos valores obtidos para o IDO a partir da análise fatorial, conforme definido anteriormente. Neste trabalho, para melhor compor a análise, os municípios do Ceará foram divididos (pelo pesquisador) em dois cenários. O primeiro cenário foi caracterizado em três *clusters*, considerando o IDO dos municípios cearenses, e as suas respectivas classificações (baixo, alto e intermediário desempenho). No segundo cenário, foi caracterizado em cinco *clusters*, considerando os municípios cearenses encaixilhados com IDO acima e abaixo da média (0,644), por mesorregião.

3.5 Base de dados e variáveis selecionadas

Investigou-se 162 municípios do estado do Ceará do Brasil, que tem o município de Fortaleza como capital. Os demais 22 municípios não foram analisados pela justificativa da

falta de disponibilidade de dados. Vale destacar que os dados da pesquisa são de natureza secundária, extraídos de três instituições nacionais.

Desse modo, utilizou-se a base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), da qual foram extraídos dados para o ano de 2020. O SNIS é uma unidade vinculada à Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional do Brasil.

Realizou-se a coleta também na base de dados do Sistema da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), do qual foi obtido o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal, para o ano de 2016. A FIRJAN analisa o desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros, em três áreas: emprego e renda, educação e saúde.

A base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) também foi utilizado para a coleta do Índice de Gini e IDH, para o ano de 2010.

3.5.1 Definição das variáveis

Com o intuito de elaborar um índice operacional, justificou-se a escolha das variáveis por estarem relacionadas a parte operacional dos serviços de água e esgoto. Utilizou-se as seguintes variáveis: Índice de atendimento urbano de água (%), Índice de perdas de distribuição (%), Índice de faturamento de água (%), Índice de consumo de água (%), Tarifa média praticada (R\$/m³), Despesa total de serviços (R\$/m³), Empregados próprios por 1000 ligações de água e de esgoto (indivíduo), Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto (%), Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (%).

3.5.2 Variáveis socioeconômicas

Com a finalidade de verificar o efeito distributivo dos indicadores socioeconômicos e das mesorregiões sobre o desempenho operacional dos serviços de água e esgoto, foram selecionados como variáveis independentes o IDH, Índice de Gini, Emprego e Renda, Educação e Saúde.

Adicionalmente, algumas variáveis independentes foram tratadas como variável dummy: (i) implantação da PNSB; (ii) localização do município. Uma variável dummy permite controlar o efeito de uma característica na variabilidade dos dados, tal que o escore 1 significa

que a variável está presente e o 0, ausente. O Quadro 5 mostra a decodificação das variáveis dummies do modelo de regressão.

Quadro 5 - Definição das variáveis dummy do modelo de regressão quantílica

Município tem a PNSB implantada	Dummy 1 se sim e Dummy 0 caso contrário
Município nas mesorregiões Norte ou Noroeste	Dummy 1 se sim e Dummy 0 caso contrário
Município na mesorregião Metropolitana de Fortaleza	Dummy 1 se sim e Dummy 0 caso contrário
Município nas mesorregiões Sul ou Centro Sul	Dummy 1 se sim e Dummy 0 caso contrário
Município nas mesorregiões Sertões ou Jaguaribe	Dummy 1 se sim e Dummy 0 caso contrário

Fonte: Autor (2021).

3.5.3 Estatística descritiva das variáveis utilizadas na regressão quantílica

A obtenção das estimativas teve por base um conjunto de 162 municípios, que correspondem às unidades observacionais com respostas nas variáveis em estudo. Para os dados da amostra, a Tabela 12 apresenta uma análise exploratória dos dados.

No que diz respeito ao IDO, observou-se a variabilidade dos dados de 0,08% em sua amplitude de 0,48 a 0,76, obtendo a média de 0,64. Verificou-se uma similaridade quando se comparou o IDO ao IDH, pois se constatou valor médio do IDH de 0,62 em uma amplitude de 0,56 a 0,75, com uma variabilidade dos dados de 0,05%. Contudo, os dados do IDH foram menos dispersos que os do IDO, ou seja, o conjunto de dados se comportou mais homogêneo. O conjunto de dados mais heterogêneo analisado foi o da variável Emprego e Renda, pois observou uma amplitude de 0,20 a 0,74, com uma variabilidade dos dados de 0,24%, com média de 0,43. Em relação às variáveis Educação e Saúde, observou-se que estes indicadores se apresentam acima da média dos demais, verificando 0,78 e 0,80 respectivamente. O Índice de Gini apresentou valor mínimo de 0,43 e valor máximo de 0,69. Para essa variável, observou-se média de 0,54 e a variação do coeficiente de 0,09.

Quanto menor o valor do Coeficiente de Variação (CV), mais homogêneos são os dados. Por sua vez, quanto maior seu valor, mais heterogêneos. Um CV pode ser considerado baixo

quando for inferior a 30%, indicando que o conjunto de dados é homogêneo. E, quando superior a 30%, considera-se heterogêneo (Fávero; Belfiore, 2017).

Tabela 12 - Estatística descritiva dos dados utilizados para a regressão quantílica

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Coefficiente de Variação (%)
IDO	0,48	0,76	0,64	0,08
IDH	0,56	0,75	0,62	0,05
Índice de Gini	0,43	0,69	0,54	0,09
Emprego e Renda	0,20	0,74	0,43	0,24
Educação	0,64	0,95	0,78	0,07
Saúde	0,59	0,95	0,80	0,09
PNSB	0	1	0,29	1,56
Mesorregiões	Mínimo	Máximo	Média	Coefficiente de Variação (%)
Norte ou Noroeste Cearense	0	1	0,48	1,05
Metropolitana de Fortaleza	0	1	0,07	3,71
Sul ou Centro Sul Cearense	0	1	0,20	1,98
Sertões Cearense ou Jaguaribe	0	1	0,25	1,72

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Nas mesorregiões cearenses, verifica-se um maior número de municípios nas mesorregiões Norte e Noroeste, seguindo das mesorregiões Sertões e Jaguaribe, e posteriormente as mesorregiões Sul e Centro Sul. A mesorregião Metropolitana de Fortaleza apresenta menor número de municípios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, há a descrição dos resultados da pesquisa, iniciando com a análise dos IDO dos serviços de água e esgoto para cada município cearense. Em seguida, mostram-se os resultados provindos da regressão quantílica, e por último, o agrupamento dos municípios com similaridades.

4.1 Índice de Desempenho Operacional dos serviços de água e esgoto

O número de municípios com níveis intermediários (90% que equivale a 148 municípios) superou a quantidade de municípios caracterizados por ter desempenho alto (9% que equivale a 14 municípios) e desempenho baixo (1% que equivale a 2 municípios). A Tabela 13 detalha os valores para os municípios com maior e menor IDO dos serviços de água e esgoto para cada município cearense e suas respectivas classificações (alto, baixo e intermediário desempenho).

Observou-se que os menores IDO foram do município de Uruoca (48%) e Chorozinho (49%), localizados na mesorregião Norte ou Noroeste cearense, caracterizando como desempenho baixo. Em contrapartida, os municípios de Catarina (76%), localizado na mesorregião Sertões ou Jaguaribe cearenses, Catunda (76%), localizado na mesorregião Norte ou Noroeste cearense, e Quixeramobim (74%), localizado na mesorregião Sertões ou Jaguaribe cearense tiveram os maiores IDO, caracterizados como desempenho alto.

Em relação ao nível de desempenho intermediário, verifica-se que os municípios Apuiarés (70%), Aratuba (70%) e Canidé (70%) apresentaram os maiores índices, sendo que estão localizados na mesorregião Norte ou Noroeste cearense.

Considerando os níveis de desempenho dos municípios Uruoca, Chorozinho, Catunda, Apuiarés, Aratuba e Canidé, por exemplo, pode-se inferir que há desigualdades, dentro das próprias regiões, de promoção aos serviços de saneamento, especificadamente água e esgoto.

Verifica-se ainda que os municípios de Mombaça (71%), Tarrafas (71%) e Altaneira (71%), embora com alto nível de desempenho, estes são classificados como os últimos do Rank, situados no 12º, 13º e 14º colocação, respectivamente. Já quando se observa os municípios de Itarema (53%), Aquiraz (52%) e Pacujá (50%), estes são classificados como os últimos do Rank de nível intermediário de desempenho, situados no 158º, 159º e 160º colocação, respectivamente.

Tabela 13 - Valores dos Índices de Desempenho Operacional dos serviços de água e esgoto e suas respectivas classificações no período do ano base de 2020

Rank	Municípios	IDO (%) 2020	ND 2020	Rank	Municípios	IDO (%) 2020	ND 2020
1	Catarina	76	A	16	Aratuba	70	I
2	Catunda	76	A	17	Canindé	70	I
3	Quixeramobim	74	A	158	Itarema	53	I
12	Mombaça	71	A	159	Aquiraz	52	I
13	Tarrafas	71	A	160	Pacujá	50	I
14	Altaneira	71	A	161	Chorozinho	49	B
15	Apuiarés	70	I	162	Uruoca	48	B

ID: Índice de Desempenho. ND: Nível de Desempenho. A: Alto. I: Intermediário. B: Baixo.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

4.2 Análise da regressão quantílica

A análise da regressão quantílica examinou a relação entre variáveis em diferentes partes da distribuição de uma variável dependente. Nesse caso, a variável dependente é o IDO e as variáveis independentes são IDH, Índice de Gini, emprego e renda, educação, saúde, PNSB e as mesorregiões.

Na Tabela 14, são apresenta as estimativas dos diferentes quantis a partir das variáveis do modelo de regressão quantílica. As variáveis IDH, saúde, PNSB, e as mesorregiões Norte/Noroeste e a Metropolitana de Fortaleza mostraram-se estatisticamente significantes ao nível de significância de 10% em todos os quantis analisados, indicando que o resultado é consistente ao longo de todo o espectro dos dados examinados, o que significa dizer que a relação entre as variáveis é consistente ao longo de todo o intervalo de valores analisados, independentemente do ponto em que se encontra na distribuição de valores destas. Já no que se refere as variáveis educação, e as mesorregiões Sul/Centro Sul e as mesorregiões Sertões/Jaguaribe mostraram-se estatisticamente significantes ao nível de significância de 10% em dois quantis analisados, exceto no quantil (q50) para as variáveis mesorregiões Sul/Centro Sul e as mesorregiões Sertões/Jaguaribe, e no quantil (q25) para a variável educação, indicando assim que há evidências suficientes para afirmar que existe uma diferença real e significativa entre os valores desses quantis. Isso significa que há uma diferença estatisticamente significativa entre as duas partes da distribuição.

Verificaram-se efeitos marginais negativos sobre o IDO em todos os quartis no que diz respeito as seguintes variáveis: IDH, saúde e mesorregião metropolitana de Fortaleza, e nas mesorregiões Norte/Noroeste, indicando que o IDO tende a diminuir à medida que o IDH, a saúde e a mesorregião metropolitana de Fortaleza e as mesorregiões Norte/Noroeste pioram. Isso sugere uma associação negativa entre essas variáveis e o IDO.

Quando se analisa o IDH e a saúde, observa-se um maior efeito negativo nos municípios com maiores IDO (q75). Em contrapartida, quando se avalia as variáveis de localização dos municípios, verifica-se um maior efeito negativo nos municípios com menores IDO (q25). Isso pode ser explicado pelo fato de que, em geral, regiões com maiores IDO têm um maior acesso a serviços de saúde, o que leva a uma maior demanda por esses serviços. Por outro lado, essas regiões também podem apresentar uma maior concentração de problemas de saúde crônicos, como obesidade e doenças cardiovasculares, que podem estar associadas a hábitos alimentares e estilo de vida menos saudáveis. Segundo Penteado e Branchi (2021), os serviços de água e esgoto são significativos para o alcance do desenvolvimento humano, e caso a região não seja contemplada por esse tipo de serviço, a população poderá desenvolver doenças de veiculação hídrica.

A variável PNSB teve efeito marginal positivo sobre o IDO, sendo que se observou um maior efeito nos municípios com menores IDO (q25). Isso significa que a PNSB teve um impacto mais significativo nos municípios com baixo IDO, indicando que a PNSB contribuiu para reduzir a desigualdade entre os municípios, promovendo um desenvolvimento mais equilibrado em todo o estado do Ceará.

Os resultados indicam que para cada unidade adicionada ao IDH, o IDO diminui em 1,08 unidades no quantil (q75). Isso sugere que, nos locais onde o IDH é mais alto, o IDO é relativamente baixo. Por outro lado, o aumento do IDH pode levar a um melhor IDO em locais onde o IDH é mais baixo.

No quantil (q50), um aumento de 1 unidade no Índice de Gini resulta em um aumento de 0,88 unidades no IDO. Isso indica que, em áreas com maior desigualdade de renda, o IDO tende a ser mais alto. No quantil (q25), um aumento de 1 unidade no Emprego e Renda resulta em uma diminuição de 0,81 unidades no IDO. Isso sugere que, em áreas com melhores condições de emprego e renda, o IDO é relativamente baixo. No mesmo quantil, um aumento de 1 unidade na Educação resulta em um aumento de 0,72 unidades no IDO. Isso indica que, em áreas onde a educação é melhor, o IDO tende a ser mais alto.

Tabela 14 - Estimativas dos diferentes quantis a partir das variáveis do modelo de regressão quantílica

Variáveis	Quantil		
	q ₂₅	q ₅₀	q ₇₅
Constante	0,000*	0,000	0,000
	1,47	3,24	4,44
IDH	0,036*	0,041*	0,028*
	-0,92	-0,37	-1,08
Índice de Gini	0,079	0,038*	0,089
	0,26	0,88	0,14
Emprego e Renda	0,041*	0,070	0,067
	-0,81	-0,27	0,41
Educação	0,099	0,047*	0,049*
	-0,01	0,72	0,69
Saúde	0,035*	0,049*	0,037*
	-0,60	-0,14	-0,90
PNSB	0,018*	0,045*	0,049*
	1,32	0,75	0,69
Norte/Noroeste	0,033*	0,037*	0,046*
	-0,96	-0,88	-0,73
Metropolitana de Fortaleza	0,037*	0,042*	0,043*
	-0,89	-0,81	-0,63
Sul/Centro Sul	0,026*	0,070	0,049*
	1,12	0,56	0,39
Sertões/Jaguaribe	0,046*	0,090	0,039*
	0,78	-0,12	0,51
Pseudo R ₂	0,6141	0,4122	0,4093

162 observações, sendo *P < 0,10

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

No quantil (q₇₅), um aumento de 1 unidade na Saúde resulta em uma diminuição de 0,90 unidades no IDO. Isso sugere que, em áreas onde a saúde é relativamente adequada, o IDO é relativamente baixo. No quantil (q₂₅), um aumento de 1 unidade no PNSB resulta em um aumento de 1,32 unidades no IDO. No mesmo quantil, um aumento de 1 unidade na

mesorregião Norte/Noroeste resulta em uma diminuição de 0,96 unidades no IDO, enquanto um aumento de 1 unidade na mesorregião Metropolitana de Fortaleza resulta em uma diminuição de 0,89 unidades no IDO. Isso sugere que essas regiões estão enfrentando desafios em termos de desempenho operacional. No mesmo quantil, um aumento de 1 unidade na mesorregião Sul/Centro Sul resulta em um aumento de 1,12 unidades no IDO, enquanto um aumento de 1 unidade na mesorregião Sertões/Jaguaribe resulta em um aumento de 0,78 unidades no IDO. Isso indica que essas regiões podem estar apresentando melhores condições de desempenho operacional.

Os resultados da regressão quantílica sugerem que as variáveis independentes têm efeitos diferentes no IDO, dependendo da parte da distribuição em que são observadas. Nesse contexto, infere-se que para os municípios com maiores IDO, caracterizados pelo quantil (q75), as variáveis independentes que mais afetaram a variável dependente foram: IDH e saúde. E para os municípios com menores IDO, caracterizados pelo quantil (q25), as variáveis independentes que mais afetaram a variável dependente foram Emprego e Renda, PNSB, a mesorregião Norte/Noroeste, a mesorregião Metropolitana de Fortaleza, a mesorregião Sul/Centro Sul e a mesorregião Sertões/Jaguaribe.

4.3 Análise de agrupamento dos municípios cearenses

A Tabela 15, considerando os municípios que se enquadraram acima e abaixo da média (0,644) de IDO, exhibe os escores dos cinco municípios cearenses em ordem decrescente, em uma escala de maior para o menor IDO, por mesorregião. Em relação ao total de municípios do Ceará com IDO acima da média, nota-se que, entre os cinco primeiros municípios neste grupo, tem-se dois municípios pertencente a mesorregião Norte/Noroeste (Umari e Cascavel), dois municípios da mesorregião Sul/Centro Sul (Penaforte e Abaiara), e um município localizado na mesorregião Sertões/Jaguaribe (Tabuleiro do Norte).

O resultado supracitado sugere que o IDO é relativamente alto em alguns municípios do Ceará, e que esse alto desempenho não está concentrado em uma única região do estado. Pelo contrário, os municípios com IDO acima da média estão distribuídos em diferentes mesorregiões do Ceará. Outro ponto interessante a se destacar é que nenhum dos municípios citados no resultado está localizado na mesorregião Metropolitana de Fortaleza. Isso pode indicar que, embora esta mesorregião seja um importante centro econômico e político, outros municípios do estado, pertencentes a outras mesorregiões também conseguiram se desenvolver de forma significativa.

Já quando se menciona o total de municípios com IDO abaixo da média, verifica-se quatro municípios enquadrados na mesorregião Norte/Noroeste (Chaval, Tianguá, Ocara e Cariré) e um município na mesorregião Sul/Centro Sul (Orós). Comparando os municípios com IDO acima da média por mesorregiões, tem-se: Catunda com IDO 0,759 para a mesorregião Norte/Noroeste, Itaitinga com IDO 0,681 para a mesorregião Metropolitana de Fortaleza, Potengi com IDO 0,734 para a mesorregião Sul/Centro Sul, e Catarina com IDO 0,756 para a mesorregião Sertões/Jaguaribe. Nesse sentido as mesorregiões Norte/Noroeste e Sertões/Jaguaribe, destacam-se, a partir dos municípios de Catunda e Catarina, respectivamente, indicando que essas mesorregiões possuem um nível mais elevado de desenvolvimento humano em comparação com outras mesorregiões no estado.

Quando se compara os municípios com IDO abaixo da média por mesorregiões, tem-se: Chaval com IDO 0,643 para a mesorregião Norte/Noroeste, Fortaleza com IDO 0,636 para a mesorregião Metropolitana de Fortaleza, Orós com IDO 0,642 para a mesorregião Sul/Centro Sul, e Palhano com IDO 0,639 para a mesorregião Sertões/Jaguaribe. Isso significa que, apesar de estarem localizados em diferentes regiões do estado, esses municípios apresentam um desempenho semelhante no que se refere ao IDO.

Nota-se que as mesorregiões Norte/Noroeste, Sul/Centro Sul, e Sertões/Jaguaribe, quando se observa os municípios acima da média, verifica-se que o IDO fixaram acima de 0,704. Fato este que difere quando se observa os municípios da mesorregião Metropolitana de Fortaleza, onde eles fixaram-se entre 0,671 e 0,681. Assim, o resultado supracitado destaca diferenças no nível de IDO entre as várias regiões do estado do Ceará, com as mesorregiões Norte/Noroeste, Sul/Centro Sul e Sertões/Jaguaribe apresentando um desempenho melhor que a mesorregião Metropolitana de Fortaleza.

Tabela 15 - Hierarquização dos municípios do Ceará por IDO e por mesorregião

(continua)

Total de Municípios do Ceará acima da Média	IDO	Rank	Mesorregião	Município abaixo da Média	IDO	Rank	Mesorregião
Umari	0,645	1	Norte/Noroeste	Fortaleza	0,63	1	Metropolitana de Fortaleza

Tabela 15 - Hierarquização dos municípios do Ceará por IDO e por mesorregião

(continua)

Total de Municípios do Ceará acima da Média	IDO	Rank	Mesorregião	Município abaixo da Média	IDO	Rank	Mesorregião
Penaforte	0,64	2	Sul/Centro Sul	Maranguape	0,63	2	Metropolitana de Fortaleza
Tabuleiro do Norte	0,64	3	Sertões/Jaguaribe	Caucaia	0,62	3	Metropolitana de Fortaleza
Abaiara	0,65	4	Sul/Centro Sul	Horizonte	0,61	4	Metropolitana de Fortaleza
Cascavel	0,65	5	Norte/Noroeste	Maracanaú	0,61	5	Metropolitana de Fortaleza
Total de Município do Ceará abaixo da Média	IDO	Rank	Mesorregião	Município acima da Média	IDO	Rank	Mesorregião
Chaval	0,64	1	Norte/Noroeste	Potengi	0,73	1	Sul/Centro Sul
Tianguá	0,64	2	Norte/Noroeste	Iguatu	0,72	2	Sul/Centro Sul
Orós	0,64	3	Sul/Centro Sul	Antonina do Norte	0,71	3	Sul/Centro Sul
Ocara	0,64	4	Norte/Noroeste	Tarrafas	0,71	4	Sul/Centro Sul
Cariré	0,64	5	Norte/Noroeste	Várzea Alegre	0,70	5	Sul/Centro Sul
Município acima da Média	IDO	Rank	Mesorregião	Município abaixo da Média	IDO	Rank	Mesorregião
Catunda	0,75	1	Norte/Noroeste	Orós	0,64	1	Sul/Centro Sul
Alcântaras	0,73	2	Norte/Noroeste	Barbalha	0,63	2	Sul/Centro Sul
Groaíras	0,72	3	Norte/Noroeste	Jati	0,62	3	Sul/Centro Sul
Martinópole	0,72	4	Norte/Noroeste	Campos Sales	0,61	4	Sul/Centro Sul
Graça	0,70	5	Norte/Noroeste	Missão Velha	0,59	5	Sul/Centro Sul

Tabela 15 - Hierarquização dos municípios do Ceará por IDO e por mesorregião (conclusão)

Município abaixo da Média	IDO	Rank	Mesorregião	Município acima da Média	IDO	Rank	Mesorregião
Chaval	0,64	1	Norte/Noroeste	Catarina	0,75	1	Sertões/Jaguaribe
Tianguá	0,64	2	Norte/Noroeste	Quixeramobim	0,74	2	Sertões/Jaguaribe
Ocara	0,64	3	Norte/Noroeste	Jaguaribe	0,72	3	Sertões/Jaguaribe
Cariré	0,64	4	Norte/Noroeste	Independência	0,71	4	Sertões/Jaguaribe
Marco	0,64	5	Norte/Noroeste	Mombaça	0,71	5	Sertões/Jaguaribe
Município acima da Média	IDO	Rank	Mesorregião	Município abaixo da Média	IDO	Rank	Mesorregião
Itaitinga	0,68	1	Metropolitana de Fortaleza	Palhano	0,63	1	Sertões/Jaguaribe
Pacajus	0,67	2	Metropolitana de Fortaleza	Alto Santo	0,63	2	Sertões/Jaguaribe
Pacatuba	0,67	3	Metropolitana de Fortaleza	Aracati	0,63	3	Sertões/Jaguaribe
-	-	-	-	Senador Pompeu	0,63	4	Sertões/Jaguaribe
-	-	-	-	Madalena	0,63	5	Sertões/Jaguaribe

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Diante dos resultados de agrupamento, no primeiro cenário, verificaram-se três grupos, como mostra o Mapa 3. O *cluster* 1, representado na cor azul, possui 146 municípios, os quais estão distribuídos em todas as mesorregiões cearenses. O *cluster* 2, representado na cor verde, é formado por 14 municípios que estão localizados nas mesorregiões Norte/Noroeste, Sul/Centro Sul e Sertões/Jaguaribe. O *cluster* 3, representado na cor vermelha, possui apenas 2 municípios, localizados nas mesorregiões Norte/Noroeste. Ressalta-se que se optou por três *clusters* para obter uma melhor representatividade dos municípios por agrupamento, considerando assim o nível de desempenho (Alto, Baixo e Intermediário).

O *cluster* 1 mostrou que grande parte dos municípios cearenses possui IDO semelhantes. Nesse escopo, evidencia-se que os municípios que apresentam condições intermediárias de

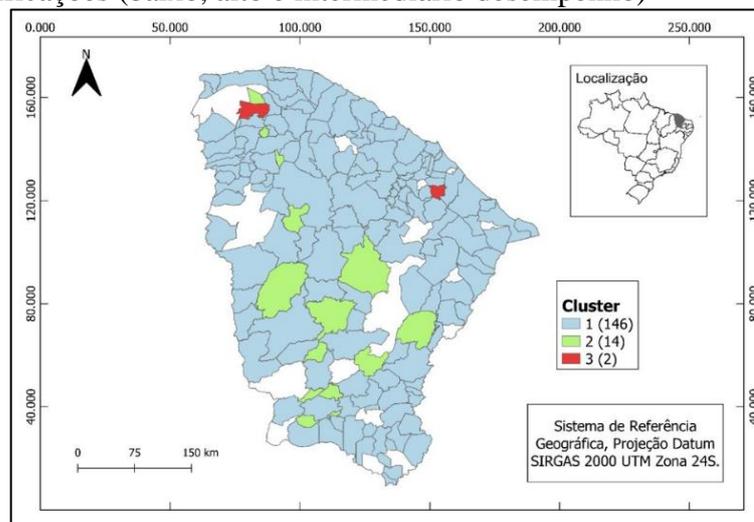
desempenho operacional tendem a aumentar com o incremento marginal no Índice de Gini, da Educação, e da PNSB enquanto diminui com o crescimento do IDH e da saúde. O resultado indica que os municípios desse cluster possuem um desempenho operacional semelhante, mas que há diferenças em termos de como os índices sociais e de qualidade de vida afetam esse desempenho. A desigualdade social e a falta de serviços de saneamento básico estão associadas a um melhor desempenho operacional, enquanto o aumento do IDH e da saúde estão associados a um baixo desempenho operacional.

No *cluster 2*, evidencia-se que os municípios que apresentam condições de alto desempenho operacional tendem a sofrer um maior efeito marginal positivo da Educação e da PNSB, e efeito marginal negativo do IDH e da saúde. O resultado indica que no *cluster 2* há uma tendência de que os municípios com alto desempenho operacional tenham um impacto positivo maior da educação e na PNSB, e um impacto negativo do IDH e da saúde. Isso sugere que, dentro do *cluster 2*, investimentos em educação e saneamento básico podem ter um efeito positivo mais significativo em municípios que já apresentam um alto desempenho operacional. Por outro lado, a melhoria do IDH e dos indicadores de saúde pode não ter um impacto tão significativo nesses municípios.

Já no *cluster 3*, evidencia-se que os municípios que apresentam condições de baixo desempenho operacional tendem a sofrer maior efeito marginal positivo na PNSB, e efeitos marginais negativos do IDH, do Emprego e Renda e da saúde. A partir da análise, é possível inferir que os municípios com baixo desempenho operacional são os que mais se beneficiaram com a implementação da PNSB, com efeitos marginais positivos na melhoria dos indicadores relacionados à água e esgoto. No entanto, os mesmos municípios com baixo desempenho operacional tiveram efeitos marginais negativos no IDH, Emprego e Renda e saúde. Isso sugere que a melhoria na infraestrutura de água e esgoto pode ter um impacto positivo na qualidade de vida da população, mas outros fatores, como a economia local e a saúde, também precisam ser considerados para uma melhoria geral.

Pode-se inferir que a implementação da PNSB teve efeito marginal positivo em todos os municípios analisados, independentemente de seu nível de desempenho. Isso indica que a política pública foi efetiva em melhorar os indicadores de água e esgoto, mesmo em municípios com melhor desempenho operacional.

Mapa 3 - Divisão municipal do estado do Ceará por *clusters* em relação ao IDO e às suas respectivas classificações (baixo, alto e intermediário desempenho)

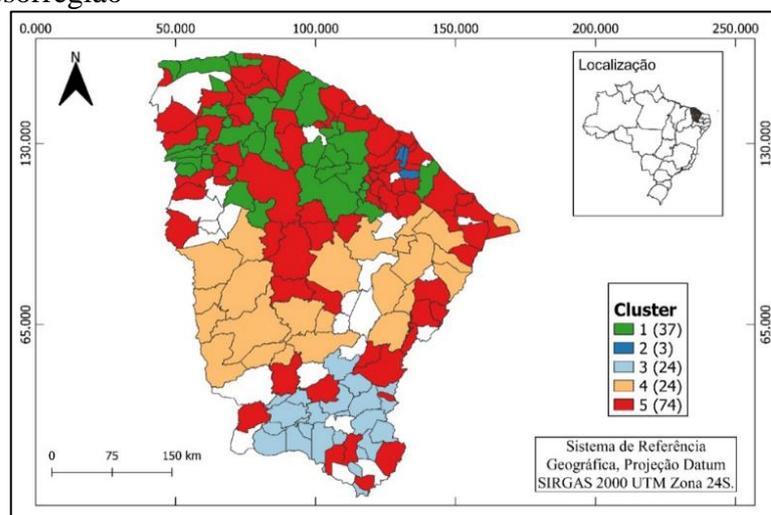


Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Diante dos resultados da análise de agrupamento, no segundo cenário em que se verificou cinco grupos, como o Mapa 4 ilustra. O *cluster* 1, representado na cor verde, reúne 37 municípios, os quais estão localizados nas mesorregiões Norte/Noroeste. O *cluster* 2, representado na cor azul escuro, é formado por 3 municípios, localizados na mesorregião Metropolitana de Fortaleza. O *cluster* 3, representado na cor azul claro, é constituído por 24 municípios localizados nas mesorregiões Sul/Centro Sul. O *cluster* 4, representado na cor laranja, tem 24 municípios que estão localizados nas mesorregiões Sertões/Jaguaribe. Por último, o *cluster* 5, representado na cor vermelha, reúne 74 municípios, os quais estão distribuídos em todas as mesorregiões cearenses. Ressalta-se que se optou por cinco *clusters* para obter uma melhor representatividade dos municípios por agrupamento, considerando assim o IDO acima e abaixo da média (0,644), por mesorregião.

Verifica-se que o *cluster* 1, mesorregião Norte/Noroeste, contempla um maior quantitativo de municípios com IDO acima da média, o que significa dizer que, em média, os municípios dessa mesorregião apresentam um nível de desempenho operacional mais elevado do que os municípios das outras mesorregiões. Seguido pelo *cluster* 3 e 4, mesorregiões Sul/Centro Sul e Sertões/Jaguaribe, respectivamente, o que significa dizer que também apresentaram um número significativo de municípios com IDO acima da média, mas em menor proporção do que o *cluster* 1. E na sequência o *cluster* 2, mesorregião metropolitana de Fortaleza, fato que pode indicar uma menor concentração de recursos e investimentos nessa mesorregião, ou a existência de desigualdades socioeconômicas significativas.

Mapa 4 - Divisão municipal do estado do Ceará por *clusters* considerando o IDO acima e abaixo da média por mesorregião



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Chama-se atenção para o *cluster 5*, pois mostrou que a maioria dos municípios cearenses possui IDO abaixo da média, caracterizando a maior semelhança entre eles. Desse modo, evidencia-se que os municípios que apresentam condições abaixo da média de desempenho operacional tendem a obter implicação do IDH, do Índice de Gini, e do Emprego e Renda.

Com base nessa análise, pode-se afirmar que o *cluster 5* apresenta uma correlação negativa entre o desempenho operacional e o desenvolvimento socioeconômico. Isso significa que os municípios com baixo desempenho operacional tendem a ter baixos níveis de IDH, alta desigualdade (refletida no Índice de Gini) e dificuldades em gerar emprego e renda para sua população.

Esses resultados destacam a importância de melhorar o desempenho operacional dos serviços de água e esgoto dos municípios cearenses para promover o desenvolvimento socioeconômico. Investimentos principalmente em infraestrutura, educação e saúde podem contribuir para melhorar o desempenho desse tipo de serviço, aumentando a produtividade e a competitividade dos municípios. Além disso, políticas públicas que visem reduzir as desigualdades sociais e econômicas, como programas de transferência de renda e acesso a serviços básicos, podem contribuir para melhorar o IDH e o Índice de Gini nos municípios mais pobres e vulneráveis.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos das características socioeconômicas das mesorregiões administrativas sobre o desempenho operacional dos serviços de água e esgoto do estado do Ceará, agrupando os municípios em *clusters*, a partir de análise de regressão quantílica e a análise de clustes.

Pode-se concluir que indicadores como o IDH e a saúde tem efeito negativo sobre o IDO nos municípios cearenses analisados, sobretudo quando se observa os municípios que apresentam maior desempenho operacional, como também o fato destes se localizarem nas mesorregiões administrativa Norte/Noroeste e Metropolitana de Fortaleza, especialmente quando se verifica os municípios que apresentam menor desempenho operacional. Infere-se ainda que a maior semelhança entre os municípios estudados, quando se compara as mesorregiões cearenses, foi o fato que eles possuem IDO abaixo da média.

Evidencia-se ainda que os municípios que apresentaram condições intermediárias de desempenho operacional tendem a obter efeito positivo do Índice de Gini, e da Educação. Ademais, o presente estudo mostrou evidências que a PNSB tem efeito positivo sobre o IDO nos municípios cearenses analisados, principalmente quando se observa os municípios que demonstram ter menor desempenho operacional.

O escopo das informações desse estudo sobre os serviços de água e esgoto dos municípios do estado do Ceará brasileiro permitiu a construção de um conjunto de evidências sobre a prestação destes serviços, colaborando com os planejadores na tomada de decisão desse importante componente da qualidade de vida da população. As evidências da presente pesquisa podem ser uma ferramenta viável para o planejamento de políticas públicas que visem melhorar o desempenho operacional dos serviços de água e esgoto e garantir que eles atendam às necessidades dos cidadãos de forma eficiente.

Para trabalhos futuros, sugere-se realizar uma análise comparativa entre outros períodos para a constatação da evolução destes serviços no estado do Ceará. Também se coloca como sugestão a realização de um estudo de impacto da PNSB sobre o IDH e na saúde, tendo em vista as evidências da presente pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, realizou-se três ensaios tratando dos serviços de água e esgoto do estado do Ceará. O primeiro ensaio avaliou a eficiência técnica dos serviços de água e esgoto, assim como a mudança na produtividade total dos fatores empregados na prestação desses serviços no período de 2005 a 2017. O segundo ensaio analisou os fatores determinantes do desempenho, e seus efeitos distributivos dos serviços de água e esgoto, no período de 2005 a 2020. O terceiro ensaio analisou o efeito das características socioeconômicas das mesorregiões administrativas do estado do Ceará sobre o desempenho operacional dos serviços de água e esgoto, agrupando os municípios em *clusters*.

De acordo com os achados da pesquisa, tem-se as seguintes considerações:

No tocante à gestão dos serviços de água e esgoto, verificou-se que é de extrema importância para a qualidade de vida e bem-estar da população, assim como para o desenvolvimento econômico e social de uma região. No entanto, o acesso a esses serviços e sua qualidade são muitas vezes desiguais, o que pode resultar em efeitos distributivos negativos, ou seja, na concentração de benefícios em determinadas áreas ou grupos populacionais em detrimento de outros.

Sobre a eficiência técnica dos serviços dos municípios do estado do Ceará, verificou-se que o número de municípios operando na fronteira de eficiência aumentou apenas ligeiramente, e a média dos escores de eficiência diminuiu significativamente. Em relação à mudança na produtividade total dos fatores empregados na prestação desses serviços no período de 2005 a 2017, verificou-se que a produtividade total dos fatores diminuiu ao longo do período de análise, cuja mudança foi determinada pela diminuição no grau de eficiência técnica e retrocesso na tecnologia.

No que diz respeito aos fatores determinantes do desempenho operacional dos serviços dos municípios do estado do Ceará, verificou-se que as variáveis que melhor explicaram o avanço no desempenho foram a tarifa média praticada, o Índice de perdas na distribuição, e o Índice de consumo de água. Em contrapartida, a quantidade total de empregados próprios e o Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto foram as variáveis que menos explicaram o avanço no desempenho. No que tange aos efeitos distributivos dos serviços, no período de 2005 a 2020, verificou-se que as variáveis que melhor afetaram positivamente os municípios de maior desempenho operacional foram a população urbana atendida com esgotamento sanitário, o volume de água produzido, o volume de água faturado, e as despesas totais com os serviços. Por outro lado, ainda nesse grupo de municípios

de maior desempenho operacional, a população urbana do município, o volume de água consumido, o volume de esgotos faturado, as receitas operacionais diretas de água e a de esgoto afetaram negativamente.

Em relação ao efeito das características socioeconômicas das mesorregiões administrativas do estado do Ceará sobre o desempenho operacional dos serviços, foi constatado que tais características têm efeito positivo e negativo no desempenho dos serviços de água e esgoto. Indicadores como IDH e saúde influenciam o desempenho negativamente, em especial nos municípios com maior desempenho operacional, sendo que as mesorregiões Norte/Noroeste e Metropolitana de Fortaleza apresentaram melhores resultados. Por outro lado, os municípios com desempenho operacional intermediário tendem a ter efeito positivo do Índice de Gini e da educação. Além disso, a política nacional de saneamento básico foi identificada como tendo efeito positivo sobre o desempenho dos serviços de água e esgoto, principalmente em municípios com menor desempenho operacional.

No que tange à limitação do estudo, verificou-se que a disponibilidade de dados foi a principal limitação da pesquisa. A falta de acesso a dados completos, atualizados, sensíveis, geograficamente diversos, pode afetar a qualidade, a abrangência e a compreensão do estudo.

Acerca da contribuição da análise, verificou-se que apesar da limitação do estudo, essa pesquisa pode ajudar a identificar lacunas nos serviços de água e esgoto existentes no estado do Ceará. Nesse sentido, é capaz de auxiliar os planejadores de políticas públicas a direcionar tomadas de decisão com o intuito em propor soluções para melhorar a eficiência e qualidade dos serviços prestados. Isso pode resultar em uma oferta de água potável mais segura e confiável, e um tratamento de esgoto mais eficaz, garantindo a saúde pública e a qualidade de vida dos municípios atendidos.

Para os trabalhos futuros, verificou-se a necessidade em realizar uma análise comparativa de diferentes operadoras de serviços de água e esgoto para identificar as melhores práticas e estratégias implementadas no sentido de eficiência e produtividade nesse setor. Isso pode incluir uma análise de processos operacionais, tecnologias utilizadas, modelos de gestão, e políticas de tarifação.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. D. S. **Proposição de um modelo conceitual de participação social na gestão ambiental municipal à luz dos sistemas socioecológicos**. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2021.
- ALEIXO, B.; REZENDE, S.; PENA, J. L.; ZAPATA, G.; HELLER, L. Direito humano em perspectiva: desigualdades no acesso à água em uma comunidade rural do Nordeste brasileiro. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 63-82, abr./jun. 2016.
- ALI, A. I.; SEEFORD, L. M. The mathematical programming approach to efficiency analysis. In: Fried, Lovell & Schmidt (Orgs.). **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University, p. 120-153, ago./out. 1993.
- ALMEIDA, A. L. S. P. **Gestão dos recursos hídricos na bacia do rio das velhas: como podem os modelos hidrológicos distribuídos subsidiar o planejamento**. 135 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2019.
- ALMEIDA, M. R. **A eficiência dos investimentos do Programa de Inovação Tecnológica em Pequena Empresa (Pipe): uma Integração da Análise Envoltória de Dados e Índice Malmquist**. 249 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção), Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2010.
- ALOCHIO, L. H. A. **Direito do saneamento: introdução à Lei de Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico**. 2. ed. Campinas: Millennium, 2011.
- ARAÚJO NETO, L. M.; FREIRE, F. S.; ROSANO-PEÑA, C.; CARVALHO, J.; ABREU, A. R. Mensuração da eficiência na Gestão Pública Portuguesa: uma aplicação da Análise Envoltória de dados. CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 20., 2013, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, MG, Brasil, 18 a 20 de novembro de 2013.
- ARAÚJO, F. C.; BERTUSSI, G. L. Saneamento básico no Brasil: Estrutura tarifária e regulação. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, v. 1, n. 51, p. 166-202, jul./dez. 2018.
- ARAÚJO, W. F.; SILVA, J. A.; ROCHA FILHO, L. B.; ROCHA, L. M. Relação entre as condições de saneamento e os objetivos do desenvolvimento sustentável. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 9, e48011932157, abr. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsdv11i9.32157>.
- ARTES, R. Aspectos estatísticos da análise fatorial de escalas de avaliação. **Revista Psiquiatria Clínica**. São Paulo, v. 1. n. 25, p. 223-228, maio. 1998.
- BACKES, H. S.; HEMKEMEIER, M. O mercado de renda variável e as empresas do ramo do saneamento: o impacto dos investimentos associados ao novo marco do saneamento. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 12, e38091211199, fev. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.11199>.

BANCO MUNDIAL. **World development indicators**. Disponível em: <http://databank.worldbank.org/>. Acesso em 9 ago. 2021.

BARBOSA, P. M. **Segurança hídrica e dimensão social: um olhar sobre a região metropolitana de Goiânia**. 180 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.

BARROS, A. M. T. C. **Avaliação da heterogeneidade, variabilidade temporal e quantitativa em reservatórios do rio tietê**. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, SP, 2019.

BASTOS, M. M. A.; MONTE-MOR, R. C. A. A regulação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para a ampliação da resiliência hídrica: experiências de agências infranacionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife. v. 15, n. 5, p. 2398-2413, nov./dez. 2022.

BAYER, N. M.; URANGA, P. R. R.; FOCHEZATTO, A. Política municipal de saneamento básico e a ocorrência de doenças nos municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 13, n. 1, e20190375, jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20190375>

BRAIDE, J. M.; FACÓ, A. M.; SILVA, M. L. M. F.; WOORTMANN, M. F.; AMARAL, J. B. do. Gestão para resultados no setor de saneamento no estado do Ceará, Brasil. **Revista Controle - Doutrina e Artigos**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 227-246, jun. 2016.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 05 de janeiro 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União. Seção 1, Brasília, DF. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília: Funasa, 2019. 260 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Gestão econômico-financeira no setor de saneamento**. 2. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde/Funasa, 2014. 200 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa. 2015.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano nacional de saneamento básico Plansab**. Brasília: Ministérios das Cidades, 2013. 525 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **24º Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2018**. Brasília: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2019. 180 p.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Econômica. **Plano Nacional de Saneamento nova sistemática**. Brasília: MPCE, 1975. 320 p.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Melhoria da gestão pública por meio da definição de um guia referencial para medição do desempenho da gestão, e controle para o gerenciamento dos indicadores de eficiência, eficácia e de resultados do programa nacional de gestão pública e desburocratização**. Brasília: MP. 2009.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ (CAGECE) **Produtos e serviços de água e esgoto**. Fortaleza: CAGECE, 2020. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/esgoto/>. Acesso em: 5 out. 2020.

CAPRINI, S de. C.; MARQUES, R. B.; LIMA, A. V. R.; COSTA, M. S da.; PEREIRA, G.; BORGES, M. C. P. Avaliação do saneamento básico no estado do Ceará sob a luz do Plansab. CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO DA ASSEMAE, 48., 2018, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, CE, Brasil, 27 a 30 de maio de 2018.

CARCARÁ, M do. S. M.; SILVA, E. A da.; MOITA NETO, J. M. Saneamento básico como dignidade humana: entre o mínimo existencial e a reserva do possível. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, n. 3, v. 24, p. 493-500, maio./jun. 2019.

CARVALHO, M. B. **Análise da relação entre o desenvolvimento do sistema de abastecimento de água e a estrutura intraurbana de Campina Grande – PB**. 186 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2020.

CASADO, F. L. Análise envoltória de dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na educação superior. **Sociais e humanas**, Santa Maria, n. 1. v. 20. p. 35-49, jan/jun. 2007.

CASTRO, C. E. T de. **Avaliação da eficiência gerencial de empresas de água e esgotos brasileiras por meio da envoltória de dados**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

CASTRO, J. E. Systemic conditions and public policy in the water and sanitation sector. *In*: Heller, L. **Water and sanitation services: Public policy and management**, Earthscan, n. 2, v. 45, p. 19-37, abr. 2009.

CASTRO, L. A.; TALEIRES, F. C. S. S.; SILVEIRA, S. S. Índice de desenvolvimento humano em municípios que possuem sistema integrado de saneamento rural: uma análise comparativa. **Ciência & Saúde Coletiva**, Manguinhos, n. 1, v. 26, p. 351-357, jul./dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232020261.24452018>

CAVES, D. W. ; CHRISTENSEN, L. R. ; DIEWERT, W. E. Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index numbers, **The Economic Journal**, v. 92, p. 73–86, set. 1982.

CEARÁ. **Atualização do marco regulatório de saneamento básico**. Secretaria das Cidades. Fortaleza: SCidades & Ipece, 2021a. 24 p.

CEARÁ. **Cenário atual do saneamento básico no Ceará**. Assembleia Legislativa do Estado do Ceará. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. Fortaleza: Inesp, 2021b. 352 p.

CEARÁ. **Lei nº 162 de 20 de junho 2016**. Estabelece a política estadual de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no Estado do Ceará. Diário Oficial do Estado do Ceará. Seção 1, Fortaleza, CE. 2016.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. **Data envelopment analysis: theory, methodology, and application**. 1. ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994. 513 p.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. **Data envelopment analysis: theory, methodology and application**. Second print. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers. 1996.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, n. 5, v. 2, p. 429-444, ago./out. 1978.

CHAVES, R. R.; LUCENA, M. A.; SOUSA, E. P. Eficiência dos gastos públicos com saneamento básico nos municípios cearenses. ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO, 5, 2021, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza, CE, Brasil. 15 a 17 de outubro de 2021.

COOPER, W. W.; SEROFRD, L. M.; KORU, T. **Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models applications, references and DEA-Solver Software**. Editora: Kumer Academic Publishers, New York. 2000.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. (Coord.). **Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. Fundação Instituto de Pesquisa Contábeis, Atuariais e Financeiras. São Paulo: Atlas, 2012.

CORREIA, T de. S.; LUCENA, W. G. L.; CAVALCANTE, P. R. N. Desempenho, gestão das perdas técnicas e eficiência energética do setor de saneamento. CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 27, 2020. Modalidade Virtual, **Anais...** Modalidade Virtual, 9 a 11 de novembro de 2020.

COSTA, D. J. S. **Política de tarifas e gestão para serviços autônomos de água e esgoto que atendem municípios de pequeno porte e comunidades de baixa renda**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2020.

COSTA, G. R.; SILVA, M. H. Saneamento básico: sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. **Revista Paramétrica**, Minas Gerais, v. 14, n. 1, p. 43-57, jan./jul. 2022.

COSTA, S. A. B.; CÔRTEZ, L. S.; NETTO, T. C.; FREITAS JUNIOR, M. M. Indicadores em saneamento: avaliação da prestação dos serviços de água e de esgoto em Minas Gerais. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, Minas Gerais, v. 20, p. 334-351, set. 2014.

CRUZ, F. P da.; MOTTA, R. S da.; MARINHO, A. Análise da eficiência técnica e da produtividade dos serviços de água e esgotos no Brasil de 2006 a 2013. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 49. n. 3, p. 81-106, jan./jun. 2019.

CRUZ, K. E. A.; RAMOS, F. S. Eficiência na gestão do saneamento básico e seus impactos sobre a promoção da saúde: uma aplicação da análise envoltória de dados - DEA. ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA, 18, 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, CE, Brasil, 7 a 9 de setembro de 2012.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. *Econometrica*, **Journal of the Econometric Society**, Canadá, v. 19, n. 3, p. 97- 125, fev./abr. 1951.

DIAS, D. M.; MARTINEZ, C. B.; LIBÂNIO, M. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15. n. 2. p. 155-166, abr./jun. 2010.

DINIZ, M. F. A. **Governança da Água**: uma avaliação dos serviços brasileiros de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos anos de 2002, 2007 e 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2016.

FÄRE, R. S. ; GROSSKOPT, M. Z. ; ZHANG. Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries, **American Economic Review**, Pittsburgh, v. 64, n. 1, p. 66-83, out. 1994.

FARIAS, M. A.; PAZ, M. C. F. Importância do saneamento básico na prevenção de doenças diarreicas: uma revisão integrativa. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE, 2, 2017, Campina Grande, **Anais...** Campina Grande, PB, 14 a 17 de junho de 2017.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Londres, v. 120, n. 3, p. 252-290, maio. 1957.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FAVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões, 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados**: teoria, modelos e aplicações. Viçosa, MG. Editora UFV. 2009.

FERREIRA, I.; DIAS, D. **Burocracia e entraves ao setor de saneamento**. 1. ed. Brasília: Confederação Nacional da Indústria. 2015.

FERREIRA, Y. B. C.; BRITO, Y. M. A. Saneamento básico e saúde pública: análise das relações entre indicadores nos municípios de pequeno porte do estado da Paraíba. CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO DE CIÊNCIAS, 4, 2019, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, PB, Brasil, 22 a 24 de agosto de 2019.

FIRJAN. **Índice Firjan de desenvolvimento municipal (IFDM)**. Rio de Janeiro: FIRJAN, 2020.

GERMANO, V. T. M. **Relação entre indicadores de saneamento básico e saúde na região metropolitana do Rio de Janeiro no período de 2008 A 2017**. 30 f. Monografia (Graduação

em Ciências Biológicas), Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, RJ, 2019.

GOMES, A.; BATISTA, A. J. M. **Análise envoltória de dados: conceitos e modelos básicos.** In: Santos & Vieira (Orgs). Métodos Quantitativos em Economia. Viçosa. UFV. 2004.

GRIGOLIN, R. **Setor de água e saneamento no Brasil: Regulamentação e Eficiência.** 64 f. Dissertação (Mestrado em Economia), Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, SP, 2008.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica.** 3 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

HAIR JR, J. F.; ANDERSON, R. E. ; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados.** 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, p. 89-126; 380- 419, 2005.

HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L.; BLACK, W. C. **Multivariate data analysis.** New Jersey. Prentice Hall, 928 p., 1998.

HAIR, F. J.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados.** Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAYNE, L. A. O progresso tecnológico e seus efeitos sobre a dinâmica do modelo de produção capitalista. **Rev. Cent. Ciênc. Admin.**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 30-41, ago. 2003.

HELLER, P. G. B.; NASCIMENTO, N de. O.; HELLER, L.; MINGOTI, S. A. Desempenho dos diferentes modelos institucionais de prestação dos serviços públicos de abastecimento de água: uma avaliação comparativa no conjunto dos municípios brasileiros. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 333-342, jul/set. 2012.

HERNÁNDEZ-SANCHO, F.; MOLINOS-SENANTE, M.; SALA-GARRIDO. R. Energy efficiency in Spanish wastewater treatment plants: A non-radialDEA approach. **Science of the Total Environment**, Washington, v. 409, p. 2693–2699, set. 2011.

HILORME, T.; KARPENKO, L. M.; OLESIA, F. V.; YU, S. I. ; SVETLANA, D. Innovative methods of performance evaluation of energy efficiency projects. **Academy of Strategic Management Journal**, Londres, v. 17, n. 2. p. 58-82, abr. 2018.

HOFFMANN, R. A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural.** Brasília, v. 30, n. 4, p. 271-290, ago./out. 1992.

HOFFMANN, R. **Componentes principais e análise fatorial.** Piracicaba: ESALQ, Série Didática (90), 1999, 40 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) **Dados dos estados ano 2020.** Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>. Acesso em: 06 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) **Pesquisa nacional por amostragem de domicílios.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html>. Acesso em: 20 out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017**: abastecimento de água e esgotamento sanitário. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 124 p.

INSTITUTO TRATA BRASIL (ITB). **Painel saneamento brasil indicadores ano trata Brasil**. Brasília: ITB, 2019. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/explore/ano?SE%5Ba%5D=2019&SE%5Bo%5D=a>. Acesso em: 20 ago. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **ODS 6**: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Brasília: IPEA, 2019.

ITABORAÍ, G. S. **Impacto de indicadores socioeconômicos e estrutura contratual nos índices de cobertura de saneamento da região sudeste**. 50 f. Dissertação (Mestrado em Economia Empresarial e Finanças), Escola Brasileira de Economia e Finanças, Rio de Janeiro, RJ, 2021.

KOENKER, R.; BASSETT, G. Regression quantiles. **Econometrica**, New Haven, v. 46, n. 1, p. 33-50, maio./jun. 1978.

KOOPMANS, T. C. Efficient allocation of resources. **Econometrica**, New Haven, v. 19, n. 1, out. 1951.

LAMBERT, D.; DICHEV, D.; RAFFIIE, K. Ownership and sources of inefficiency in the provision of water services. **Water Resources Research**, Weinheim, v. 29, p. 1573-1578, jan. 1993.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-48, jul./dez. 2011.

LINS, J. C. B. **Relação entre saneamento básico e indicadores de saúde: panorama Brasil, Nordeste e Pernambuco**. 55 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2019.

LOPES, D. V. S. **Avaliação do impacto ambiental e associação entre a exposição à água contaminada e o risco de desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica em uma reserva extrativista**. 107 f. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Tecnologias e Políticas Públicas), Universidade Tiradentes, Maceió, AL, 2020.

LUCENA, A. F. As políticas públicas de saneamento básico no Brasil: Reformas institucionais e investimentos governamentais. **Revista Plurais**, Salvador, v. 1, p. 117-130, ago./out. 2006.

MACEDO, J de. J. **Avaliação do setor de saneamento no Brasil, período 2004 a 2015**: usando a Análise da Fronteira Estocástica (SFA), Análise Envoltória de Dados (DEA), Índice

de Malmquist. 210 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2018.

MACÊNA, T. J. **Saneamento básico no Brasil: implicações do novo marco regulatório.** 55 f. Monografia (Graduação em Administração Pública), Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, RJ, 2021.

MAKISHA, N. N.; KAZIMIROVA, T. Principles of energy saving in water supply and sewage systems. **International Conference on Research in Mechanical Engineering Sciences**, Cracóvia, v. 144, jan./fev. 2018.

MALMQUIST, S. Index numbers and indifference surfaces, **Trabajos en Estadística**, v. 4, p. 209–242, ago./set. 1953.

MARINHO, E.; CARVALHO, R. M. Comparações inter-regionais da produtividade da agricultura brasileira-1970-1995. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, jan./jun. 2004.

MARTINS, E. A.; CAMPOS, K. C.; LIMA, P. V. P. S. Índice de modernização agrícola no estado do Piauí. *In: Araújo, Reis, Paulo & Manal (Orgs.). Desafios da sustentabilidade no semiárido nordestino.* Fortaleza: Editora RDS, 2014. p. 139-154.

MATOS, D. A. S.; RODRIGUES, E. C. **Análise fatorial.** Brasília: Enap, 2019. 74 p.

MEDEIROS, V.; RODRIGUES, C. T. Políticas públicas municipais, universalização e eficiência no setor de saneamento básico: uma análise para os municípios mineiros. **Planejamento e Políticas Públicas**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 53, p. 183-210, jul/dez. 2019.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: UFMG, p. 99-138, 2005.

MOTTA, R. S da. As opções de marco regulatório de saneamento no Brasil. **Plenarium**, Brasília, n. 3, p. 100-116, set. 2006.

MOTTA, S da. R.; MOREIRA, A. Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil. **Utilities Policy**, v. 14, p. 185-195, jan./jun. 2006.

MURTHA, N. A.; CASTRO, J. E.; HELLER, L. Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 193-210, jul./set. 2015.

NIRAZAWA, A. N.; OLIVEIRA, S. V. W. B de. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 4, p. 753-76, abr./jun. 2018.

NOCKO, L. M.; MOTTA, R. S da.; CORREIA, R da. F. Valoração dos benefícios dos serviços de saneamento: abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos embasamento teórico, casos de aplicação e análise crítica. CONGRESSO ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, SP, Brasil, 4 a 8 de outubro de 2017.

NOGUEIRA, F. **O que é um indicador de desempenho?** S.l.: Editora do Marca Forte, 2008. p. 13.

NORMAN, M.; STOECKER, B. **Data envelopment analysis: the assessment of performance.** West Sussex: John Wiley e Sons, 1991.

NUNES, E de. S.; FERREIRA, F. D. G.; SOUSA, E. P de. Desempenho da provisão dos serviços de saneamento básico no Ceará. **Revista Estudo & Debate**, Lajeado, v. 25, n. 1, p. 134-154, out./dez. 2018.

OLIVEIRA, E. D. G. N.; RAMOS, A. R. S.; GONÇALVES, P. J. S.; PINHEIRO, E. C. N. M. Impactos ambientais causados pela falta de saneamento básico em Manaus. **Brazilian Journal of Development**, Paraná, v. 7, n. 12, p. 120571-120585, jul./dez. 2021. DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv7n12-702>

OLIVEIRA, T. M. **Análise de métodos multicritérios de tomada de decisão em projetos de inovação incremental.** 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, RJ, 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAUDE (OMS) **General assembly.** Resolution: The human right to water and sanitation, 2010. Disponível em: http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292. Acesso em: 06 jul. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAUDE (OMS) **Progress on sanitation and drinking water: 2015 update and MDG assessment.** Genebra: OMS, 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAUDE (OMS) **Water, sanitation and hygiene.** Homepage: OMS, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash>. Acesso em: 06 jul. 2021.

PAVARINA, P. R. J. P. **Desenvolvimento, crescimento econômico e o capital social do estado de São Paulo.** 164f. Tese. (Doutorado em Economia Aplicada), Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2003.

PAZ, M. G. A.; ALMEIDA, M. F.; GÜNTHER, W. M. R. Prevalência de diarreia em crianças e condições de saneamento e moradia em áreas periurbanas de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 15, n. 1, jan./mar. 2012.

PEÑA, C. R. **Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método Análise Envoltória de Dados (DEA).** RAC, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, jan./mar. 2008.

PENTEADO, T. B.; BRANCHI, B. A. O acesso à água e saneamento na promoção do desenvolvimento humano. **Revista Científica ANAP Brasil**, Tupã, v. 14, n. 35, p. 1-16, out./dez. 2021. DOI: <http://doi.org/10.17271/19843240143520212918>

PEREIRA, G. S. **Análise comparativa do comprometimento de renda com serviços de água e esgoto no Distrito Federal do Brasil**. 145 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2021.

PEREIRA, M. T.; SILVA, F. F.; GIMENES, M. L.; ZANATTA, O. A. Desenvolvimento de Indicador de Qualidade de Saneamento Básico Urbano (IQSBU) e aplicação em cidades paranaenses. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 8, n. 1, p. 135-164, jan./jun. 2015.

PORTELLA, V. R.; SANTOS, R. R dos.; BORBA, J. A. Eficiência dos investimentos das prestadoras de serviço de saneamento dos municípios de Santa Catarina. **Revista de Contabilidade da UFBA**, Salvador, v. 12, n. 2, p. 42-59, maio./ago. 2018.

RABELO, N. N. **Análise da segurança hídrica no estado do Ceará**: subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. 170f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2022.

RAMANATHAN, R. An introduction to data envelopment analysis: A tool for performance measurement. **Sage Publications**, London, v. 13, n. 68, p. 12-32, ago. 2003.

REIS, C. A. S.; CARNEIRO, R. O direito humano à água e a regulação do saneamento básico no Brasil: Tarifa Social e Acessibilidade Econômica. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 19, n. 54, p. 123–142, jan./jun. 2021.

REIS, E. **Estatística multivariada**. 2. ed. Lisboa: Sílabo, 2001.

REZENDE, S. C.; WAJNMAN, S.; CARVALHO, J. A. M.; HELLER, L. Integrando oferta e demanda de serviços de saneamento: análise hierárquica do panorama urbano brasileiro no ano 2000. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 90-101, maio./ago. 2007.

RIBEIRO, J. W. ; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 36 f. TCC (Especialização), Universidade de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

RIOS, L. R. **Medindo a eficiência relativa das operações dos terminais de contêineres do MERCOSUL**. 149 f. Dissertação (Mestrado em administração), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.

ROESLER, M. R. B.; WERNER, M. V. A insuficiência do saneamento básico brasileiro e o impacto na saúde e vida escolar de crianças em situação de pobreza. **Expressa Extensão**. Pelotas, v. 25, n. 2, p. 45-55, maio. 2020.

ROSANO-PEÑA, C.; ALBUQUERQUE, P. H. M.; DAHER, C. E. Dinâmica da produtividade e eficiência dos gastos na educação dos municípios goianos. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 6, p. 845-865, dez. 2012.

ROSSONI, H. A. V.; FARIA, M. T. S.; SILVA, A. C.; HELLER, L. Aspectos socioeconômicos e de desenvolvimento humano municipal determinantes na ausência de prestadores de serviços de esgotamento sanitário no Brasil. **Engenharia Sanitária e**

Ambiental, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 393-402, jan./abr. 2020. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522020183887>

SÁ, A. R. S.; SÁ, M. S. N. L. Eficiência técnica e heterogeneidade tecnológica dos gastos públicos em saúde no Nordeste do Brasil: uma abordagem espacial. **Revista de Economia**. Curitiba, v. 43, n. 81, p. 499-542, jul./dez. 2022.

SAIANI, C. C. S.; TONETO JÚNIOR, R.; DOURADO J. Desigualdade de acesso a serviços de saneamento ambiental nos municípios brasileiros: evidências de uma curva de Kuznets e de uma seletividade hierárquica das políticas. **Nova Economia**, Minas Gerais, v. 23, n. 3, p. 657-691, set./dez. 2013.

SALLES, A. O. T.; MATIAS, A. L. Uma análise da teoria das externalidades de Pigou e Coase e suas aplicações na abordagem teórica da economia ambiental. **Informe Econômico**. Teresina, v. 44, n. 1, p. 146-175, Jan/Jun, 2022.

SANTANA, A. C. Índice de desempenho competitivo das empresas de polpa de frutas do estado do Pará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, p.749-775, jul./dez. 2007.

SANTOS, D.; FRITSCH-CAMERA.; BERTICELLI, R. Saneamento básico no Brasil: um importante alicerce na qualidade de vida. **Ciência & Tecnologia**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 23-43, jul./dez. 2018.

SANTOS, R. R dos.; FREITAS, M. M de.; FLACH, L. Análise envoltória de dados como ferramenta de avaliação da eficiência dos gastos públicos com educação dos municípios de Santa Catarina. CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 22, 2015, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, SC, Brasil, 11 a 13 de novembro de 2015.

SANTOS, S. M. C.; PINTO, F. R.; MORAIS, J. S. D.; CLAUDINO-SALES, V. Saneamento básico no Nordeste: metas, desafios e investimentos. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 26, n. 1, p. 155-180, Jan./Dez. 2022.

SAWKINS, J. W.; ACCAM, B. **Comparative efficiency measurement in the Scottish water industry: an application of data envelopment analysis**. Discussion Paper, 94-12, University of Aberdeen. 1994.

SCARATTI, D.; MICHELON, W. ; SCARATTI, G. Avaliação da eficiência da gestão dos serviços municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário utilizando data envelopment analysis. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, p. 333-340, out/dez. 2013.

SCHMIDT, J. L.; SILVA, A. A.; SOUTES, D. O.; MARTINS, V. A. Uma revisão sistemática da produção científica sobre os indicadores de desempenho na forma de artefatos da contabilidade gerencial no Século XXI. **Revista Gestão e Secretariado**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 1489-1511, set/dez., 2022.

SCRIPTORE, J. S.; AZZONI, C. R.; MENEZES FILHO, N. A. Saneamento básico e indicadores educacionais no Brasil. **Working Paper Series**, Florianópolis, v. 1, n. 28, p. 2-34, jul./dez. 2015.

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**. Rio de Janeiro, v. 46, n. 6, p. 1479-1504, jul./dez. 2012.

SILVA, I. E. M.; DINIZ, M. F. A. Governança da água: uma avaliação dos serviços brasileiros de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos anos de 2002, 2007 e 2012. **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, Natal, v. 6, n. 1, p. 59-90, jul./dez. 2017.

SILVEIRA JUNIOR, J. Uma relação espacial entre mortalidade e saneamento básico no Nordeste brasileiro. SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE POPULAÇÃO, ESPAÇO E AMBIENTE, 4, 2017, Limeira. **Anais...** Limeira, SP, Brasil, 23 a 24 de outubro de 2017.

SIMPLÍCIO, T. A. **Caracterização socioeconômica do desenvolvimento do setor rural do Nordeste brasileiro**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 1985.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS) **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos do ano de 2018**. Brasília: SNIS, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS) **Diagnósticos temáticos serviços de água e esgoto visão geral ano de referência 2020**. Brasília: SNIS, 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS) **Diagnósticos temáticos serviços de água e esgoto visão geral ano de referência 2021**. Brasília: SNIS, 2022.

SOARES, D. J. M.; SOARES, T. E. A.; EMILIANO, P. C. Uma aplicação do teorema central do limite. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 5, n. 12, p. 32165-32173, dez. 2019.

SOUSA, A. C. A.; COSTA, N. R. Política de saneamento básico no Brasil: discussão de uma trajetória. **Hist. Cienc. Saúde**. Mangueiras, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 615-634, jul./dez. 2016.

SOUSA, E. F.; SILVA, I. M. S. **Saneamento básico e sua influência no desenvolvimento do município: estudo de caso em Pouso Redondo (SC)**. 31 f. Monografia (Especialização em Agente de Desenvolvimento Regional), Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí, Itajaí, SC, 2017.

SOUSA, G. M. R.; ZANELLA, M. E. Análise da vulnerabilidade em saúde no estado do Ceará. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 12, n. 4, p. 472-488, jul./dez. 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0037>

SOUSA, S de. M. C.; STOSIC, B. Explaining DEA Technical Efficiency Scores in an Outlier Corrected Environment: the case of public services in Brazilian municipalities. **Brazilian Review of Econometrics**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p. 287-313, jul./dez. 2005.

SOUZA, J. S. **Impacto da participação privada na universalização dos serviços de saneamento**. 37 f. Monografia (Graduação em ciências Econômicas), Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2021.

SOUZA, P. M.; PONCIANO, N. J., MATA, H. T. C.; BRITO, M. N.; GOLINSKI, J. Padrão de desenvolvimento tecnológico dos municípios das Regiões Norte e Noroeste do Rio de Janeiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Piracicaba, SP, v. 47, n.4, p. 945-969, jul./dez. 2009.

SOUZA, S. B. S.; FERREIRA, N. C.; FORMIGA, K. T. M. Estatística espacial para avaliar a relação entre saneamento básico, IDH e remanescente de cobertura vegetal no estado de Goiás, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 3, p. 625-636, jul./dez. 2016. DOI: <http://doi.org/10.4136/1980-993X>

SUEYOSHI, T.; AOKI, S. A use of a nonparametric statistic for DEA frontier shift: the Kruskal and Wallis rank test. **OMEGA: The International Journal of Management Science**, Filadélfia, n. 10, v. 29, p.1-18, jul./dez. 2001.

TAVARES, F. B. R.; SOUSA, F. C. F.; SANTOS, V. E. S.; SILVA, E. L. Análise do acesso da população brasileira a serviços de saneamento básico. **Research, Society and Development**. Vargem Grande Paulista, n. 9, v. 8. n. 4. e2784867, jul./dez. 2019.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 4.ed. São Paulo: Departamento de Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

UCHOA, C. E. **Elaboração de indicadores de desempenho institucional**. Brasília: ENAP/DDG, 2013.

VALDEVINO, A. A. F.; MEDEIROS, J. C. L.; NASCIMENTO, A. P.; PESSOA, A. P. Avaliação da eficiência dos serviços de saneamento básico no combate às endemias nos municípios do estado do Tocantins. **Informe Gepec**, Toledo, n. 2, v. 14, p. 166-181, jul./dez. 2010.

VALDUGA, M.; AGUIAR, M. M.; VARGAS, E. W.; DAL-FARRA, R. A. Inter-relações entre saneamento básico e educação. **Revista Educação Ambiental em Ação**, Rio de Janeiro, n. 62, v. 21, p. 1-17, jul./dez. 2018.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria, [s.n.], 2005. 215p.

VITAL, V. M.; OLIVEIRA, M. A. B.; ANDRADE, E. M. G.; PORTO, T. M. R. Perfil do sistema de abastecimento de água da cidade de Sousa PB.” **IOSR Journal of Engineering**, Nova York, n. 8, v. 11, p. 55-60, jul./dez. 2021.

VON SPERLING, T. L. **Estudo da utilização de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário**. 134 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2010.

WALZBURIECH, L. **Estudo sobre a governança de sistemas de tratamento de esgoto no lote em Municípios da Região da Grande Florianópolis/SC**. 104 f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2022.

WILHELM, V. E. **DEA**. Apostila dirigida ao Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, no Departamento de Matemática da Universidade Federal do Paraná, na disciplina de Data Envelopment Analysis. 2003.

YIN FILHO, N. M. **Acesso à rede de coleta de esgoto e investimentos**: análise dos municípios brasileiros com foco na população de baixa renda. 102 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública), Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Rio de Janeiro, RJ, 2022.

ZANTA, V. M.; JUCÁ, J. F. T.; GOMES, H. P.; CASTRO, M. A. H. **Temas transversais: plano municipal de saneamento básico: guia do profissional em treinamento: nível 2**, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). Salvador: ReCESA, 2008.