UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS
CURSO DE BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MATEUS CAVALCANTE RAMOS

EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO NOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO NORTE: UMA ANÁLISE EM DOIS ESTÁGIOS

CARAÚBAS
2024

MATEUS CAVALCANTE RAMOS

EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO NOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO NORTE: UMA ANÁLISE EM DOIS ESTÁGIOS

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano da Costa Dantas

CARAÚBAS

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva
ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

R175e Ramos, Mateus Cavalcante.
Eficiência técnica dos serviços de água e esgoto nos municípios do Rio Grande do Norte: uma análise em dois estágios. / Mateus Cavalcante Ramos. - 2024.
76 f. : il.

Orientador: Fabiano da Costa Dantas.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2024.

1. Eficiência. 2. Serviços . 3. Água. 4. DEA. 5. Tobit. I. Dantas, Fabiano da Costa , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador autômato em conformidadecom AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito RodriguesCRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC´s) foi desenvolvido pelo Institutode Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas

da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informaçãoe Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MATEUS CAVALCANTE RAMOS

EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO NOS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO NORTE: UMA ANÁLISE EM DOISESTÁGIOS.

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 04 / 04 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
FABIANO DA COSTA DANTAS
Data: 15/04/2024 11:57:40-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Fabiano da Costa Dantas
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
CARLOS ALANO SOARES DE ALMEIDA
Data: 15/04/2024 12:48:30-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Carlos Alano Soares de Almeida.
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
Examinador

gov.br Documento assinado digitalmente
PAULA VALERIA FERREIRA DE ALMEIDA RODRIGU
Data: 15/04/2024 15:37:12-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Drª. Paula Valéria Ferreira de Almeida Rodrigues
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Examinadora

Dedico este trabalho aos meus pais, que desde sempre trabalharam bastante para que eu tivesse o privilégio de me dedicar apenas aos estudos. Sem eles e todo apoio familiar e financeiro, não teria chegado até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me manter firme até aqui, pois no início o processo foi árduo.

Agradeço aos meus pais por todo o apoio, por acreditarem em minha pessoa e nunca terem questionado nada sobre assuntos relacionados à universidade, ainda que em alguns momentos tenha passado por algumas turbulências.

Agradeço também aos colegas de curso de contribuíram em minha jornada compartilhando seus conhecimentos e pela ajuda fornecida sempre que os procurei.

Agradeço aos professores que contribuíram para ascensão do meu conhecimento.

Agradeço também a toda atenção e prestatividade de meu orientador Dr. Fabiano da Costa Dantas, que não hesitou em momento algum sanar minhas dúvidas e responder aos meus questionamentos, sendo acessível até mesmo nos finais de semana e feriados.

RESUMO

O presente trabalho propõe uma análise da eficiência técnica dos serviços de água e esgoto nos municípios do Rio Grande do Norte nos anos de 2010 e 2020, utilizando uma abordagem de dois estágios. O primeiro estágio emprega o método Data Envelopment Analysis (DEA) para avaliar a eficiência relativa desses serviços de acordo com as variáveis selecionadas e obtidas através do Sistema nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), identificando as melhores práticas e as áreas de melhoria. O DEA permite uma análise comparativa entre os municípios, considerando múltiplos *inputs* e *outputs*. No segundo estágio, utiliza-se o método Tobit para explorar os fatores que podem influenciar a eficiência técnica identificada na primeira etapa. O Tobit incorpora variáveis explicativas, como características socioeconômicas e demográficas, para compreender os determinantes da eficiência nos serviços de água e esgoto. A combinação destes métodos proporciona uma abordagem abrangente para avaliar e entender a eficiência dos serviços, e a partir dessas informações sugerir melhorias nos serviços de saneamento básico do Rio Grande do Norte. Onde cerca de 30% dos municípios analisados tem *scores* entre 0,4 e 0,6 mostrando que há muito a ser melhorado. Os únicos municípios que permaneceram eficientes dentro do período analisado foram São Gonçalo do Amarante e Ceará-Mirim, mesmo sendo os mais eficientes, tiveram de aumentar seus gastos para manter seu posto, porém mais custosos foram os aumentos nos gastos dos municípios ineficientes. Ao analisar os dados no segundo estágio, não se obteve correlações significativas estatisticamente considerando os parâmetros utilizados.

Palavras-chave: Eficiência, Serviços de Água e Esgotos, DEA, Tobit.

ABSTRACT

This paper proposes an analysis of the technical efficiency of water and sewage services in the municipalities of Rio Grande do Norte in the years 2010 and 2020, using a two-stage approach. The first stage uses the Data Envelopment Analysis (DEA) method to assess the relative efficiency of these services according to selected variables obtained from the National Sanitation Information System (SNIS), identifying best practices and areas for improvement. DEA allows for a comparative analysis between municipalities, considering multiple inputs and outputs. In the second stage, the Tobit method is used to explore the factors that may influence the technical efficiency identified in the first stage. Tobit incorporates explanatory variables, such as socioeconomic and demographic characteristics, to understand the determinants of efficiency in water and sewage services. The combination of these methods provides a comprehensive approach to evaluating and understanding the efficiency of services, which can suggest improvements in basic sanitation services in Rio Grande do Norte, where around 30% of the municipalities analyzed have scores between 0.4 and 0.6, showing that there is much room for improvement. The only municipalities that remained efficient over the period analyzed were São Gonçalo do Amarante and Ceará-Mirim, even though they were the most efficient, they had to increase their spending to maintain their position, but the increases in spending by the inefficient municipalities were more costly. When analyzing the data in the second stage, no statistically significant correlations were obtained considering the parameters used.

Keywords: Efficiency, Water and Sewerage Services, DEA, Tobit.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação entre as Medidas de Eficiência Técnica sob Orientação Insumo e Produto..... 30
Gráfico 2 – Medida de Eficiência Técnica sob Orientação Produto..... 31
Gráfico 3 – Modelos de Eficiência Técnica CCR e BCC..... 40

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Avaliação da Eficiência nos Serviços de Água e Esgotos no RN (2010) 51
Mapa 2 – Avaliação da Eficiência nos Serviços de Água e Esgotos no RN (2020) 53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição das Variáveis Utilizadas no Modelo DEA.....35
Quadro 2 – Descrição das Variáveis Utilizadas no Modelo Tobit.....47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Municípios Analisados nos Anos de 2010 e 2020.....49
Tabela 2 – Municípios e Classes de Eficiência para o Ano de 2010.....50
Tabela 3 – Municípios e Classes de Eficiência para o Ano de 2020.....52
Tabela 4 – Aumento nas Despesas de Exploração e Relação com a Eficiência.....53
Tabela 5 – Indicadores de Serviços Prestados do Municípios Eficientes e Ineficientes em 2010.....56
Tabela 6 – Indicadores de Serviços Prestados do Municípios Eficientes e Ineficientes em 2020.....57
Tabela 7 – Despesas para Exploração de Acordo com Cada Economia de Água Ativa.....58
Tabela 8 – Estatísticas Descritivas Tobit 2010.....60
Tabela 9 – Avaliações Tobit para o Ano de 2010.....60
Tabela 10 – Estatísticas Descritivas Tobit 2020.....61
Tabela 11 – Avaliações Tobit para o Ano de 2020.....61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
BOT - Build, Operate And Transfer
CAERN - Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
CCR - Modelo Charnes, Cooper e Rhodes
CONST - Constante
CPS - Compras Públicas Sustentáveis
DEA - Data Envelopment Analysis
DMU - Decision Making Units
DRSAI - Doenças Relacionadas Com Saneamento Ambiental Inadequado
DR - Doutor
ET - Eficiência Técnica
IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano
ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IDEBF - Índice de Desenvolvimento da Educação Básica Final
IDEBI - Índice de Desenvolvimento da Educação Básica Inicial
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
IEs - Instrumentos Econômicos
IPD - Internações por Diarreia
ITEDEN - Internações por Dengue
ITBI - Imposto de Transmissão de Bens Imóveis
OMS - Organização Mundial da Saúde
ONU - Organização das Nações Unidas
PAC - Programa de Aceleração do Crescimento
PIB - Produto Interno Bruto
PPL - Problema de Programação Linear
POC - Pessoal Ocupado
POP - População
PPC - Produto Interno Bruto Per Capita
PSA - Pagamento Por Serviços Ambientais
RCS - Retorno Constante De Escala
RN - Rio Grande do Norte
SFA - Stochastic Frontier Analisys

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUS - Sistema Único de Saúde

TDMI - Taxa de Mortalidade Infantil

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

VRS - Variable Returns to Scale

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	16
1.1	Objetivos	19
1.1.1	Objetivo Geral	19
1.1.2	Objetivos Específicos	19
1.2	Justificativa	20
1.3	Descrição do Problema	21
2	**REFERENCIAL TEORICO**	22
2.1	Vantagens Econômicas da Universalização do Saneamento Básico	26
2.2	Motivos da Falta de Saneamento	27
2.3	Conceitos de Eficiência	28
2.4	Eficiência sob a Orientação do Produto (Output)	31
2.5	Conceitos de Eficácia	32
3	**METODOLOGIA**	35
3.1	Universo e Amostra	35
3.2	Coleta dos Dados e Variáveis Utilizadas	35
3.3	Levantamento e Análise dos Dados	36
3.4	Sobre Análise Envoltória de Dados (DEA)	37
3.5	Tratamento dos O*utliers*	43
3.6	Modelo Tobit e Variáveis Utilizadas (Segundo Estágio)	45
4	**RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS**	49
4.1	Avaliação das Eficiências	50
4.2	Relações entre a Alocação dos Recursos Públicos e Aumento das Eficiências	53
4.3	Análise de Segundo Estágio Modelo Tobit	59
5	**CONSIDERAÇÕES FINAIS**	65
	REFERÊNCIAS	68

1. INTRODUÇÃO

Cerca de 35 milhões de brasileiros vivem sem água tratada, equivalente a 16,46% da população nacional. Outros 100 milhões, não tem acesso à coleta de esgoto, equivalente a 47% da população, esse é o cenário quase dois anos depois de entrar em vigor o Novo Marco Legal do Saneamento, sancionado na Lei 14.026 de 2020. A ausência de serviços de saneamento contribui na proliferação e infecção de doenças contagiosas que podem levar ao óbito (vasco, 2022).

A maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial estão intrinsecamente relacionados com o meio ambiente. Um caso dessa relação é a diarreia que, com mais de quatro bilhões de casos por ano em todo o mundo. É uma das doenças que mais aflige a humanidade, já que causa 30% das mortes de crianças com menos de um ano de idade. Entre as causas dessa doença destacam-se as condições inadequadas de saneamento (werneck, maria, 2010).

O relatório de 2009 da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) apontou a diarreia como a segunda maior causa de óbitos da população infantil. Estima-se que, anualmente, 1,5 milhões de crianças são as grandes vítimas das diarreias. A cada ano, doenças relacionadas à potabilidade de água e à precariedade de saneamento provocam nas crianças a perda de 443 milhões de aulas (trata brasil, 2010).

A maioria das crianças menores de 5 anos morre devido a causas preveníveis e com tratamento, como as complicações durante o parto, pneumonia, diarréia, sepse neonatal e a malária (unicef, 2018).

Desde a década de 70, as doenças diarreicas infantis representavam a principal causa de morte entre crianças menores de um ano, no Estado de São Paulo. Considerando o ano de 1970, por exemplo, verifica-se que 27% de todos os óbitos ocorridos dentro do Estado naquele ano, eram de menores de um ano. Destes, 26% foram ocasionados por doenças diarreicas representando a maior causa de morte no grupo etário juvenil (eugenio, 1992).

Outros efeitos patológicos diretos destes parasitas são diarreia crônica, má absorção dos alimentos e anemia ferropriva, que é decorrente da privação e deficiência de ferro dentro do organismo, portanto, pode-se afirmar que qualidade de vida da população pode ser afetada devido à ausência de serviços de saneamento de qualidade. Essas desordens podem acabar comprometendo o comportamento e funções cognitivas das crianças afetando diretamente o rendimento escolar e capacidade de aprendizado (scriptore, 2016).

Ainda dentre os malefícios acarretados a saúde pela falta de saneamento básico, estão doenças conhecidas como: doenças de transmissão hídrica (gastrenterites agudas, hepatite viral do tipo A e E, parasitoses intestinais), doenças transmitidas por vetores (pediculose, escabiose, dengue, leptospirose doença de chagas, leishmaniose, toxoplasmose e cisticercose), outros agravos indiretamente como desnutrição, doenças respiratórias agudas e intoxicações por gases. Todas essas doenças citadas podem levar a morte especialmente às crianças (lazzaretti, 2012).

No Brasil, somente no primeiro trimestre de 2020, foram gastos R$ 16 milhões com internações causadas por patologias decorrentes de saneamento inadequado ou (DRSAI) Doenças Relacionadas Com Saneamento Ambiental Inadequado e quase metade deste recurso (45,8%) foi gasto na Região Nordeste de acordo com estudo da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foram mais de 41 mil internações por falhas no saneamento no período, que ocuparam 4,2% dos leitos do Sistema Único de Saúde (SUS) por três dias, em média (abes, 2020).

Portanto, é interessante tanto para o governo quanto para os moradores locais, implementar o acesso à serviços de água e esgoto para o máximo de pessoas. Assim, proporcionando uma melhora na qualidade de vida, redução com gastos públicos na esfera da saúde quanto a doenças causadas exclusivamente por esgotos a céu aberto. Além disso, escolher a gestão e atuação que seja mais eficiente de acordo com a região em que será aplicada (summit sáude, 2022).

A degradação da qualidade do ambiente, em geral, e da água, em particular, devido principalmente ao lançamento de esgotos não tratados nos rios que atravessam as cidades, atinge níveis nunca imaginados no Brasil e no mundo. De acordo com a ONU (Organização das Nações Unidas) mais da metade dos rios do mundo está poluída pelos despejos dos esgotos domésticos, efluentes industriais e agrotóxicos. Estima-se, ainda, que nove de cada dez litros de esgoto nos países de economia emergente, são lançados nos rios sem nenhum tratamento prévio (rebouças, 2003).

Infelizmente, no Brasil têm-se a concepção que o tratamento de esgoto é um processo caro de ser posto em prática, porém, de acordo com a OMS, para cada dólar gasto em tratamento de esgoto, há uma economia de 4 até 5 dólares em gastos hospitalares no tratamento de doenças oriundas do descarte de esgotos em locais inapropriados como rios e até mesmo o mar. A má gestão dos recursos hídricos quanto a sua utilização na agricultura até a negligência no tratamento dos esgotos acarreta prejuízos econômicos, ambientais e sociais, mesmo o Brasil sendo um país com grande disponibilidade de recursos hídricos, ainda assim a população sofre com racionamento de água nas grandes metrópoles em períodos mais secos (rebouças, 2003).

No Brasil, a maior demanda por água é da agricultura, especialmente a irrigação, com quase 63% de toda a demanda. Entretanto, cerca de 93% dos quase 3 milhões de hectares irrigados, utilizam-se os métodos menos eficientes no mundo, como o espalhamento superficial (56% da área), pivô central (19%) e aspersão convencional (18%) (rebouças, 2003).

Os agricultores situados nas regiões do semiárido brasileiro convivem ano após ano com a escassez das chuvas. A inexistência de água para o consumo, alimentação e higiene pessoal soma-se a impossibilidade de produção alimentar, seja porque toda e qualquer cultura necessita de água seja porque nenhum animal consegue sobreviver à falta de água, ou seja, a carência de água não apenas impede a população de saciar sua sede, mas também de satisfazer sua fome (lando, 2017).

Tais informações mostram que a água é um bem de extrema importância, desde a higiene pessoal até o cultivo dos alimentos. Tanto o uso

racional da água possibilita que ela possa ser utilizada por mais tempo e os cuidados necessários após seu uso, no tratamento dos esgotos por exemplo, garantem que a vida continue nos rios e nascentes, vez que seu descarte com qualidade inferior pode ocasionar na morte de seres vivos que residem nestes habitats.

A demanda mundial para a produção de alimentos aumenta progressivamente a taxas muito altas. Atualmente, na maioria dos países, continentes e regiões, a água consumida na agricultura é de cerca de 70% da disponibilidade total. Há uma enorme necessidade de redução desse uso com a introdução de tecnologias adequadas, eliminação dos desperdícios e introdução de reúso e reciclagem. Os usos da água incluem uma excessiva utilização para irrigação a partir de águas subterrâneas (tundisi, 2009).

A eutrofização de lagos, represas e rios é uma das consequências dos usos excessivos de fertilizantes na agricultura, que, combinados com alterações de drenagem, podem aumentar consideravelmente e com rapidez os índices de estado trófico, incluindo as águas subterrâneas (tundisi, 2009).

Portanto, deve-se focar na utilização consciente da água, investir em tratamento de esgotos e melhores técnicas de irrigação na agricultura são atitudes que podem melhorar a qualidade dos recursos já disponíveis e sua utilização, eliminando problemas como a escassez e racionamento (rebouças, 2003).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Estimar a eficiência dos serviços de água e esgoto nos municípios do Rio Grande do Norte quanto a sua atuação e gestão.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a atuação da empresa de serviços de água e esgotos quanto ao abastecimento de água;

- Averiguar se a empresa de serviços de água e esgotos oferece serviços de coleta e tratamento de esgotos;

- Verificar a relação entre os indicadores de eficiência e indicadores educacionais, socioeconômicos e de saúde dos municípios;

- Analisar se os indicadores de eficiência possui alguma relação com os gastos municipais em água e esgotos.

1.2 Justificativa

De acordo com rebouças (2003) e tundisi (2009) pode-se perceber que o Brasil, apesar de ser um país que possui grande disponibilidade de recursos hídricos, não faz uso eficaz destes recursos, nem quanto ao consumo, nem quanto ao tratamento deles após seu uso.

Tundisi (2009) diz que o uso exagerado dos recursos naturais podem causar degradação do meio ambiente o que acaba impactando na qualidade de vida dos cidadãos, principalmente em questões de saúde. Os problemas de saúde impactam diretamente na produtividade individual, pois o enfermo necessita de repouso ou até mesmo da paralisação imediata e por vezes sem prazo de retorno de suas atividades laborais.

No que tange aos indicadores apresentados pelo Rio Grande do Norte sobre saneamento, o estado Potiguar possui índices preocupantes quanto ao desperdício de água em sua distribuição, cerca de 49,5% dos recursos distribuídos são desperdiçados (snis, 2018).

Por outro lado, entre os 18 principais Estados com níveis de distribuição de água acima de 90% em localidade urbana, o RN se destaca. Porém, quanto à coleta de esgotos, o Rio Grande do Norte é insuficiente, com índices menores que 40% (snis, 2018).

Segundo o relatório da SNIS as perdas são causadas por ligações clandestinas, perdas comerciais, furtos, prejuízos físicos como vazamentos e problemas técnicos nas tubulações e até mesmo leituras imprecisas dos equipamentos de medição (snis, 2018).

Tendo o conhecimento destes dados e do impacto deles na sociedade, esta pesquisa justifica-se pelo fato de indicar a eficiência dos serviços de água e esgotos, com o intuito de apontar possíveis falhas nos serviços prestados e avaliar as empresas responsáveis pelo tratamento do esgoto e distribuição de

água estão realizando seu trabalho de forma eficiente. Com isso, avaliar quais fatores influenciam em sua performance.

Com base na Lei Nacional do Saneamento Básico (Lei 11.445 de 2007), que define que os serviços de saneamento prestados pelas operadoras devem ser eficientes e com sustentabilidade econômica, além de adotar melhoria da qualidade com ganhos de eficiência e redução dos custos para os usuários, com integridade das infraestruturas e dos serviços com gestão eficiente de recursos hídricos. Como outros princípios fundamentais que regulariza tais serviços.

1.3 Descrição do Problema

Com base na Lei Nacional de Saneamento Básico que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Que entre seus diversos aspectos, apontam a eficiência do uso racional da água; do equilíbrio econômico-financeiro das prestações de serviços; do incentivo a eficiência dos serviços prestados e das ações executadas. Assim espera-se que os municípios potiguares beneficiados com os serviços de água e esgotos estejam provendo de atividades excelentes em sua gestão e atuação.

Diante desses aspectos firmados na Lei 11.445 de 2007, esta pesquisa levanta a seguinte problemática: Os serviços de água e esgotos oferecidos no estado do Rio Grande do Norte são eficientes em sua gestão e atuação?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, desde o ano-base de 1995, as informações do setor de águas e esgotos são alimentadas por um sistema criado pelo Ministério das Cidades, denominado Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Até 2010, os dados contidos no referido sistema indicavam que cerca de 80% da população brasileira estava coberta por abastecimento de água, e cerca de 40% coberta com esgotamento sanitário, mas da água residual recolhida somente cerca de 35% estavam sendo tratadas (barbosa, 2012).

Soma-se a isso o fato de que ainda não estão definidas, de maneira clara, as atribuições de cada esfera governamental no que se refere ao saneamento básico. Devido a essa indefinição, União, estados, Distrito Federal e municípios poderiam criar ações redundantes em alguns casos ou se tornar negligentes em outros, deixando a responsabilidade para um dos demais agentes envolvidos. Nesse cenário, a aplicação dos recursos poderia ainda ser realizada sem a adoção de uma visão mais global, que contemple as relações entre esses agentes, prejudicando o planejamento e a eficácia dos recursos aplicados (leoneti, 2011).

A concepção de que o setor privado pode colaborar com as metas do Saneamento Básico deve ser analisada cuidadosamente. Algumas empresas públicas têm apresentado dificuldades gerenciais e financeiras para a continuidade dos investimentos em expansão e manutenção do atendimento as populações de sua responsabilidade. Por outro lado, na cadeia produtiva ligada ao saneamento, há um grande potencial para ser explorado que chega a ser desprezado, seja na geração de emprego, seja na geração de renda (oliveira, 2004).

Em relação à tipologia do setor brasileiro, o SNIS apresenta três características básicas do setor: a) abrangência de atuação, b) natureza jurídico-administrativa, c) tipo(s) de serviço(s) de saneamento que é(são) oferecido(s) aos usuários, que são: tratamento e distribuição de água potável,

coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana das águas pluviais e coleta e destinação correta dos resíduos sólidos (barbosa, 2012).

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS, 2007), em 2006, o índice médio de atendimento urbano mostrava valores relativamente elevados, em termos de abastecimento de água, com um índice médio nacional de 93,1%. Porém, em termos de esgotamento sanitário, o atendimento urbano com coleta era muito escasso, tendo um índice médio nacional de 48,3%, e um índice médio nacional de apenas 32,2% para o tratamento desse esgoto coletado. Destaca-se que, em relação ao atendimento à população de baixa renda, o índice ainda é mais inadequado, e alcançar uma cobertura mais ampla desse benefício é um grande desafio (leoneti, 2011).

Quanto o(s) tipo(s) de serviço(s) de saneamento que é(são) oferecido(s) aos usuários, o setor se divide em: a) somente abastecimento de água; b) somente esgotamento sanitário; e c) abastecimento de água e esgotamento sanitário, conjuntamente (barbosa, 2012).

No aspecto da abrangência de atuação, os operadores são classificados como: regionais, que atentem a vários municípios com sistemas integrados, no quais estão as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBS); microrregionais (intermunicipais), que atendem a um pequeno conjunto de municípios, sendo os sistemas isolados ou não; e locais, que atendem apenas o município no qual o operador está sediado (barbosa, 2012).

Os prestadores da Região Sudeste apresentaram melhor desempenho enquanto a Região Nordeste teve o desempenho mais baixo. Os prestadores de abrangência local e propriedade privada foram mais eficientes na média. Em 2006 e 2011 o desempenho médio foi maior entre os prestadores não regulados. Em 2006 o grupo de prestadores regulados por entidades municipais apresentou melhor desempenho médio, já em 2011, o melhor desempenho foi do grupo regulado por entidades consorciadas. A análise realizada na segunda etapa, por meio do Índice de *Malmquist*, apontou queda de produtividade entre 2006 e 2011. A análise decomposta do índice indicou um deslocamento da fronteira técnica de eficiência para um nível inferior, no

entanto foi verificado um pequeno avanço dos prestadores em direção à fronteira. Apenas a Região Centro-Oeste registrou avanço na produtividade total. A queda de produtividade foi maior entre os prestadores de abrangência regional e os prestadores com abrangência local e propriedade privada se moveram mais rapidamente para a fronteira. Os prestadores regulados a partir de 2007 apresentaram menor queda na produtividade total e melhoria pura de eficiência mais significativa (carvalho, 2014).

Em um ambiente regulatório que almeja a eficiência, espera-se que as tarifas e os níveis de eficiência sejam negativamente correlacionados e os ganhos adicionais de eficiência sejam continuamente compartilhados com os usuários. Esses usuários desejam obter serviços de qualidade a um custo mais baixo que possa ser atingido pelo aumento da eficiência no nível de produção. Na ausência de regulação (ato de regular, colocar conforme as leis e regras), são esperadas distorções no relacionamento entre níveis de tarifa e produtividade. A identificação das ineficiências na produção e suas fontes tornam-se, portanto, assunto crucial de política do setor (motta e moreira, 2004).

Os principais tipos de (IEs) Instrumentos Econômicos que vêm sendo utilizados são as taxas ambientais, a criação de mercados, os sistemas de depósito e reembolso e os subsídios. Alguns IEs geram benefícios aos agentes econômicos atingidos, traduzidos em recursos imediatos ou de retorno futuro; entre estes, estão o Pagamento Por Serviços Ambientais (PSA) e os incentivos financeiros. Outros envolvem custos – por exemplo, a cobrança de taxas sobre produtos poluentes ou emissões. Existem, ainda, aqueles que apenas redirecionam – de acordo com critérios predefinidos – o uso dos recursos disponíveis, tais como o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) Ecológico e as Compras Públicas Sustentáveis (CPS) (moura, 2016).

Nesse contexto, é plausível que se questione se o avanço na eficiência dos prestadores de serviços não deveria ou poderia ter sido maior (carvalho, 2014).

Segundo Bontes, Aguilera e Cordero (2013, pag. 276) com base na teoria econômica, mercados competitivos conduzem os produtores ao alcance da eficiência, porém, “[...] havendo falhas de mercado, é provável que esse mecanismo virtuoso não se manifeste, tal como acontece na presença de monopólios naturais, característicos da prestação dos serviços de água potável e esgotamento sanitário”.

No entanto, alguns desses instrumentos - principalmente quando geram custos, e não incentivos ou oportunidades – podem ser de mais difícil aprovação por parte do Legislativo, devido à possível resistência do setor produtivo afetado. São também de mais difícil concepção por parte dos órgãos ambientais e exigem a atuação conjunta de outras áreas – orçamentárias ou econômicas – do governo. Além disso, a aplicação dos IEs deve ser avaliada periodicamente, para que sejam feitas as adaptações necessárias, de acordo com a evolução do contexto econômico (moura, 2016).

O SNIS também expõe fatores importantes para uma análise da evolução da eficiência geral do setor de saneamento, por meio da observação de alguns indicadores de desempenho administrativo-financeiro e operacional dos prestadores de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Ao comparar os anos de 2003 e 2011, percebe-se uma evolução no desempenho dos prestadores em diferentes níveis. No caso dos indicadores operacionais, pode-se destacar o índice de atendimento da população com coleta de esgotos, que aumentou 24,9%, no entanto, o índice de perdas de água na distribuição teve uma melhoria de apenas 9,6% no período. Para analisar essa evolução é preciso considerar, ainda, fatos relevantes que impactaram o setor: desde a criação do Ministério das Cidades em 2003 até a aprovação da Lei Nacional do Saneamento Básico (LNSB) em 2007 e a retomada dos investimentos por parte do Governo Federal com o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) (carvalho, 2014).

Uma discussão que surge no contexto de eficiência, tarifas e subsídios cruzados é que como aquelas unidades mais eficientes geram resultados positivos que são usados na compensação de déficits de unidades ineficientes, a política de subsídios cruzados entre localidades pode atuar como um

mecanismo de desincentivo à eficiência. Parte-se da hipótese de que, embora possa atuar como importante instrumento de ampliação de acesso, os subsídios cruzados impactam negativamente nos indicadores de eficiência da prestação dos serviços, pois nas unidades de menor porte há desincentivos, por exemplo, decorrentes de desvantagens de escala (miranda, 2015).

Dessa forma, o bom desempenho das atividades regulatórias é essencial para o acompanhamento da evolução da eficiência do setor, constituindo um dos caminhos para o alcance da universalização. Tais atividades regulatórias foram previstas na LNSB e classificadas por Galvão Junior, Turolla e Paganini (2008) em quatro grupos: fiscalização, normatização, regulação tarifária e ouvidoria. As atividades de normatização preveem que as entidades reguladoras editem normas sobre as dimensões técnica, econômica e social da prestação dos serviços, incluindo metas progressivas de expansão e avaliação da eficiência (carvalho, 2014).

2.1 Vantagens Econômicas Universalização do Saneamento Básico

O acesso universalizado à rede de água e esgoto pode gerar no Brasil: i) queda no número de internações, gerando uma economia de R$ 27,3 milhões anuais; ii) redução de 15,5% na mortalidade por infecções gastrointestinais; iii) redução do número de afastamentos do trabalho, evitando uma perda de R$ 258 milhões por ano; iv) ganho na massa salarial, resultando em crescimento da folha de pagamentos de R$ 105,5 bilhões anuais; v) aumento no longo prazo da massa salarial em torno de R$ 31,6 bilhões anuais, em decorrência de melhoria na produtividade, devido à diminuição no atraso na educação; vi) valorização dos imóveis em torno de R$ 178,3 bilhões; e vii) elevação do número de trabalhadores no setor de turismo, gerando R$ 7,2 bilhões por ano em salários (freitas, 2014).

Os custos totais para a universalização são estimados em R$ 313,2 bilhões. Considerando apenas os ganhos com crescimento da folha de pagamento no curto prazo e a valorização dos preços dos imóveis, os ganhos no primeiro ano com a universalização já seriam de R$ 283,8 bilhões. Além disso, é importante considerar que esses ganhos possibilitam inclusive aumento com as receitas de impostos. No caso da valorização imobiliária, por

exemplo, estima-se que, no longo prazo, poderia haver um aumento do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) de R$ 845 milhões anuais, e do Imposto de Transmissão de Bens Imóveis (ITBI) de R$ 183 milhões por ano (freitas, 2014).

Desta forma, analisando ligeiramente os números acima, pode-se ter uma dimensão do quanto o país perde por não realizar os investimentos necessários para universalização dos serviços de saneamento básico.

2.2 Motivos da Falta de Investimentos

Um dos principais motivos apontados para a não universalização do saneamento no Brasil até hoje é a falta de recursos para investimentos no setor. É fácil constatar que faltam investimentos, mas é importante verificar o que há por trás dessa falta de investimento (araújo, 2018).

Todos os componentes do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais) dependem de vultosos recursos, que têm sido provisionados, primeiramente, pelo financiamento público, como acontece em grande parte dos países. Esse fato resulta da natureza de monopólio (um só prestador, público ou privado, para um grande conjunto de consumidores), bem como de questões de escala e dificuldades estruturais dos municípios, que apresentam alto grau de endividamento, infraestrutura insuficiente, restrita base arrecadatória e fragilidades de gestão (kuwajima, 2019).

Uma peculiaridade do setor de infraestrutura é o fato de ele apresentar características de monopólio natural, que é caracterizado por economias de escala e de escopo com baixo custo marginal. É também marcado por elevados investimentos, por vezes irrecuperáveis (*sunk costs*), para disponibilizar os ativos. Sendo assim, na teoria e na prática, fica impossibilitada a concorrência em subsetores de infraestrutura como água e esgoto, resultando em uma consistente barreira de mercado. Dessa forma, o papel central do Estado se manifesta na regulação e no provimento de parte dos serviços, além de atuar em investimentos (mankiw, 2015).

O setor de saneamento básico é verticalmente integrado em virtude da impossibilidade de competição em qualquer estágio do processo de produção; a integração vertical gera consideráveis economias de escopo e dificuldades de efetivar tarifas de modo a alcançar as diferentes etapas da produção (jouravlev, 2004).

Considerando-se essa verticalização do setor, a existência de concorrência é inviável, pois não seria eficaz econômica e espacialmente. Considera também que uma desverticalização não seria recomendada em razão da estrutura do setor, e os raros casos dessa medida ocorrem, geralmente, por meio de contratos de pequena escala e apenas para a produção e o tratamento de água na modalidade de construção, operação e transferência (*Build, Operate And Transfer* – BOT, na sigla em inglês) de um parceiro para o titular do monopólio (madeira, 2010).

De acordo com o documento-base da revisão do Plansab (Brasil, 2019d), entre 2003 e 2017, foram comprometidos recursos orçamentários “da ordem de R$ 82,5 bilhões, o que representa em média 0,10% do PIB nacional”. A trajetória foi crescente, porém houve retrocesso, atingindo quase zero (0,028%) em 2016 (op. cit., p. 63 e 65). Nos levantamentos da revisão do Plansab, o PAC foi o principal propulsor do setor. A previsão inicial do programa foi de R$ 40 bilhões na primeira fase (2007-2010) – sendo R$ 12 bilhões de recursos orçamentários, R$ 20 bilhões de financiamento e R$ 8 bilhões como contrapartida dos estados, municípios e prestadores de serviços. Para a segunda fase do PAC (2011-2014) seriam R$ 45 bilhões, valor que não foi alcançado. Para os anos seguintes, o PAC foi descontinuado.

Portanto, acontecimentos como a descontinuação do PAC, tarifas incondizentes com a necessidade de investimento anual de acordo com o Plansab e investimento desproporcional na área com relação ao PIB, faz com que o setor de saneamento sofra para alcançar suas metas.

2.3 Conceitos de Eficiência

O conceito de eficiência, abrange diversas opiniões entre autores e diversas áreas de análise. Devido essa vasta definição é essencial expor

alguns conceitos pertinentes e especificar a diferença entre os conceitos de eficiência e eficácia (dantas, 2013).

Por eficiência produtiva, entende-se a utilização da planta instalada pelo prestador, com máximo rendimento e menor custo, dada a estrutura do mercado. A capacidade de redução da apropriação indevida de excedentes econômicos pelo produtor, em função da 3 concorrência ou mecanismos de regulação, caracteriza a eficiência distributiva (pedrosa, 2001).

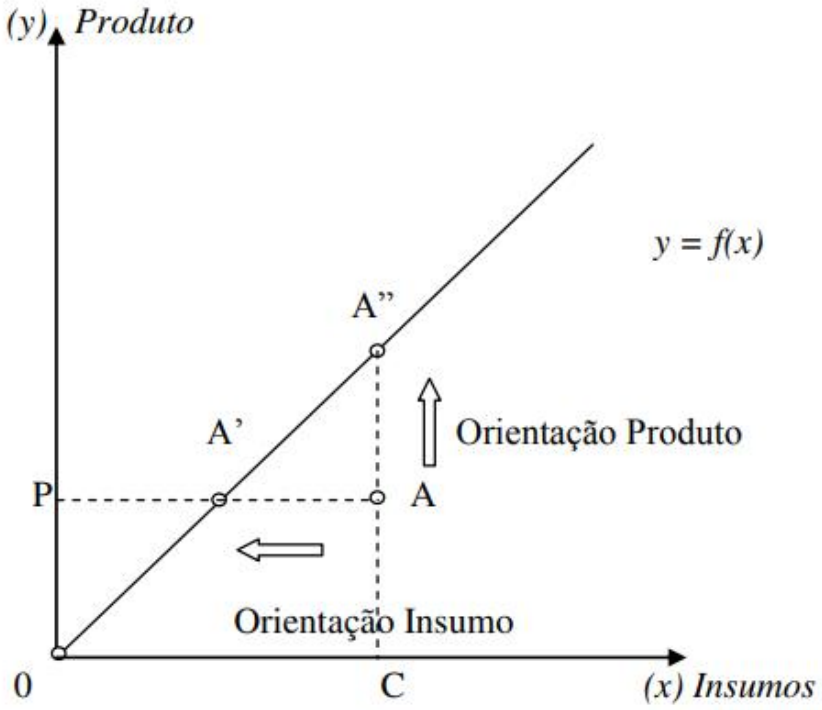
O conceito de eficiência de preços é entendido como a capacidade de uma empresa em utilizar um conjunto de insumos em uma proporção ótima, dado o preço e a tecnologia aplicada. Para o autor, a junção dessas duas maneiras de apresentar a eficiência é conhecida como eficiência econômica (farell, 1957).

A eficiência técnica examina a relação entre o produto gerado, com a quantidade de uma determinada entrada utilizada na sua produção, ou seja, mede a relação entre o produto e os meios utilizados no processo de produção. Em certas aplicações, os “meios” utilizados no processo produtivo servem como a unidade de medida para estimar o "custo" (em unidades) de várias técnicas e tecnologias de produção. A eficiência econômica é realizada através do cálculo dos custos dos insumos e produtos resultante dos diversos processos produtivos, ou seja, a minimização do valor monetário empregado nos insumos do processo de produção em comparação ao resultado do valor do produto (mokate, 1999).

A eficiência também pode ser apresentada através da análise produtiva, a qual se divide em dois componentes. A análise puramente técnica ou física, que se refere à capacidade para evitar o desperdício da produção, com o uso controlado dos insumos ou a utilização máxima na produção final. Assim, a análise de eficiência técnica pode ter uma orientação conservando os insumos ou uma orientação aumentando a produção. E a afetação da eficiência dos recursos ou preço, no que se refere à capacidade de combinar os *inputs* (entrada) e *outputs* (saída) em quantidades e proporções em função dos preços vigentes. (lovell, 1992).

Para se atingir os valores de eficiência podem-se analisá-las através de duas maneiras: pela orientação insumo (*input*) ou pela orientação produto (*output*). A primeira está fundamentada na redução de insumos, enquanto a segunda orientação está fundamentada na elevação do nível do produto. Uma maneira simples de perceber as diferenças entre as duas abordagens está no Gráfico 1 seguinte, que representa os produtos (*y*) em função dos insumos (*x*), em um modelo de Retorno Constante De Escala (RCS) ou modelo Charnes, Cooper e Rhodes, 1978) (CCR) (dantas, 2013).

Gráfico 1 – Comparação entre as Medidas de Eficiência Técnica sob Orientação Insumo e Produto



Fonte: Lorenzett, (2010). Adaptação: Autor.

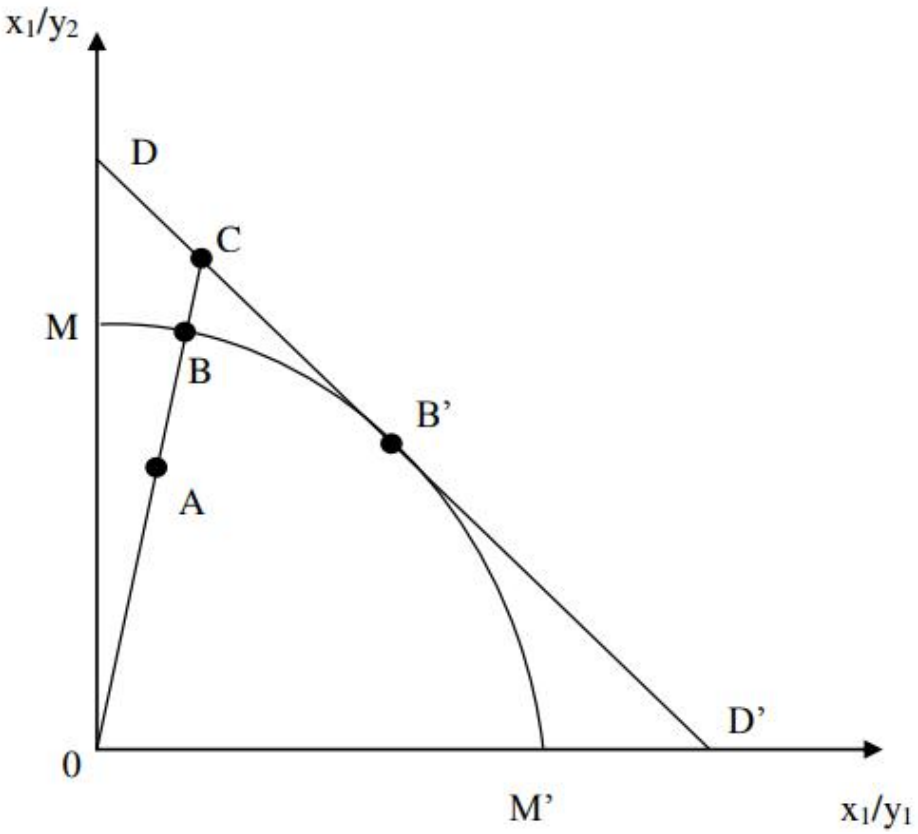
A abordagem sob a orientação insumos determina que o aumento da eficiência técnica da unidade produtiva A seja obtido por diminuição de insumos para uma produção constante (direção *AA'*). Já a abordagem sob a orientação produto determina que o aumento da eficiência técnica seja obtido

pelo aumento de produção com insumos constantes (direção *AA"*) (lorenzett, 2010).

2.4 Eficiência sob a Orientação Produto (*Output*)

O pressuposto do tipo de abordagem da eficiência sob a orientação produto, parte do uso de um insumo *x1* associado à produção de 2 tipos de bens, *y1* e *y2*, caracterizando como função de produção *x1 = g(y1, y2)*. Considerando retornos constantes de escala, pode-se representar a tecnologia por uma curva de possibilidades de produção unitária, exposto no Gráfico 2, pela curva côncava *ZZ'*, no espaço bidimensional dos produtos formados com o insumo *x1* (baptista, 2004).

Gráfico 2 - Medida de eficiência com Orientação Produto.



Fonte: Gomes e Baptista (2004). Adaptação: Autor.

O ponto A representa uma empresa ineficiente, que se situa abaixo da curva *MM'*. A distância *AB* representa a ineficiência técnica da empresa, ou seja, as quantidades de produtos que poderiam ser aumentadas sem a

necessidade da inclusão de insumos extras. Nessa ocasião, a medida de eficiência técnica seria dada pela equação 1:

$$\mathrm{ET} = \frac{0\mathrm{A}}{0\mathrm{B}} \tag{1}$$

Quando se possui a razão entre os preços dos produtos, pode-se traçar uma reta como a exposta pelo segmento *DD'* do Gráfico 2. Essa linha representa a curva de isorenda (na qual o produtor aufere o mesmo nível de receita, para toda e qualquer combinação dos bens considerados), cuja inclinação é dada precisamente pela razão dos preços de *y1* e *y2*. A partir de *DD'*, pode-se obter a definição de eficiência alocativa, através da equação 2:

$$\mathrm{EE} = \frac{0\mathrm{B}}{0\mathrm{C}} \tag{2}$$

Sendo assim, para se atingir a ineficiência alocativa da empresa que opera no ponto *A*, seria a distância entre os pontos *BC*. Conhecendo as medidas de eficiência técnica e alocativa, pode-se obter a fórmula da eficiência econômica, procedida da seguinte maneira:

$$\mathrm{EA} = \frac{0\mathrm{A}}{0\mathrm{B}} \mathrm{X} \frac{0\mathrm{B}}{0\mathrm{C}} = \frac{0\mathrm{A}}{0\mathrm{C}} \tag{3}$$

Como o intuito desse trabalho é analisar se ocorre o máximo no desempenho das variáveis nos serviços de saneamento básico (Despesas de Exploração, Quantidade de Economias ativas de água e esgoto, Volume de água consumido e Volume de Esgoto Coletado e Tratado) diante das aplicações nas alocações de recursos públicos, buscam-se as quantidades máximas de produtos possíveis, considerando fixa a quantidade de insumos. Então, a abordagem da eficiência aplicada nesse trabalho será sob a orientação produto.

2.5 Conceitos de Eficácia

Perante os diversos conceitos de eficiência surge uma grande discussão sobre o que é eficiência e sobre o que é eficácia, chegando a entender de maneira enganosa, como palavras sinônimas.

A palavra eficácia vem do latim *Efficere* que por sua vez é derivada de *Facere*, que significa “fazer ou realizar” (mokate, 1999).

Aplicando essa definição para as políticas e programas sociais, a eficácia de uma política ou programa pode ser entendida como o grau em que os objetivos são alcançados. Um programa é eficaz se alcança os objetivos que foram projetados. Uma organização eficaz cumpre integralmente a missão que dá razão de ser (dantas, 2013).

Para Cunha (2006), a eficácia consiste na relação entre o alcance de metas e tempo, ou seja, é uma medida do grau em que se alcançam os objetivos e metas de um programa, em um determinado período, sem considerar os custos aplicados.

Para Alcântara (2009), a eficácia é o grau em que as metas, entendidas como atributos mensuráveis de objetivos, para um dado período, foram efetivamente atingidas, ou seja, é o grau no qual uma empresa alcança um objetivo estipulado, como por exemplo, melhoria na qualidade, lucros maiores e aumento na participação no mercado.

A medição de eficácia deve ser avaliada pelo grau de cumprimento dos objetivos fixados nos programas de ação, comparando-se posteriormente, os resultados obtidos com os resultados previstos, independentemente dos meios que foram utilizados. A única exceção dos estudos de eficácia global é quanto à avaliação da eficácia. A avaliação da eficácia não pode ser realizada sem a existência prévia do planejamento dos programas de ação e de uma maneira explícita do modelo como se pretende alcançar os objetivos. Então, para realizar a avaliação de eficácia será preciso analisar de que maneira as saídas *(outputs)* produzidas em forma de bens ou serviços alcançam os objetivos previstos, que devem aparecer claramente definidos e quantificados no planejamento (baptistelli, 2009).

Dessa forma, pode-se afirmar que há uma diferença entre o entendimento do que seja eficiência e eficácia, considerando que a eficácia mede até que ponto os objetivos de um programa foram alcançados e a eficiência mede o grau em que os objetivos sejam atingidos de uma iniciativa com um menor custo possível. Pode-se concluir que para ser eficiente, uma iniciativa tem de ser eficaz. Especificamente, considera-se que a eficácia é

necessária (embora não seja suficiente) para alcançar a eficiência (mokate, 1999).

Diante de todas as explicações sobre eficiência e eficácia descritas acima, o conceito de eficiência que será seguido durante toda a análise será com foco na teoria da produção que avalia a eficiência da firma através dos insumos disponíveis alcançar o maior produto possível, com foco sempre na maximização da produção e minimização dos custos.

3. METODOLOGIA

3.1 Universo e Amostra

Em um universo de 167 municípios do Rio Grande do Norte, serão utilizadas uma amostra de 41 municípios. Essa quantidade de municípios se dá devido à falta de dados referentes às variáveis utilizadas. O corte temporal será referente aos anos de 2010 e 2020. Em ambos os anos, o tamanho da amostra serão os mesmos.

3.2 Coleta dos Dados e Variáveis Utilizadas

A coleta dos dados fora retirada do banco de dados do SNIS nos anos específicos do estudo. As variáveis utilizadas na pesquisa para mensurar a eficiência na alocação dos recursos públicos municipais nos serviços de água e esgoto se baseia no estudo de Cruz et.al (2019). A descrição das variáveis, seus inputs e outputs estão expostos no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Descrição das variáveis utilizadas no modelo DEA.

Variáveis	Código/ Unidade	Definição no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)
Economias Ativas de Água (Output)	AG003 (economias)	Quantidade de economias ativas de água que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência
Economias Ativas de Esgoto (Output)	ES003 (economias)	Quantidade de economias ativas de esgoto que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência
Volume de Água Consumido (Output)	AG010 (economias)	Volume anual de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micro medido (AG008), o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado, acrescido do volume de água tratada exportada (AG019) para outro prestador de serviços.
		Volume anual de esgoto lançado na rede coletora. Em geral é

Volume de Esgoto Coletado (Output)	ES005 (1.000m^3/ANO)	considerado como 80% a 85% do volume de água consumido na mesma economia. Não inclui volume de esgoto bruto importado (ES013).
Volume de Esgoto Tratado (Output)	ES006 (1.000m^3/ANO)	Volume anual de esgoto coletado na área de atuação do prestador de serviços e que foi submetido a tratamento, medido ou estimado na(s) entrada(s) da(s) ETE(s). Não inclui o volume de esgoto bruto importado que foi tratado nas instalações do importador (informação ES014), nem o volume de esgoto bruto exportado que foi tratado nas instalações do importador (ES015).
Despesas de Exploração (Input)	FN015 (R$/ANO)	Valor anual das despesas realizadas para exploração dos serviços, compreendendo despesas com pessoal, produtos químicos, energia elétrica, serviços de terceiros, água importada, esgoto exportado, despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX, além de outras despesas de exploração.

Fonte: Autoria própria

A variável input apresenta as despesas anuais gerais dos municípios na exploração dos serviços de água e esgoto, enquanto os outputs apresentam os respectivos volumes de água consumida, coleta e tratamento de esgoto, junto as economias ativas de água, que representam o número de residências com água disponível até o último dia do ano de referência.

3.3 Levantamento e Análise dos Dados

Através do recolhimento dos dados disponíveis no SNIS, eles foram tratados e analisados de forma quantitativa para determinar o nível de eficiência dos serviços prestados pela CAERN, principal empresa de abastecimento de água e coleta de esgotos do RN.

Para a análise dos dados, será utilizado o modelo de programação matemática denominado DEA (Data Envelopment Analysis) com orientação ao *output*, juntamente as técnicas de Supereficiência para detectar *outliers* (pontos fora da curva).

3.4 Análise Envoltória de Dados (DEA)

Existe uma outra maneira para identificar a fronteira de produção e analisar a eficiência das unidades produtivas: por modelos econométricos e técnicas não paramétricas. A diferença entre as duas abordagens está no fato de que modelos econométricos exige a necessidade de especificar uma forma funcional para a fronteira de produção, utilizando de modelos de fronteira estocástica ou *Stochastic Frontier Analisys (SFA),* enquanto na técnica não paramétrica, tal exigência não existe (pessanha *et al*, 2004).

A diferença desses modelos é que o modelo SFA demanda um número maior de hipóteses (distribuição do erro e forma funcional da fronteira de produção), o que pode ser visto como custo associado à diferenciação do termo de erro aleatório do termo ineficiência. É importante lembrar que por ser estimado, este método permite conhecer o efeito dos insumos no produto, enquanto o modelo DEA não distingue a ineficiência estatística da unidade produtiva do erro amostral, o que pode levar a superavaliação da ineficiência, além de não permitir nenhum tipo de inferência estatística, uma vez que o efeito dos insumos na fronteira de produção não é estimado (trigo, 2010).

Porém, o DEA possui uma maior flexibilidade, pois assume poucas hipóteses sobre o comportamento dos dados captando a melhor prática existente da organização produtiva e fornecendo *benchmarks* para as instituições analisadas e por estarem bem fundamentados teoricamente, com base apenas nos axiomas mais fracos da teoria econômica, e por aplicarem mais de um produto ao mesmo tempo em uma avaliação (dantas, 2013).

Portanto, devido as evidências até aqui apresentadas, foi escolhido o método DEA para realizar a análise da eficiência no primeiro estágio deste estudo, visando atingir resultados sólidos e confiáveis que estejam o mais próximo possível da realidade.

Uma tecnologia de produção transforma um vetor de insumos $X = \{x_1,\ldots, x_s\} \in R^S +$ em um vetor de produtos $Y = \{y_1,\ldots, y_m\} \in R^m +$ e pode ser representado pelo Conjunto de Possibilidades de Produção, definido por Dantas (2013), como:

$$\mathrm{T(X,Y)} = \{(\mathrm{X,Y}) \in R^{s+m} + | \text{é viável produzir Y a partir de X}\} \quad (4)$$

Na análise de eficiência, tem-se especial interesse pelo limite ou fronteira do conjunto *(X,Y)* desde que o desempenho relativo das unidades produtivas é medida através da distância para essa fronteira. O limite superior de *(X,Y)* é conhecido como fronteira de possibilidades de produção. No caso *m* = 1, o limite superior de *(X,Y)* define uma fronteira de produção.

Sob o enfoque de conservação de recursos (orientação *input*), a medida de Eficiência Técnica (ET) para uma unidade produtiva (*X,Y*) é definida como a máxima contração do vetor de insumos que permite produzir a mesma quantidade de produtos, ou seja:

$$\mathrm{ET} = \mathrm{Min}\{\theta|(\theta \mathrm{X,Y}) \in \mathrm{T(X,Y)}\} \quad (5)$$

A variável *θ* assume um valor entre 0 e 1, sendo que um valor unitário indica que não é possível reduzir a quantidade de insumos e neste caso a unidade produtiva é classificada como sendo tecnicamente eficiente (eficiência igual a 100%). Caso contrário, a unidade produtiva é considerada tecnicamente ineficiente.

Uma maneira de explicação sobre a análise de eficiência da produção é dada por Silva, Martins Filho e Ribeiro (2007), na qual afirmam que uma firma operando no ponto (X_0, Y_0), pode-se definir o escore de eficiência *θ*, com orientação pelo produto:

$$(\mathrm{X}\theta, \mathrm{Y}\theta) = \inf\{\theta: (\mathrm{X}, \theta^{-1} Y0) \in (X, Y)(X)\} \quad (6)$$

Onde $0 < \theta(X0, Y0) \leq 1$ mede a expansão máxima no vetor de produtos *Y*0 dado o nível de insumo atual. Se $\theta(X0, Y0) = 1$, a firma está operando na fronteira de (*X,Y*) e é tecnicamente eficiente. Nesses casos, o nível ótimo de produto é dado por:

$$Y^{\partial}(X0) = \theta^{-1}(X0, Y0)Y0 \quad (7)$$

Em situações práticas onde se pretende avaliar o grau de eficiência das firmas, o conjunto *(X,Y)* e, consequentemente, os índices de eficiência das firmas não são observados. Apenas uma amostra aleatória χ(*n*) de unidades produtivas é conhecida. O problema é, então, como estimar (*X,Y)* e *θ* usando χ(*n*).

A utilização dessa ferramenta matemática é bastante empregada devido à ausência em assumir uma forma funcional para a tecnologia, o que a torna facilmente utilizada na análise de eficiência de empresas com múltiplos insumos e produtos. Outra vantagem na utilização do DEA é que se podem abandonar as informações sobre os preços de insumos e preços dos produtos das empresas que serão estimadas. Dessa forma, permite analisar as 70 Ineficiência de Escala Ineficiência Técnica Global Ineficiência Técnica Pura eficiências de unidades produtivas não lucrativas, como hospitais, escolas, universidades, escolas públicas, governos etc. (cook e seiford, 2008).

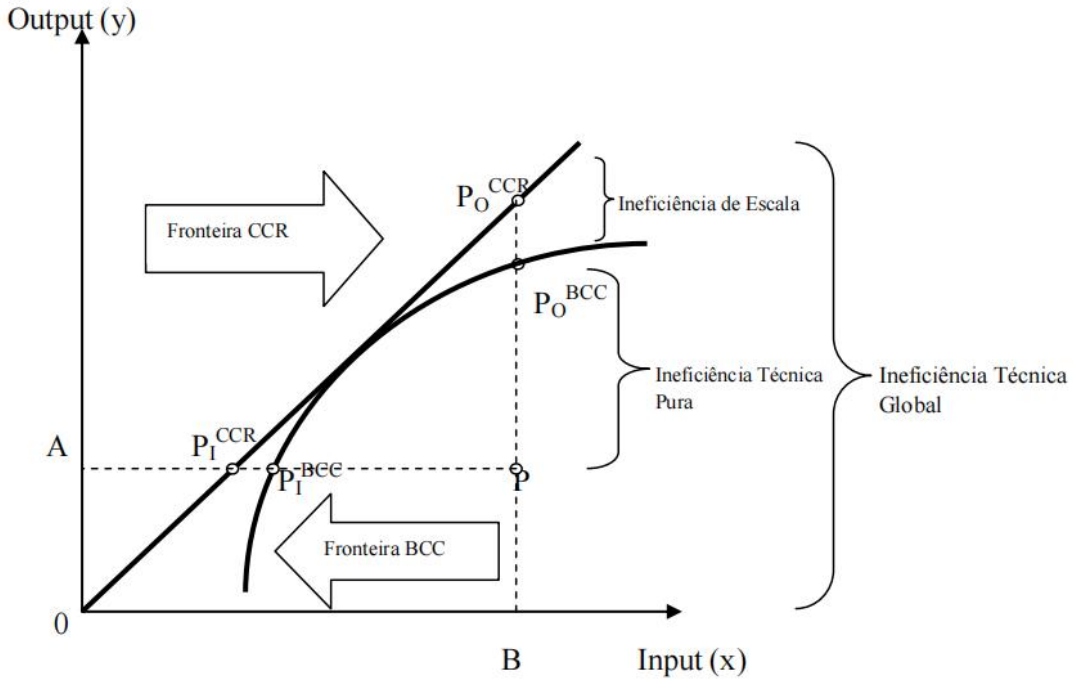
As empresas ou unidades produtivas tomadoras de decisão são chamadas de *Decision Making Units* (DMU), elas possuem como característica processos semelhantes nos quais utilizam caracterizados níveis de insumos chamados de *inputs*, para produzir diferentes quantidades de produtos denominados de *outputs*. A partir dos dados das *DMUs*, constroem-se um conjunto de referências convexo, que podem ser classificados como eficiente ou ineficiente, tendo como base a superfície formada (dantas, 2013).

A fronteira de eficiência obtida a partir do modelo DEA é conhecida como fronteira de eficiência revelada, já que se trata da fronteira que se chega com os dados utilizados. Qualquer inserção de uma nova unidade eficiente na análise do modelo ocorre um deslocamento na fronteira revelada. Dessa forma, existe uma fronteira de eficiência efetiva que só seria revelada caso se considerassem todas as possíveis *DMUs* para a curva de produção, trata-se então de uma curva teórica que envolve a curva de eficiência revelada (dantas, 2013).

Portanto, possa ser que o DEA não seja totalmente eficiente, mas dentro dos parâmetros considerados e analisados (toda amostra) o modelo se aproxima do que seria o ‘’ideal’’.

As formas de se determinar as fronteiras do modelo DEA ocorrem através de dois modelos considerados clássicos: o modelo de Retornos Constantes de Escala – *Constant Returns to Scale* (CRS) ou (CCR) e o modelo de Retornos Variáveis de Escala – *Variable Returns to Scale* (VRS) ou (BCC). Expressos graficamente da seguinte maneira (dantas, 2013):

Gráfico 3 - Modelos de eficiência CCR e BCC.



Fonte: Silva, 2010. Adaptação: Autor.

Analisando a partir do ponto P, na região abaixo das fronteiras de eficiência CCR e BCC e suas projeções sobre as curvas de eficiência e as suas orientações(insumo e produto, respectivamente) e considerando retornos constantes e orientação insumo, a representação da ineficiência técnica global é expressa pela distância PPI CCR, e a eficiência considerando retorno variável (eficiência técnica pura) são dadas pela distância PPI BCC, enquanto a reta PI CCRPI BCC, diz respeito à eficiência de escala. Essa mesma consideração pode ser feita para a hipótese de orientação por produto, diferenciando apenas sua representação (silva, 2010).

Para obter a eficiência no modelo DEA, calcula-se a maximização para cada DMU do quociente entre a soma ponderada dos produtos (*outputs*) e a soma ponderada dos insumos (*inputs*), onde os pesos são dados por um Problema de Programação Linear (PPL) de forma agradável para cada DMU, comparativamente com as outras unidades, com a condição de que esses pesos aplicados as outras DMUs não provoquem uma razão superior a 1. (dantas, 2013).

A curva de eficiência DEA difere da função de produção da microeconomia em formas que englobam um maior realismo, mais fácil medição e, portanto, maior potencial para a gestão real usar. A primeira, entre muitas diferenças é que não é linear, mas seccionalmente linear ou seccionalmente loglinear. A função de produção clássica não tem a pretensão de conduzir a posições eficientes exceto, indiretamente, através dos preços. Na verdade, é normalmente defendido na teoria económica que a atenção pode ser restrita a pontos eficientes, embora por vezes não se especifique como se pode ter a certeza da eficácia desses pontos. Se a saída, representada pela função clássica, for um composto de várias saídas, um conjunto de pesos comum, geralmente valores monetários, irá reduzir estas saídas a uma única figura de mérito. A curva de eficiência DEA não usa pesos comuns, mas a cada unidade de decisão é atribuído um conjunto único de multiplicadores (pesos) para as suas entradas e saídas. A função de produção DEA é uma função vetorial (muitas saídas) em oposição à função de uma saída, da teoria microeconómica tradicional (leal, *et al.*, 2013).

A fronteira de eficiência DEA é “facetada” (por exemplo, de *A* a *C*; *C* a *D* etc.). As faces são definidas pelas unidades eficientes vizinhas e cada unidade ineficiente é envolta por uma unidade eficiente vizinha, associada dentro de uma única face (resultado matematicamente necessário da formulação de programação linear). A fronteira de eficiência DEA não é uma função analítica que deve ser calculada através de otimizações de restrições repetidas. Como tal, todas as variáveis são simultaneamente ajustadas aos novos valores ótimos, com cada alteração nos dados originais. Esta abordagem realista em que “todas as coisas são consideradas simultaneamente” ou *mutatis mutandis* pode ser considerada uma análise de todo o sistema. O ponto de vista

tradicional de “todas as outras coisas sendo iguais”, ou *ceteris paribus* baseia-se na noção de cálculo de uma derivada parcial na qual é permitida apenas a variação numa variável de cada vez, com todas as outras variáveis mantidas constantes, como no conceito do custo marginal. Além disso, a função clássica pretende (ou tem como objetivo) mostrar o conjunto inteiro de possibilidades de produção para uma única unidade decisão. A curva de eficiência usa análise comparativa ou relativa para obter a fronteira a partir do comportamento de muitas unidades; a posição de uma unidade é então flexível, apenas na sua vizinhança imediata (leal, paço *et al.*, 2013).

A Análise Envoltória de Dados é um modelo não paramétrico e não estocástico, onde a fronteira de produção é gerada de maneira implícita por programação linear, pode ter retornos constante (CCR), equivalente à eficiência técnica de longo prazo, ou variáveis (BCC), equivalente à eficiência técnica de curto prazo. Também é possível estimar eficiência de escala. Os modelos direcionam as DMUs para a fronteira de eficiência buscando a expansão dos *outputs* mantendo os *inputs* fixos (modelos com orientação para os *outputs*) ou, alternativamente, podem fixar os *outputs* e minimizar o emprego dos *inputs* (modelos com orientação para os *inputs*). As DMU’s são as unidades básicas do estudo de eficiência e devem ser homogêneas, utilizar os mesmos *inputs* e *outputs*, bem como serem autônomas no processo decisório (cruz *et al*, 2019).

A DEA é largamente adotada para a mensuração de eficiência no setor de saneamento por não demandar especificação de preços, uma vez que as prestadoras são monopolistas em sua área de atuação e as tarifas podem ser consideradas distorcidas devido a influências políticas (cruz *et al*, 2019).

O modelo BCC pode ser analisado através da observação da entrada e saída. O modelo BCC sob orientação outputs, apresentado por Cruz et. al (2019), que maximiza a saída, mantendo inalteradas as entradas seguem a seguinte apresentação:

$$\text{Maximizar } \theta i$$

$$\text{Sujeito a: } X\lambda \leq Xk$$

$$\theta Yi\text{-}Y\lambda \leq 0 \quad (8)$$

$$\sum_{j}^{n} \lambda j = 1$$

$$\lambda k > 0, \forall k$$

No modelo da envoltória com retornos constantes de escala, h é a medida de expansão radial, λ's são os pesos das combinações convexas das DMU's e *xik* e *yjk* são os inputs *i* e outputs *j* da DMU *k, k = 1, . . ., n ; xio e yio* são os inputs *i* e outputs *j* da *DMU0*. A DMU é eficiente quando encontrarmos *h0 = 1*. Como *h0 ≥ 1*, para encontramos a eficiência devemos fazer *h10.*

A diferença do BCC e do CCR do Modelo da Envoltória *output* orientado é o acréscimo da restrição, $\sum_{k=1}^{n} \lambda k = 1$ (no modelo BCC), que impõe convexidade à fronteira (cruz *et al*, 2019).

3.5 Tratamento dos *Outliers*

Devido a sensibilidade do modelo DEA, deve-se ter um tratamento especial com os *outliers.* Os o*utliers* são algumas observações extremas determinadas pela fronteira de produção nos modelos DEA e que são causadas por erros de medição tanto nos *inputs* como nos *outputs* (BANKER E CHANG, 2005).

Para obter a eficiência no modelo DEA, calcula-se a maximização para cada DMU do quociente entre a soma ponderada dos produtos (*outputs*) e a soma ponderada dos insumos (*inputs*), onde os pesos são dados por um Problema de Programação Linear (PPL) de forma agradável para cada DMU, comparativamente com as outras unidades, com a condição de que esses pesos aplicados as outras DMUs não provoquem uma razão superior a 1 (dantas, 2013).

Os procedimentos para diagnóstico e eliminação desse problema partem do método *Jackstrap* e da supereficiência (costa, 2010).

O método Jackstrap utiliza o conceito de *Leverage* ou poder de influência da *DMU,* que apura o efeito, impacto ou influência que uma

determinada *DMU* exerce sobre o escore final de eficiência de outras unidades, posteriormente aplica-se uma “reamostragem” estocástica utilizando o *Bootstrap* no cálculo dos *Leverages* para cada *DMU*, de maneira que todas as unidades sejam submetidas a um número *n* de repetições (souza *et al*, 2008).

A metodologia de supereficiência de identificação de *outliers* consiste em retirar as observações (*DMUs*) eficientes da amostra no momento de avaliação do DEA, de tal maneira que as *DMUs* sejam comparadas através de uma combinação linear entre todas as outras observações, exceto sobre elas próprias, permitindo que a sua eficiência possa ser superior a 1 (costa, 2010).

Desta maneira, o trabalho propõe a identificação dos *outliers* junto a sua remoção da amostra, para que eles não venham a influenciar de forma negativa nos resultados das demais *DMUS*.

Banker e Chang (2005) realizaram um estudo onde foi analisado um conjunto de “janelas de análises”, sugerindo que apenas as observações com escores maiores de supereficiência do que observações pré-selecionadas deveriam ser eliminadas. Se uma observação eficaz é um *outlier* que tenha sido contaminado com o ruído, então é mais provável que tenha um nível de *output* (ou *input*) maior (ou menor) do que a de outras observações semelhantes aos níveis de *input* (ou *output*), ou seja, a utilização do método de supereficiência é considerada uma boa ferramenta para diagnóstico e eliminação do *outlier*.

Conforme Costa (2010), em um modelo com uma amostra considerada pequena, como este estudo, a avaliação do método de supereficiência é considerada ideal como teste do *score* padronizado na identificação de *outliers*. Assim, o teste do score padronizado é realizado da seguinte maneira:

$$\mathrm{Zi} = \frac{\mathrm{Xi} - \bar{x}}{\mathrm{S}} \tag{9}$$

Onde:

Xi é a eficiência de cada uma das *DMUS*.

$\bar{x}$ é a média das amostras.

S é o desvio padrão.

As hipóteses atribuídas são:

$\mathrm{H0} = |\mathrm{Zi}| > 3$: a observação DMU é um outlier.

$\mathrm{Ha} = |\mathrm{Zi}| < 3$: a observação DMU não é um outlier.

Assim, a partir da expressão algébrica 9 e suas atribuições, serão articuladas as unidades produtivas tomadoras de decisão consideradas como *outliers* e retiradas do cálculo do *DEA* e consequentemente da análise dos resultados. Pois, como já mencionado anteriormente, os *outliers* podem afetar no resultado das outras *DMUS* o que não é vantajoso para o resultado do estudo.

3.6 Modelo Tobit e Variáveis Utilizadas (Segundo Estágio)

O modelo Tobit é uma extensão do modelo Probit, foi desenvolvido por James Tobin, economista laureado com Prêmio Nobel. Para explicar melhor o modelo, poderemos utilizar o exemplo da propriedade de uma casa. Supõe-se que se deseja descobrir a quantidade de dinheiro que o consumidor gasta na compra de uma casa em relação a sua renda (e outras variáveis econômicas). Mas existe um problema: se os consumidores não efetuarem a compra de uma casa, é óbvio que não haverá dados sobre gastos com habitação para tais consumidores, sendo assim, consideram-se apenas os dados dos consumidores que realmente efetuaram a compra de uma casa (gujarati, 2010).

Assim os consumidores são divididos em dois grupos: sendo n1 consumidores, estes se têm a informação sobre os regressores (renda e taxa de juros da hipoteca), bem como sobre o regressando (valor gasto com habitação). Já os n2 consumidores, eles têm informações apenas sobre os regressores, mas não sobre o regressando (gujarati, 2010).

Umas amostras a qual não se possui todas as informações é chamada de amostra censurada. Por isso, o modelo Tobit é conhecido também como um modelo de regressão censurada (gujarati, 2010).

Em muitas análises estatísticas de dados individuais, a variável dependente pode ser censurada ou truncada, ou seja, os dados variam dentro de um determinado intervalo (greene, 2008).

Se a variável dependente é censurada para uma fração significativa das observações, as estimativas obtidas dos parâmetros pelo método de regressão linear são tendenciosas. Em 1958, James Tobin propôs um modelo que estimava os parâmetros, levando em consideração a existência das variáveis censuradas, tornando as estimativas consistentes (tobin, 1958).

Pelas semelhanças que apresentava com as formulações dos modelos de regressão Probit e Logit, o modelo ficou sendo conhecido por Tobit (maddala, 1983). No modelo de regressão Tobit (henningsen, 2010), temos uma variável dependente *y* que é censurada à esquerda no zero, que pode ser visto nas seguintes expressões:

$$y_i^* = x_i^{'}\beta + \varepsilon_i \tag{10}$$

$$\varepsilon_i \sim N[0, \sigma^2]$$

$$\mathrm{y}_i = \begin{cases} 0, \text{se } y_i^* \leq 0 \\ y_i^*, \text{se } y_i^* > 0 \end{cases} \tag{11}$$

Onde o índice $i = 1, \ldots N$ indica as observações, y é uma variável não observável latente, $x^{'}$ é um vetor de variáveis explicativas β é um parâmetro de vetores desconhecidos e ε é o erro (melonio e lucas, 2019).

De acordo com Greene (2012), uma observação aleatória da população, pode ou não ser censurada, se:

$$E[y_i|x_i] = \Phi\left(\frac{x_i^{'}\beta}{\sigma}\right)\left(x_i^{'}\beta + \sigma\lambda_i\right), \tag{12}$$

Onde:

$$\lambda_i = \frac{\phi[(0 - x_i^{'}\beta)/\sigma]}{1 - \Phi[(0 - x_i^{'}\beta)/\sigma]} = \frac{\phi(x_i^{'}\beta/\sigma)}{\Phi(x_i^{'}\beta/\sigma)} \tag{13}$$

A generalização do modelo de regressão Tobit é o Modelo de Regressão Censurada (HENNINGSEN, 2010). A variável dependente pode ser censurada

à esquerda, censurada à direita e pode ser censurada à esquerda e à direita ao mesmo tempo, onde o limite inferior ou superior da variável dependente pode ser qualquer número, como observado na equação 14 a seguir:

$$y_i = \begin{cases} \text{a, se } y_i^* < \text{a} \\ y_i^*, \text{ se a} < y_i^* < \text{b} \\ \text{b, se } y_i^* \geq \text{b} \end{cases} \quad (14)$$

Nessa expressão (14), a é o limite inferior e b é o limite superior da variável dependente. Se a = –∞ ou b = ∞, a variável dependente não é censurada à esquerda nem censurada à direita (melonio e lucas, 2019).

Segundo Greene (2012), para estimar o modelo Tobit de regressão censurada é utilizado o Método de Máxima Verossimilhança (MLE):

$$\ln L = \sum_{y_i>0} -\frac{1}{2}\left[\log(2\pi) + \ln\sigma^2 + \frac{(y_i - x_i'\beta)^2}{\sigma^2}\right] + \sum_{y_i=0} \ln\left[1 - \Phi\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right)\right] \quad (15)$$

De acordo com Medeiros, Silva e Pontes (2021), existem evidências empíricas que apontam que a melhora nos indicadores de eficiência dos serviços de água e saneamento acarreta benefícios socioeconômicos, redução de doenças que prejudicam a saúde e melhorias nos indicadores de educação, entre outros aspectos. Assim, com o intuito de ratificar essas relações nos municípios potiguares estudados, essa pesquisa sugere estimar o modelo Tobit da seguinte maneira:

$$EFE = \alpha + \beta_1 POP + \beta_2 IPD + \beta_3 PPC + \beta_4 TDMI + \beta_5 IDH + \beta_6 POC + \beta_7 ITDEN + \beta_8 IDEBI + \beta_9 IDEBF + \varepsilon i \quad (16)$$

Onde EFE refere-se a variável dependente, α é a constante, β são os coeficientes de correlação parcial, as variáveis associadas a estes coeficientes, são as variáveis explanatórias ou explicativas da variável dependente, cuja descrição encontra-se no Quadro 2 e, ε_i é o termo de erro.

Quadro 2 - Descrição das variáveis utilizadas no modelo Tobit

Variáveis	Fonte	Descrição
EFE	Avaliação do Autor	Refere -se aos escores de eficiência de escala dos serviços prestados pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte.

		(Indicadores)
Variáveis Socioeconômicas		
POP	IBGE/Censo Demográfico	Contingente populacional municipal, na data de referência. (Pessoas)
POC	IBGE/SIDRA	Pessoal ocupado – Pessoas que exercem atividade profissional (formal ou informal, remunerada ou não) durante pelo menos 1 hora completa na semana de referência da pesquisa.
PPC	IBGE/Sistema de Contas Nacionais	Produto Interno Bruto per capita municipal. (R$)
IDH	IBGE	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. (índice)
Variáveis de Saúde		
IPD	Ministério da Saúde/Sistema de Informações Hospitalares do SUS/DATASUS	Número de Internações por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível. (Casos)
ITEDEN	Ministério da Saúde/Sistema de Informações Hospitalares do SUS/DATASUS	Número de Internações por dengue. (Casos)
TDMI	IBGE	Taxa de mortalidade infantil. (Óbitos por mil nascidos vivos)
Variáveis Educacionais		
IDEBI	Ministério da Educação/ SAEB/INEP	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica do Ensino Fundamental Regular dos Anos Iniciais. (Índice)
IDEBF	Ministério da Educação/ SAEB/INEP	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica do Ensino Fundamental Regular dos Anos Finais. (Indice)

Fonte: Elaboração Própria, com base em Medeiros, Silva e Pontes (2021), Van Minh e Hung (2011), Brown, Cairncross e Ensink (2013), Saiani e Azevedo (2018) e Mattos *et al.* (2019).

4. RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

A Tabela 1 apresenta uma listagem de 41 municípios do Rio Grande do Norte que foram utilizados na análise dos dados. À amostra original, abrange 167 municípios do RN, no entanto, os outros 126 municípios foram eliminados por não atenderem os critérios mínimos para realização da análise, sendo o motivo principal a falta de integridade nos dados, a maioria dos municípios apresentavam lacunas em seus dados, impossibilitando analisá-los em comparação com os demais.

Portanto, a ausência de dados impossibilitou um estudo mais completo, desta forma todos os resultados apresentados adiante se baseiam nos dados disponíveis dos 41 municípios utilizados como amostra.

Quanto a identificação dos possíveis *outliers*, utilizado pelo método de super eficiência (equação 9), pode-se afirmar que após as avaliações não houve identificação de municípios que apresentassem como *outliers* para os anos de 2010 e 2020 que foi o período escolhido para realizar a pesquisa. Abaixo a Tabela 1 com todos os municípios utilizados na análise.

Tabela 1 - Municípios analisados nos anos de 2010 e 2020.

Acari	Espírito Santo	Macau	Riachuelo
Afonso Bezerra	Florânia	Monte Alegre	Santana do Seridó
Alto dos Rodrigues	Goianinha	Mossoró	Santo Antônio
Antônio Martins	José Da Penha	Natal	São Bento Do Trairí
Caiçara do Rio Do Vento	Jucurutu	Parelhas	São Gonçalo Do Amarante
Caicó	Lagoa Nova	Parnamirim	São José Do Mipibu
Campo Redondo	Lajes	Pau Dos Ferros	São José do Seridó
Carnaúbas	Lajes Pintadas	Pedro Avelino	São Paulo Do Potengi
Ceará-Mirim	Lucrécia	Pedro Velho	São Rafael
Currais Novos	Macaíba	Pendências	São Tomé
Tibau Do Sul			

Elaboração: Autor (2024) de acordo com dados do SNIS.

A partir da definição do universo de pesquisa dos períodos estudados foi realizado o cálculo para a identificação dos municípios que são considerados *outliers*. Entretanto, após os testes não foram identificados nenhum outlier para

os anos de 2010 e 2020. Vale frisar que a parte mais expressiva dos municipios, então concentrados na região Metropolitana do RN, sendo eles; Natal, Parnamirim, Macaíba, São Gonçalo do Amarante, Monte Alegre, Ceará-Mirim, São José do Mipibu e Goianinha.

4.1 Avaliação das Eficiências

Após os cálculos de avaliação utilizada pelo método DEA, foram encontrados os indicadores de eficiência nos serviços de água e esgoto no Rio Grande do Norte em 2010, como pode ser observado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Municípios e Classe de Eficiências para o ano de 2010

Classe de Eficiência	Número de Municípios	Municípios
0,4 ⊢ 0,6	14	Caiçara do Rio do Vento, Campo Redondo, Carnaubais, Espírito Santo, Lagoa Nova, Lajes, Lajes Pintandas, Macaíba, Pendências, Riachuelo, São Bento do Trairí, São Paulo do Potengi, Tibau do Sul e São Tomé.
0,6 ⊢ 0,7	2	Macau e Santana do Sérido.
0,7 ⊢ 0,8	12	Antônio Martins, Afonso Bezerra, Goianinha, Jucurutu, Monte Alegre, Mossoró, Natal, Pedro Avelino, Pedro Velho, Santo Antônio, São José do Mipibu e Florânia.
0,8 ⊢ 0,9	7	Acari, Caicó, José da Penha, Lucrécia, Pau dos Ferros, São José do Seridó e São Rafael.
0,9 ⊢ 0,99	2	Currais Novos e Parnamirim.
0,99 ⊢ 1	4	Alto do Rodrigues, Ceará-Mirim, Parelhas e São Gonçalo do Amarante.

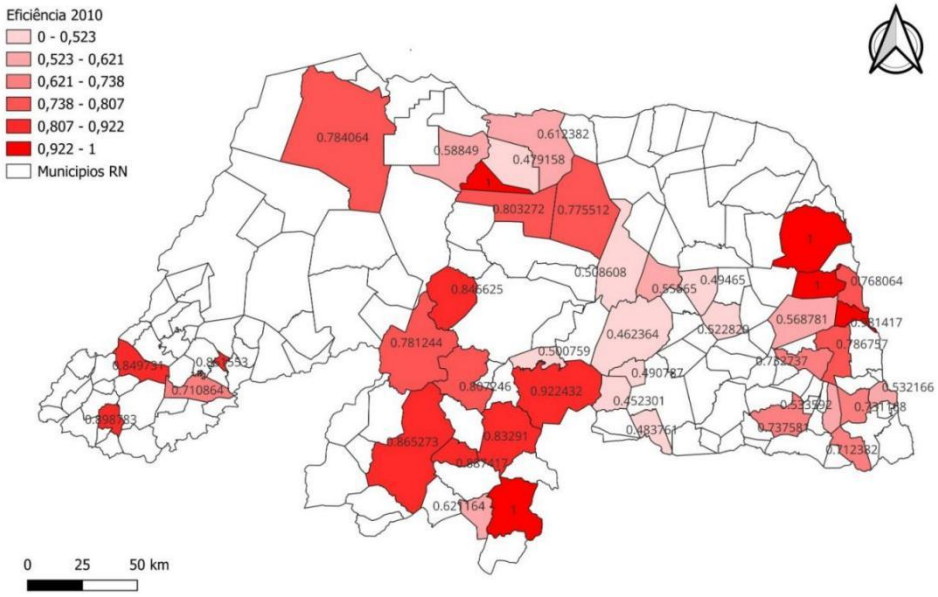
Elaboração: Autor (2024) de acordo com dados do SNIS e avaliação DEA.

Na Tabela 2 é possível observar que os municípios localizados nas regiões metropolitanas obtiveram melhores eficiências em comparação as demais localidades. Um fator que pode explicar tal efeito é a maior densidade populacional e uma população mais exigente quanto à prestação dos serviços, o que obriga, de certa forma a companhia melhorar seus serviços, consequentemente, melhorando sua eficiência.

De acordo com a Tabela 2, em 2010 apenas 4 municípios obtiveram a máxima eficiência. A maioria dos municípios estimados em 2010 obtiveram uma baixa eficiência (entre 0,4 e 0,7), a maioria desses municípios estão localizados na Região Agreste do estado. O município que atingiu a menor eficiência foi Campo Redondo (0,452) enquanto os maiores foram Alto do Rodrigues, Ceará-Mirim, Parelhas e São Gonçalo do Amarante. Os maiores municípios potiguares, Natal, Mossoró e Parnamirim, atingiram 0,768; 0,784 e 0,981, respectivamente.

As avaliações de eficiência nos serviços de água e esgotos podem ser mais bem visualizadas na Mapa 1, onde constitui um mapa político do estado e seus municípios identificados com sua respectiva eficiência.

Mapa 1 - Avaliação da Eficiência nos Serviços de Água e Esgoto no RN (2010)



Elaboração: Autor (2024) de acordo com avaliações DEA.

Pelo Mapa 1 é perceptível que a distribuição das avaliações de eficiência nos serviços prestados em 2010 não se encontra distribuídos espacialmente de forma homogênea, pois poucos municípios constituem a Região Oeste e Alto Oeste do estado, enquanto o Seridó, Central, o Agreste e Litoral Leste possuem uma maior distribuição de municípios analisados.

A próxima análise são as avaliações de 2020, utilizando os mesmos municípios de 2010, seguindo os mesmos critérios da análise anterior, utilizando o DEA.

Tabela 3 - Municípios e Classe de Eficiências para o ano de 2020

Classe de Eficiência	Número de Municípios	Municípios
0,4 ⊢ 0,6	12	Caicó, Goianinha, José da Penha, Macaíba, Macau, Monte Alegre, Pau dos Ferros, Pedro Velho, Santana do Seridó, Santo Antônio, São Tomé e Tibau do Sul.
0,6 ⊢ 0,7	9	Antônio Martins, Caiçara do Rio do Vento, Espírito Santo, Jucurutu, Lucrécia, Mossoró, Natal, Parnamirim e São Paulo do Potengi.
0,7 ⊢ 0,8	9	Acari, Alto dos Rodrigues, Campo Redondo, Carnaúbais, Currais Novos, Lajes, Pendências, Riachuelo e São Bento do Trairí.
0,8 ⊢ 0,9	4	Florânia, Pedro Avelino, São José do Mipibu e São Rafael.
0,9 ⊢ 0,99	2	Parelhas e Lagoa Nova.
0,99 ⊢ 1	5	Afonso Bezerra, Ceará-Mirim, Lajes Pintadas, São Gonçalo do Amarante e São José do Seridó.

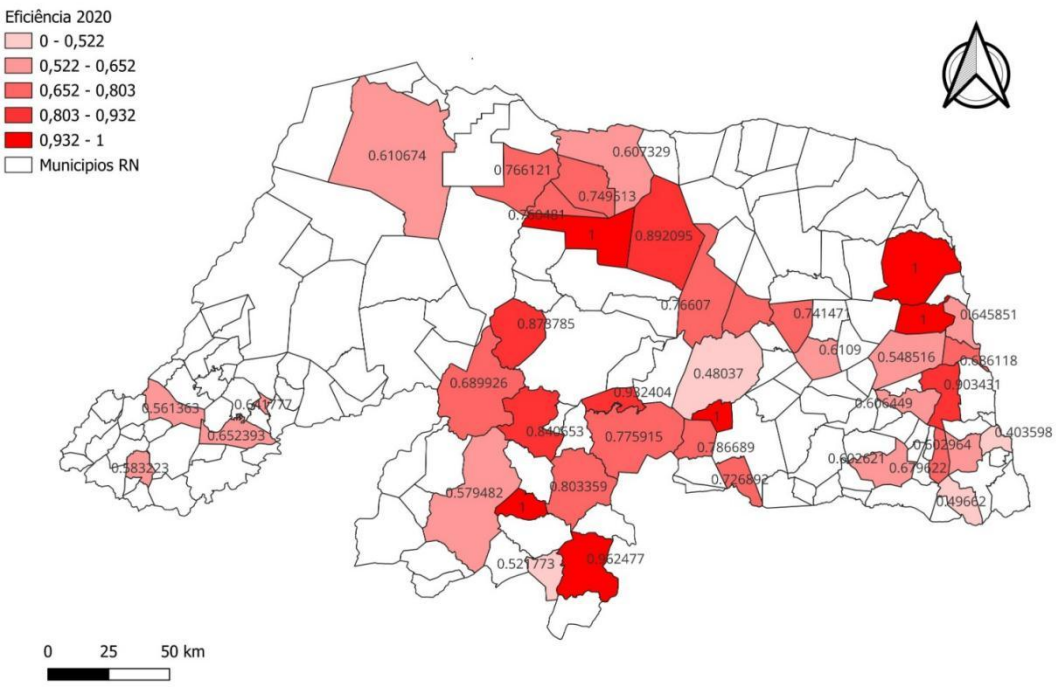
Elaboração: Autor (2024) de acordo com dados do SNIS e avaliação DEA.

Percebe-se que os municípios que estão mais próximos da região metropolitana de Natal, permaneceram com uma eficiência significativamente melhor em relação aos demais. Os municípios que foram eficientes em 2010 e permaneceram eficientes em 2020 foram Ceará-Mirim e São Gonçalo do Amarante, os outros três presentes no ano de 2020, foram municípios que melhoraram sua eficiência, desta forma, passando a fazer parte do pódio.

Também é possível notar a perda de eficiência elevada por Parnamirim e Alto dos Rodrigues, que após 10 anos, não conseguiram manter sua eficiência, regredindo para valores abaixo de 0,9.

As avaliações de eficiência nos serviços de água e esgotos podem ser mais bem visualizadas no Mapa 2, onde constitui um mapa político do estado e seus municípios identificados com sua respectiva eficiência para o ano de 2020.

Mapa 2 - Avaliação da Eficiência nos Serviços de Água e Esgoto no RN (2020)



Elaboração: Autor (2024) de acordo com avaliações DEA.

Em 2020 apenas 5 municípios obtiveram eficiência entre 0,9 e 1, considerados eficientes. O restante dos municípios ficou com valores inferiores, com destaque para a capital Natal que ficou com valor inferior a 0,8 novamente, assim como na análise anterior que remete a 10 anos atrás (2010).

4.2 Relações entre a Alocação dos Recursos Públicos e Aumento das Eficiências

Entre uma década (2010 e 2020), o estudo propõe observar se ocorreu mudanças nas avaliações de eficiência nos municípios estudados. Para tanto é apresentado na Tabela 4, as mudanças e variações nas despesas de exploração, suas correlações eficientes e se houve uma melhora ou piora nas avaliações de eficiência entre os anos estudados

Tabela 4 - Aumento nas Despesas de Exploração e Relação com a Eficiência

Municípios	Diferença das despesas entre 2010 e	Aumento das despesas em % entre	Eficiência 2010	Eficiência 2020	Melhora/Piora das

	2020	2010 e 2020			eficiências
Acari	778.926,54	51,33	0,83291	0,803359	-0,029551
Afonso Bezerra	274.422,83	34,95	0,803272	1	0,196728
Alto do Rodrigues	822.560,96	123,72	1	0,760481	-0,239519
Antônio Martins	213.113,67	48,01	0,710864	0,652393	-0,058471
Caiçara do Rio do Vento	72.457,02	14,37	0,55565	0,706287	0,150637
Caicó	9.404.385,56	164,69	0,865273	0,579482	-0,285791
Campo Redondo	131.465,68	16,12	0,452301	0,786689	0,334388
Carnaubais	323.272,07	62,64	0,58849	0,766121	0,177631
Ceará-Mirim	4.480.492,30	114,66	1	1	0
Currais Novos	2.688.199,08	57,34	0,922432	0,775915	-0,146517
Espírito Santo	316.991,98	35,54	0,533592	0,679622	0,14603
Florânia	587.973,40	52,37	0,807246	0,840653	0,033407
Goianinha	2.725.760,63	195,41	0,731168	0,602964	-0,128204
José da Penha	637.903,32	205,07	0,898783	0,583223	-0,31556
Jucurutu	1.289.713,03	88,47	0,781244	0,689926	-0,091318
Lagoa Nova	42.544,47	2,22	0,500759	0,932404	0,431645
Lajes	136.715,35	7,54	0,508608	0,76607	0,257462
Lajes Pintadas	38.013,62	7,79	0,490787	1	0,509213
Lucrécia	400.680,79	105,88	0,851553	0,641777	-0,209776
Macaíba	5.977.696,71	130,97	0,568781	0,548516	-0,020265
Macau	1.551.741,04	28,87	0,612382	0,607329	-0,005053
Monte Alegre	1.795.812,64	133,07	0,732737	0,606449	-0,126288
Mossoró	46.929.811,93	188,09	0,784064	0,610674	-0,17339
Natal	129.354.466,71	145,24	0,768064	0,645851	-0,122213
Parelhas	1.850.618,28	89,35	1	0,962477	-0,037523
Parnamirim	33.940.709,08	248,49	0,981417	0,686118	-0,295299
Pau dos Ferros	3.891.444,59	143,22	0,849731	0,561363	-0,288368
Pedro Avelino	52.679,52	7,33	0,775512	0,892095	0,116583
Pedro Velho	2.118.703,15	167,22	0,712382	0,49662	-0,215762
Pendências	72.032,08	4,06	0,479158	0,749513	0,270355
Riachuelo	301.480,61	29,86	0,49465	0,741471	0,246821
Santana do Seridó	366.572,79	98,31	0,621164	0,521773	-0,099391
Santo Antônio	1.234.319,16	89,61	0,737581	0,602621	-0,13496
São Bento do Trairí	143.265,85	24,85	0,483761	0,726892	0,243131
São Gonçalo do Amarante	8.380.354,18	150,76	1	1	0
São José de Mipibu	1.939.155,93	128,38	0,786757	0,903431	0,116674
São José do Seridó	82.823,44	19,06	0,887417	1	0,112583
São Paulo do Potengi	995.334,66	45,86	0,522829	0,6109	0,088071
São Rafael	370.663,88	40,80	0,846625	0,873785	0,02716
São Tomé	876.934,30	61,58	0,462364	0,48037	0,018006
Tibau do Sul	3.438.351,09	288,70	0,532166	0,403598	-0,128568

Elaboração: Autor (2024) de acordo com dados do SNIS e avaliação DEA.

Resultados negativos representam uma piora da eficiência dentro de uma década (2010 a 2020) enquanto os resultados positivos, mostram uma melhora na eficiência.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, é perceptível que a maioria dos municípios analisados, aumentam as despesas para exploração, porém mesmo gastando mais, boa parte dos municípios se tornaram menos eficientes com destaque para Parnamirim e Pau dos Ferros. Portanto, pode-se presumir que o aumento dos gastos não resulta em uma melhora dos serviços prestados, podendo até mesmo piorar os serviços em alguns casos. Tibau do Sul (destaque em vermelho) é o município que teve o maior aumento de despesas entre 2010 e 2020 e mesmo assim, diminui sua eficiência, se tornando o município com pior desempenho entre os 41 analisados.

O menor aumento de gastos foi o Município de Lagoa Nova (destacado em verde), cerca de 3% de aumento e mesmo assim, aumentou em 44% sua eficiência. Destaque para Lajes Pintadas (destaque em verde), que com aumento de menos de 8% nas despesas, saiu de 49% de eficiência, para 100%. Novamente, destaque para capital Natal, que mesmo aumentando os gastos em cerca de 145% teve perda de eficiência entre 2010 e 2020.

O baixo aumento nos gastos no período de 10 anos no município de Lagoa Nova, pode ser consequência de uma gestão eficiente e consciente dos recursos que são destinados para o saneamento básico, pois o município de Tibau do Sul que foi o menos eficiente, tem PIB PER CAPITA de 28.299,48 reais e densidade populacional de 164,87 hab/km2 enquanto o município de Lagoa Nova que foi o mais eficiente tem um PIB PER CAPTA de 16.941,79 reais e densidade populacional de 88,33 hab/km2, praticamente metade da densidade populacional de Tibau do Sul e pib per capita 40% menor e mesmo assim, fez melhor gestão dos recursos aplicados.

Quando tem-se uma densidade populacional elevada, presumi-se que pode-se atender a um maior número de pessoas com menos recursos, uma vez que um mesmo ponto de distribuição de água ou coleta de esgoto pode estar ligado a uma única edificação e atender à várias famílias de uma vez, porém não é o que ocorreu em Tibau do Sul, mas ocorreu em Lagoa Nova, mesmo com menor densidade populacional e menos recursos.

Dos 41 Municípios analisados, 21 (51,12%) apresentaram resultados piores após 10 anos, mesmo em todos os casos, aumentando as despesas na prestação dos serviços.

Para se ter um parâmetro da melhoria que precisa ser feita, será realizado uma comparação dos municípios que se destacam como mais eficiente e o município com menor eficiência. Os municípios que foram considerados eficientes serão chamados de *benchmarks*. A partir das avaliações no modelo DEA realizadas, pode-se comparar os valores das variáveis aplicadas aos municípios eficientes em comparação ao município mais ineficiente do período analisado.

Inicialmente, considerando o ano de 2010, Ceará-Mirim e São Gonçalo do Amarante foram considerados eficientes enquanto Campo Redondo foi ineficiente em comparação a ambos (*benchmarks*). De acordo com o modelo DEA, um mesmo município Virtual, utilizando dos mesmos recursos de Campo Redondo, teria apresentado melhores resultados, como está demonstrado na Tabela 5 logo abaixo.

Tabela 5 - Indicadores de Serviços Prestados dos Municípios Eficientes e Ineficiente em 2010

	Municípios				
Indicadores	**Ineficiente**	**Eficientes (Benchmarks)**		**Municipio Virtual**	**Metas para Campo Redondo**
	Campo Redondo	São Gonçalo do Amarante	Ceará-Mirim		
Eficiência	0,452301	1	1		
Despesas de Exploração (DEX)	815.537,08	5.558.869,07	3.907.676,90	815.537,08	815.537,08
Quantidade de economias ativas de água	1.397	17.696	14.510	3.088,65	3.088,65
Quantidade de economias ativas de esgotos	317	3.347	3.910	700,86025	700,86025
Volume de água consumido	155,8	6.716,07	2.840,77	344,460653	561,556775
Volume de esgotos coletado	34,41	3.381,76	720,86	76,077606	128,221899
Volume de esgotos tratado	34,41	3.381,76	699,23	76,077606	124,41024

Elaboração: Autor (2024) de acordo com dados do SNIS e avaliação DEA.

A tabela 5 mostra que para Campo Redondo atingir a eficiência teria de permanecer com a mesma despesa, porém aumentando em quase 3 vezes a

quantidade de economias ativas de água, mais de 2 vezes a quantidade de economias ativas de esgoto, mais de 3 vezes a quantidade de agua consumida, ou seja aumentar as economias já impactaria nesta variável ou também fazer com que a mesma quantidade de clientes consumissem mais água, porém é algo mais improvável. E aumentar em quase 4 vezes o volume de esgotos coletados e esgotos tratados.

Consequentemente, foram feitas as mesmas avaliações para o ano de 2020. São Gonçalo do Amarante e Ceará-Mirim permaneceram eficientes mesmo após 10 anos, porém o município que obteve menor eficiência foi Tibau do Sul.

Tabela 6 - Indicadores de Serviços Prestados dos Municípios Eficientes e Ineficiente em 2020

	Municípios				
Indicadores	**Ineficiente**	**Eficientes (Benchmarks)**		**Municipio Virtual**	**Metas para Tibau do Sul**
	Tibau do Sul	São Gonçalo do Amarante	Ceará-Mirim		
Eficiência	0,403598	1	1		
Despesas de Exploração (DEX)	4.629.326,69	13.939.223,25	8.388.169,20	4.629.326,69	4.629.326,69
AG003 -Quantidade de economias ativas de água	3.420	36.897	22.031	8.473,77	8.473,77
Quantidade de economias ativas de esgotos	2.037	6.515	4.449	5.047,10	6.572,89
Volume de água consumido	462,24	3.901,50	3.692,66	1.145,30	1.145,30
Volume de esgotos coletado	292,12	750,44	388,82	723,789165	723,789165
Volume de esgotos tratado	292,12	750,44	388,82	723,789165	723,789165

Elaboração: Autor (2024) de acordo com dados do SNIS e avaliação DEA.

De acordo com o município virtual, para que Tibau do Sul viesse a tornar-se eficiente, teria de gastar no máximo o mesmo valor com despesas de exploração, aumentar em quase 3 vezes suas economias ativas de água, aumentar em mais de 3 vezes suas economias ativas de esgotos, aumentar em mais de 2 vezes o volume de água consumido, ou seja adquirindo mais economias de água ou caso as economias permanecem constantes, mas consumindo mais e duplicar o volume de esgotos coletados e esgotos tratados.

Estendendo-se um pouco mais na análise, avalia-se a relação despesas para exploração/economias ativas de água para ter uma melhor noção de como os municípios estão aplicando seus recursos.

Tabela 7 - Despesas para Exploração de Acordo com Cada Economia de Água Ativa.

Municípios	Despesas para exploração/Economias ativas de água		Eficiência	
	2020	***2010***	***2020***	***2010***
Acari	R$ 725,56	R$ 448,96	0,803359	0,83291
Afonso Bezerra	R$ 923,85	R$ 492,57	1	0,803272
Alto do Rodrigues	R$ 219,67	R$ 238,72	0,760481	1
Antônio Martins	R$ 16.322,72	R$ 436,08	0,652393	0,710864
Caiçara do Rio do Vento	R$ 7.203,16	R$ 476,91	0,706287	0,55565
Caicó	R$ 182,06	R$ 282,58	0,579482	0,865273
Campo Redondo	R$ 481,22	R$ 583,78	0,786689	0,452301
Carnaubais	R$ 2.664,88	R$ 627,08	0,766121	0,58849
Ceará-Mirim	R$ 35,36	R$ 269,31	1	1
Currais Novos	R$ 1.002,16	R$ 409,74	0,775915	0,922432
Espírito Santo	R$ 3.268,76	R$ 506,25	0,679622	0,533592
Florânia	R$ 1.219,59	R$ 501,90	0,840653	0,807246
Goianinha	R$ 12.758,31	R$ 353,14	0,602964	0,731168
José da Penha	R$ 149.088,80	R$ 276,75	0,583223	0,898783
Jucurutu	R$ 815,00	R$ 344,14	0,689926	0,781244
Lagoa Nova	R$ 22.634,09	R$ 557,60	0,932404	0,500759
Lajes	R$ 2.296,26	R$ 697,38	0,76607	0,508608
Lajes Pintadas	R$ 2.645,09	R$ 703,03	1	0,490787
Lucrécia	R$ 908,40	R$ 547,67	0,641777	0,851553
Macaíba	R$ 171,07	R$ 430,28	0,548516	0,568781
Macau	R$ 639,76	R$ 733,26	0,607329	0,612382
Monte Alegre	R$ 623,33	R$ 337,80	0,606449	0,732737
Mossoró	R$ 829,60	R$ 373,15	0,610674	0,784064
Natal	R$ 796,56	R$ 381,92	0,645851	0,768064
Parelhas	R$ 582,21	R$ 386,26	0,962477	1
Parnamirim	R$ 552,03	R$ 249,10	0,686118	0,981417
Pau dos Ferros	R$ 686,83	R$ 293,09	0,561363	0,849731
Pedro Avelino	R$ 561,75	R$ 497,69	0,892095	0,775512
Pedro Velho	R$ 791,24	R$ 366,51	0,49662	0,712382
Pendências	R$ 601,65	R$ 624,81	0,749513	0,479158
Riachuelo	R$ 732,53	R$ 683,65	0,741471	0,49465
Santana do Seridó	R$ 1.294,99	R$ 714,31	0,521773	0,621164
Santo Antônio	R$ 626,91	R$ 346,60	0,602621	0,737581
São Bento do Trairí	R$ 753,71	R$ 886,97	0,726892	0,483761
São Gonçalo do Amarante	R$ 377,79	R$ 314,13	1	1
São José de Mipibu	R$ 419,15	R$ 303,42	0,903431	0,786757
São José do Seridó	R$ 633,38	R$ 419,14	1	0,887417
São Paulo do Potengi	R$ 618,41	R$ 483,26	0,6109	0,522829
São Rafael	R$ 587,88	R$ 390,94	0,873785	0,846625

São Tomé	R$ 910,55	R$ 637,71	0,48037	0,462364
Tibau do Sul	R$ 1.353,60	R$ 527,21	0,403598	0,532166

Elaboração: Autor (2024) de acordo com dados do SNIS e avaliação DEA.

Os municípios que mais gastaram no ano de 2010 foram São Bento do Trairí, Macau e Santana do Seridó, as eficiências encontravam-se baixas, sendo elas: 0,48;0,61 e 0,62 respectivamente. Já os municípios que aplicaram seus recursos com êxito no mesmo ano foram: Ceará-Mirim, Alto dos Rodrigues e Parnamirim, todos apresentaram eficiência igual a 1.

No ano de 2020 os municípios responsáveis pelos maiores gastos foram José da Penha, Lagoa Nova e Antônio Martins, respectivamente.Neste caso, apenas os municípios de José da penha e Antônio Martins apresentavam baixa eficiência 0,58 e 0,65 respectivamente, já Lagoa Nova apresentou eficiência de 0,93, indicando que mesmo estando entre os três que mais gastaram, ainda assim Lagoa Nova utilizou seus recursos eficientemente o que indica que para este caso em especifico, realmente era necessário gastar mais.

Ainda no ano de 2020, os municípios que obtiveram os menores gastos foram: Ceará-Mirim, Macaíba e Caicó. Ceará-Mirim com eficiência igual a 1, já Macaíba e Caicó, mesmo gastando menos, suas eficiências ficaram relativamente baixas 0,54 e 0,57 respectivamente, desta forma, talvez seja necessário um maior volume de gastos para atingir a eficiência, claro tomando como base apenas as variáveis de Economias Ativas de Água e Despesas Para Exploração.

4.3 Análise de Segundo Estágio (Modelo Tobit)

Para este estudo foram consideradas dois grupos de variáveis. Inicialmente para análise das eficiências, foram utilizadas variáveis *inputs* e *outputs* que estão apresentadas no Quadro 1. Para o segundo estágio, correspondente a análise por meio do modelo Tobit censurado a direita selecionou-se variáveis consideradas determinantes da eficiência de escala.

Portanto, será explorada a análise do segundo estágio da pesquisa, com ênfase na aplicação do modelo Tobit. Abaixo estão apresentadas uma visão geral das estatísticas descritivas dos dados coletados. A Tabela 8 abaixo

resume as estatísticas descritivas que foram relevantes para serem utilizadas na pesquisa.

Tabela 8 - Estatísticas Descritivas Tobit 2010

Variáveis	Medidas				
	Média	Mediana	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Eficiência	0,71888	0,73758	0,17643	1	0,45230
População	49.207,31	12.305	130.935,08	803.739	2.526
Internações por Diarreia	55,02439	0	110,31488	552	0
PIB per capita	8.291,811	6.266,35	4.811,940	21.539,2	3.797,02
Taxa de Mortalidade Infantil	19,06024	17,41	10,20496	48,78	2,28
IDH	0,63504	0,625	0,04957	0,766	0,558
Pessoal Ocupado	12.871,21	1.411	51.904,35	329.503	286
Internações por Dengue	9,95121	1	29,91233	171	0
IDEB Anos Iniciais	3,74878	3,7	0,54777	5	2,5
IDEB Anos Finais	3	2,9	0,49547	4,2	2,1

Elaboração: Autor (2024) de acordo com avaliação Tobit.

A censura à direita das variáveis quer dizer que está sendo imposta uma limitação da variável dependente com objetivo de observar valores superiores.

A eficiência é a variável dependente, enquanto todas as outros presentes no Quadro 3, são as variáveis independentes. Portanto, a análise utilizando o Tobit tem por objetivo verificar o quanto a eficiência pode sofrer alterações de acordo com a mudança das outras variáveis. Abaixo segue a Tabela 9 com as avaliações realizadas no modelo Tobit para o ano de 2010.

Tabela 9 - AvaliaçõesTobit para o ano de 2010

Variáveis	Coef.	Erro	T	P > | t |	95% coef. Interval.	
POP	0,000001	0,000001	1,23	0,226	-0,000091	0,000043
IPD	-0,000020	0,000251	-0,08	0,935	-0,000532	0,000491
PPC	0,000001	0,000008	0,12	0,903	-0,000016	0,000018
TDMI	-0,000697	0,002783	-0,25	0,804	-0,006367	0,004971
IDH	0,933943	1,128571	0,83	0,414	-1,36488	3,232768
POC	-0,000004	0,000006	-1,47	0,151	-0,000115	0,000186
ITEDEN	-0,000995	0,001865	0,53	0,597	-0,002804	0,004796
IDEBI	0,056241	0,074481	0,76	0,456	-0,095473	0,207955
IDEBF	0,043313	0,067134	0,65	0,523	-0,093436	0,180062
CONST	-0,230193	0,515399	-0,45	0,658	-1,280028	0,81964
σ	0,156202	0,0061712			0,118182	0,194222

Nota: Número de obs.: 41; LR chi2 (9):15,07; Prob. > chi2: 0,0890; Pseudo R2: -1,9073; Log likelihood: 11,485337

Elaboração: Autor (2024) de acordo com avaliação Tobit.

Na Tabela 9, podem-se observar valores positivos e negativos após as avaliações dos coeficientes da variável dependente com relação as demais variáveis independentes. Os valores positivos indicam que: quanto maior for a eficiência, mais aquela variável será afetada positivamente, portanto quanto maior a eficiência dos serviços prestados, maior é o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Já os valores negativos, indicam que: quanto maior o resultado da variável dependente (EFE) menor o resultado das variáveis independentes que apresentam valores negativos, portanto quanto maior for a eficiência dos serviços prestados, menor o número da Taxa de Mortalidade Infantil (TDMI), isso quer dizer que quanto mais eficientes forem os serviços, um menor número de crianças acabará indo a óbito.

Apesar de algumas variáveis apontarem consistência com a literatura econômica, como quanto maior os indicadores de eficiência dos serviços prestados em água e esgoto maiores serão seu PIB per capita, seu IDH e seus indicadores de educação e enquanto maiores os índices de eficiência nos serviços de água e esgoto menores serão as taxas de mortalidade infantil e de pessoas internadas por dengue. As suas avaliações não apontaram resultados estatisticamente significativos para nenhum valor, sejam eles para 1%, 5% ou 10%.

Na Tabela 10 logo abaixo pode-se observar as estatísticas descritivas utilizadas no ano de 2020, claramente as mesmas utilizadas no ano de 2010 para que seja possível observar se houve melhora ou piora nos serviços prestados juntamente as suas avaliações.

Tabela 10 - Estatísticas Descritivas Tobit 2020

Variáveis	**Medidas**				
	Média	**Mediana**	**Desvio Padrão**	**Máximo**	**Mínimo**
Eficiência	0,72681	0,70628	0,16232	1	0,40359
População	55.884,53	14.728	147.093,69	890.480	2.689
Internações por Diarreia	8,07317	0	23,32101	119	0
PIB per capita	15.794,07	13.002,92	6.458,461	36.375,17	8.593,02
Taxa de Mortalidade Infantil	18,59292	14,52	11,78881	51,72	3,56
IDH	0,63504	0,625	0,04957	0,766	0,558
Pessoal Ocupado	12.933,34	1.368	49.082,34	309.592	211

Internações por Dengue	1,92682	0	5,95982	35	0
IDEB Anos Iniciais	4,54878	4,5	0,58911	6	3,4
IDEB Anos Finais	3,99268	4	0,58582	5,5	2,9

Elaboração: Autor (2024) de acordo com avaliação Tobit.

Observando os dados da Tabela 10 e comparando com os dados da Tabela 8, a população aumentou em média mais de 5 milhões no período analisado. As internações por diarreia reduziram em média em 6 vezes nos últimos dez anos, um dado bastante positivo, considerando que a população está maior e ainda assim menos pessoas estão adoecendo de diarreia que é uma consequência do saneamento precário, indicando que os serviços devem estar melhorando.

O PIB per capita médio dobrou no mesmo período indicando que há mais riqueza dentro do estado, a população aumentou em cerca de 134.702 habitantes segundo IBGE até o último senso realizado em 2022. A Taxa de mortalidade infantil teve uma sutil redução no período indicando que existem melhorias que precisam ser feitas, seja na área de saneamento ou na saúde, o qual não será aprofundado nesta pesquisa.

O valor do IDH dos municípios utilizados para o ano de 2020 será o valor referente ao ano de 2010, devido ao cálculo do IDH ainda não estar disponível para o ano de 2020, por motivo do censo demográfico realizado pelo IBGE (que serve de base para seu cálculo) não ter sido realizado no período em função da pandemia da Covid-19 que ocasionou no atraso do cálculo dos IDHs dos municípios brasileiros.

O pessoal ocupado teve um leve aumento no período, já as internações por dengue reduziram em média 5 vezes. Também houve melhora nos Índices de Desenvolvimento da Educação Básica, tanto para os anos iniciais como para os anos finais. Abaixo temos as avaliações do modelo Tobit para o ano de 2020.

Tabela 11 - Avaliações Tobit para o ano de 2020

Variáveis	Coef.	Erro	T	P > | t |	95% coef. Interval.	
POP	-0,000041	0,001422	-0,03	0,977	-0,002938	0,002855
IPD	-0,002518	0,001514	-1,66	0,106	-0,005604	0,000566
PPC	-0,000004	0,000005	-0,91	0,370	-0,000016	0,000006
TDMI	0,000087	0,002691	0,03	0,974	-0,005395	0,005570

IDH	0,759997	1,324413	0,57	0,570	-1,937744	3,457738
POC	-0,000002	0,000004	-0,65	0,521	-0,000011	0,000006
ITEDEN	0,027983	0,013764	2,03	0,050	-0,000053	0,056020
IDEBI	-0,004168	0,082990	-0,05	0,960	-0,173214	0,164878
IDEBF	-0,010196	0,071232	-0,14	0,887	-0,155292	0,134899
CONST	0,397549	0,577964	0,69	0,497	-0,779726	1,574824
σ	0,164440	0,020013			0,123675	0,205205

Nota: Número de obs.: 41; LR chi2 (9):7,86; Prob. > chi2: 0,5484; Pseudo R2: -0,8730; Log likelihood: 8,4305197

Elaboração: Autor (2024) de acordo com avaliação Tobit.

Analisando os resultados da Tabela 11, pode-se perceber que no ano de 2020, o valor com maior coeficiente de avaliação foi o IDH. Depois do IDH, a variável de maior avaliação são as Internações por Dengue (ITEDEN).

O resultado esperado seria que no ano de 2020 (Tabela 11) as Internações por Dengue tivessem um coeficiente menor, causando uma baixa correlação com a eficiência, já que o número de pessoas internadas foi abaixo do ano de 2010 (Tabela 9) (79 internações para 2020 e 408 para 2010), onde houve uma menor correlação com a eficiência. Um dos fatores que podem explicar tal ocorrido é a distribuição destas internações, fazendo que o modelo acabe mostrando uma menor correlação de uma mesma variável. Este comportamento pode ser explicado da seguinte maneira:No ano de 2010, aproximadamente 171 internações (cerca de 42% do total de internações) foram na capital Natal, enquanto boa parte dos outros municípios analisados não tiveram pessoas internadas por dengue desta forma, fazendo com que a variável concentrasse quase a metade de seus valores na capital Natal e menos para todo o restante.

Apesar de algumas variáveis como o IDH apresentarem consistência com a literatura, no ano de 2020 variáveis como População se mostraram inconsistentes, apresentando valores negativos, o que as avaliações apontam que quanto menor a população, maior a eficiência, o que não se aplica aos estudos sobre o assunto. Porém, tais resultados ocorrem pelo fato de as avaliações não apontarem resultados estatisticamente significativos para nenhum valor, sejam eles para 1%, 5% ou 10%.

Mesmo a literatura especializada apontando que maiores eficiências nos serviços de água e esgotos resultarem em maiores indicadores em educação, os resultados para estas variáveis em 2020 demonstraram efeitos contrários e que a possível explicação para isso deve-se aos seus valores não serem estatisticamente significativos.

Desta forma, as avaliações das variáveis socioeconômicos, de saúde e educação em relação aos indicadores de eficiência nos serviços de água e esgotos apontaram valores distorcidos nos anos estudados (2010 e 2020), enquanto em 2010 (Tabela 9) as avaliações demonstraram valores positivos entre a eficiência e a população, PIB per capita, IDH e os indicadores de educação e resultados negativos com as internações por dengue, por diarreia e taxa de mortalidade infantil e o pessoal ocupado, sendo essa última a única variável que seu resultado não condiz com a literatura especializada.

Já em 2020 (Tabela 11), os resultados foram bem disformes enquanto a literatura acadêmica, apenas o IDH e as pessoas internadas com dengue seguem o comportamento esperado, ao passo que as demais variáveis se comportaram de maneira contrária ao esperado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise da eficiência técnica dos serviços de água e esgoto nos municípios do Rio Grande do Norte obtiveram informações importantes sobre os serviços prestados pela CAERN. A utilização do modelo DEA no primeiro estágio permitiu identificar os municípios eficientes e ineficientes destacando os municípios de maior eficiência na prestação desses serviços nos dois anos analisados (2010 e 2020) como: Ceará-Mirim e São Gonçalo do Amarante que se mantiveram eficientes nos dois períodos. Já na segunda etapa, com o emprego do modelo Tobit, teve como objetivo mostrar a correlação das variáveis utilizadas no modelo DEA com outras variáveis utilizadas no modelo Tobit como: IDH, PIB per capita e níveis de educação com o objetivo de aproximar o estudo da realidade, porém não foram encontradas correlações estatisticamente significativas. Também não identificaram municípios outliers na análise de primeiro estágio (DEA).

Há outros dados que chamam a atenção, considerando os 41 municípios analisados no estudo, apenas 9,75% dos municípios estão com seus valores de eficiência dentro do intervalo de 0,99 a 1 para o ano de 2010, totalizando apenas 4 municípios. Para o ano de 2020, apenas 12,19% atingiram o mesmo resultado, totalizando 5 municípios, um a mais que o ano anterior, uma melhora sutil, ainda mais quando é visto que os municípios de Alto dos Rodrigues e Parelhas faziam parte dos mais eficientes em 2010, mas em 2020 já não faziam mais parte, mostrando uma piora na prestação dos serviços.

Já aos municípios mais ineficientes, com *scores* entre 0,4 e 0,6 totalizam 34,14% para o ano de 2010 e de 29,26% para 2020, mostrando uma redução da ineficiência. Um fato pertinente é que até mesmo os municípios eficientes, não conseguem manter seus serviços eficientes sem aumentar os gastos, como mostrado na Tabela 4, mesmo os mais eficientes como Ceará-Mirim, tiveram de aumentar seus gastos em 114% entre 2010 e 2020 para manter-se eficiente, o mesmo ocorreu a São Gonçalo do Amarante que aumentou os gastos em 150% para se manter com eficiência máxima.

Porém, mais dispendioso do que manter-se eficiente é ser ineficiente. O município de Tibau do Sul aumentou seus gastos em 288% entre 2010 e 2020 e mesmo assim reduziu sua eficiência de 0,532 para 0,403, desta forma, pode-se deduzir que aumentar os gastos não é a principal forma de atingir a eficiência técnica.

Importante frisar que o modelo DEA não requer uma definição anterior da forma funcional da fronteira de eficiência, seus resultados dependem apenas das variáveis escolhidas para análise dos dados e do tamanho da amostra e do período que os dados vão ser avaliados. Portando, à medida que forem escolhidas outras variáveis, tamanho de amostra e período analisado, ainda que se faça a utilização do mesmo método, os resultados serão diferentes.

Desta forma a combinação dos modelos DEA e Tobit ofereceu uma abordagem robusta para a avaliação da eficiência técnica, possibilitando visualizar dados e informações pertinentes que podem ser avaliadas na melhoria dos serviços de água e esgoto nos municípios do Rio Grande do Norte. O estudo contribui não apenas para a compreensão das variáveis que impactam a eficiência, mas também fornece informações para pesquisas e intervenções que visem melhorar a prestação desses serviços.

Mesmo buscando os dados em fontes confiáveis como o SNIS, houve uma grande escassez na oferta de dados, pois dentre 167 municípios do estado do RN, apenas 41 (menos de 25%) possuíam dados suficientes para realizar a análise do estudo. Considerando que foram utilizados apenas 5 parâmetros onde um input e 4 *outputs,* portanto uma análise mais robusta com mais *inputs/outputs* poderia acabar sendo inviável devido a carência de informações, o que impossibilita estudos mais precisos quanto a região Nordeste, para efeito de comparação com outras regiões, a fim de comparar eficiências e gestão de uma determinada região com a Região Nordeste.

Propõe no alcance de outros resultados que possam aferir ou discordar dos encontrados na pesquisa, uma análise com métodos diferentes como método da fronteira estocástica que vai avaliar eventos aleatórios que podem ocorrer com base em probabilidade para assim verificar as probabilidades de

que um IDH baixo pode impactar em uma piora da eficiência, por exemplo ou utilizar o método de regressão multivariada, construindo modelos que descrevam a relação entre várias variáveis, como foi o caso da análise de segundo estágio.

REFERENCIAS

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Plansab** – Plano Nacional de Saneamento Básico. (Documento em revisão submetido à apreciação dos Conselhos Nacionais de Saúde, Recursos Hídricos e Meio Ambiente – versão 25/7/2019). Brasília: MDR/SNS, 2019d. 240 p.

ALCANTARA, Christian Mendez. **Os princípios constitucionais da eficiência e eficácia da administração pública: Estudo comparativo Brasil e Espanha.** Constituição, Economia e Desenvolvimento: Revista da Academia Brasileira de Direito Constitucional. Curitiba, 2009, n. 1, Ago-Dez. p. 24-49.

Aplicação dos instrumentos de política ambiental no Brasil: Avanços e Desafios. In: MOURA, Adriana. Governança ambiental no Brasil. 2016. p.112-145.

ARAÚJO, Flavia. BERTUSSI, Geovana. **Saneamento Básico no Brasil: Estrutura tarifária e regulação.** Planejamento e Políticas Públicas. Brasil. N. 51, p. 166-202, jul/dez. 2018.

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). **SANEAMENTO E COVID**. 1° Semestre. Entre janeiro e março de 2020. Disponível em < https://www.abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2020/06/ABES_Suplemento-saneamento-e-covid-19.pdf >.

BANKER, Rajiv D.; CHANG, Hsihui. ***The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units.*** *European Journal of Operational Research. Elsevier*. 4 *August* 2005.

BARBOSA, A. **Pode a regulação econômica melhorar o desempenho econômico-financeiro e a universalização dos serviços de águas e esgotos no Brasil?** Brasília: SEAE, P.13. 2012.

BONTES, A.; AGUILERA, J. C.; CORDERO, C. **Avaliação de desempenho dos prestadores do setor de saneamento básico.** In: GALVÃO JUNIOR, A. de C.; MELO, A. J. M.; MONTEIRO, M. A. P. (Org.). Regulação do saneamento básico. Barueri: Manole, 2013. p. 275-309.

CARVALHO, A. E. C. **Caminhos para a universalização dos serviços de água e esgotos no Brasil: a atuação das entidades reguladoras para indução da eficiência dos prestadores de serviços. 2014.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Pública, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGP/UFRN), Natal, 2014, 140 p. Disponível em: <https://typeset.io/pdf/caminhos-para-a-universalizacao-dos-servicos-de-agua-e-3p1hq4c35n.pdf >. Acesso em: 09 de março de 2023.

COOK, Wade D.; SEIFORD, Larry M. ***Data Envelopment Analysis (DEA) – Thirty years on. Invited Review.*** *European Journal of Operational Research* 192 (2009) 1-17. *Science Direct. Elsevier*. 2008.

COSTA, Edward Martins. **Financiamento, Alocação de Recursos e Eficiência das Instituições Federais de Ensino Superior – IFES.** Tese (Doutorado). Universidade Federal do Pernambuco – UFPE. Programa de Pós-Graduação de Economia – PIMES. Recife. 2010.

CRUZ, Felipe Ponciano da *et al*. **Eficiência técnica dos Serviços de água e esgoto no Brasil por tipo de atuação e gestão**. Econômica, Niterói, v. 21, p. 45-63, 2019.

CUNHA, Carla Giane Soares da. **Avaliação de Políticas Públicas e Programas Governamentais: tendências recentes e experiências no Brasil.** Mimeo; 2006.

CUNHA, G.; SANTI, A.; PASINATO, A; DALMAGO, G.; PIRES, J.; GOUVÊA, J. **Gestão da produtividade da água em agricultura: o desafio de elevar o rendimento dos cultivos em ambientes com restrição hídrica. Plantio Direto**, Embrapa, 144, p. 27-31, 2014.

DANTAS, Fabiano da Costa. **EFICIÊNCIA NOS GASTOS PÚBLICOS EM EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL: Uma análise nos Municípios do Estado do Rio Grande do Norte, 2007 e 2011.** 2013. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Departamento de Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

DEVELOPMENT, local de publicação, vol. 5, N. º 1, p.35-64, Junho, 2017. Disponível em: < https://ojs.journalsdg.org/jlss/article/view/105/60 >.

FARELL, M. J. ***The Measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society.*** Series A (General), V. 120, N° 3, p. 253-290, March 1957.

FERREIRA, Carlos. **Saneamento e Mortalidade Infantil**. São Paulo em perspectiva, vol. 6, 4° Edição. São Paulo, outubro de 1922. Disponível em: < http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v06n04/v06n04_09.pdf >. Acesso em: 09/12/2022.

FREITAS, F. G. et al. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento.** Relatório de pesquisa produzido para o Instituto Trata Brasil e o Conselho

Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Ex Ante Consultoria Econômica, 2014.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. dos Santos. **Análise envoltória de dados: conceitos e modelos básicos.** In: SANTOS, Maurinho Luiz dos; VIEIRA, Wilson da Cruz. Métodos Quantitativos em Economia. Viçosa, UFV, 2004

GREENE, William H. **Econometric Analysis.** Seventh Edition. New York University. Pearson. 2012.

GUJARATI, Damodar. **Econometria Básica.** Terceira edição. São Paulo: PEARSON, Agosto de 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Dados socioeconômicos sobre as cidades.** 2023. Disponível em: cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 12 out. 2023.

JOURAVLEV, A. **Drinking water supply and sanitation services on the threshold of the XXI century.** Santiago: Cepal, Dec. 2004. (Serie Recursos Naturales e Infraestructura, n. 74).

KUWAJIMA, J. I. et al. **Saneamento no Brasil: proposta de priorização do investimento público.** Brasília: Ipea, no prelo. 2019.

LANDO, G.A.; QUEIROZ, A.P.F.; MARTINS, T.L.C.; **DIREITO FUNDAMENTAL À ÁGUA: O CONSUMO E A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL PELO USO DOS SISTEMAS DE CISTERNA E BIOÁGUA FAMILIAR NAS REGIÕES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.** JOURNAL OF LAW AND SUSTAINABLE

LAZZARETTI, L. **SANEAMENTO BÁSICO E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A SAUDE DA POPULAÇÃO.** TCC – Especialização Gestão em saúde, UFRGS. Porto Alegre. P. 26. 2012.

LEAL, PAÇO, Cidália *et al*. ***The use of DEA (Data Envelopment Analysis) methodology to evaluate the impact of ICT on productivity in the hotel sector.*** *Via Tourism Review,* [S.L.], v. , n. 3, p. 61-63, 1 jan. 2013. *OpenEdition.* 1005. Disponível em: < http://journals.openedition.org/viatourism/1005 >. Acesso em: 27 nov. 2023.

LEONETI, A. B., PRADO, E. L., OLIVEIRA, S. V. **Revista de Administração Pública.** Rio de Janeiro. vol. 45, maio, 2011. Disponível em: < https://www.scielo.br/j/rap/a/KCkSKLRdQVCm5CwJLY5s9DS/?lang=pt# >.

LORENZETT, João Roberto; LOPES, Ana Lúcia Miranda; LIMA, Marcus Vinicius Andrade de. **Aplicação de método de pesquisa operacional (DEA) na avaliação de desempenho de unidades produtivas para área de educação profissional.** Estratégia e Negócios, Florianópolis, v. 3, n. 1, jan./jun. 2010.

LOVELL, C. A. Knox. ***Production frontiers and productive efficiency***. In: FRIED, H.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. ***The measurement of productive efficiency – techniques and applications.*** *Oxford University Press, Forthcoming,* 1992.

MADEIRA, R. F. **O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para universalização do acesso.** Revista do BNDES, Rio de Janeiro, n. 33, p. 123-154, jun. 2010.

MANKIW, G. ***Principles of microeconomics.*** 7. ed. *Stamford: Cengage Learning*, 2015. 328 p.

MEDEIROS, Rodrigo de Vasconcellos Viana; SILVA, Maria Micheliana da Costa; PONTES, Raquel Pereira. I**neficiência nos Serviços de Saneamento e seus Efeitos na Saúde de Crianças.** XIX Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos – XIX ENABER. Anais. Formato Online. 20 a 22 de outubro de 2021.

MELONIO, Antonio Marcos Correia; LUCAS, Vander Mendes. **ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DAS IFES NO USO DE RECURSOS FINANCEIROS: UMA APLICAÇÃO DEA EM DOIS ESTÁGIOS.** Revista de Ciências da Administração, Brasília, Df, v. 21, n. 55, p. 86-100, out. 2019. Disponível em: < https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/62042. Acesso em: 11 jan. 2024 >.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Internações por Diarreia e por Dengue nos Municípios do Rio Grande do Norte.** 2023. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Disponível em: < http://TabNet Win32 3.2: Morbidade Hospitalar do SUS - por local de internação - Rio Grande do Norte (datasus.gov.br) >. Acesso em: 12 out. 2023.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. 2023. Disponível em: http://www.snis.gov.br. Acesso em: 04 ago. 2023.

MIRANDA, R. J. S. **A EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO E O IMPACTO NA GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA EM MINAS GERAIS.** Tese (Mestrado em Economia). - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 105. 2015.

MOKATE, Karen. ***Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿qué queremos decir?*** B*anco Interamericano de Desarrollo, Instituto Interamericano para el Desarrollo Social (INDES). Diseño y gerencia de políticas y programas sociales, junio 1999.*

MOTTA, S. R.; MOREIRA, A. R. B. **Efficiency and Regulation in the Sanitation Sector in Brazil.** IPEA, 29p. Rio de Janeiro, 2004.

OLIVEIRA, A. **Saneamento Básico no Brasil: Limites e Possibilidades de atuação do setor privado.** Tese (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia. Salvador, p.100. 2004.

PEDROSA, V. A. **Práticas Tarifárias do setor de Saneamento Brasileiro.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 6, n. 2, p. 59-71, abr-jun. Porto Alegre, 2001.

PESSANHA, José Francisco Moreira; SOUZA, Reinaldo Castro; LAURENCEL, Luiz da Costa. **Usando DEA na avaliação da eficiência operacional das distribuidoras do setor elétrico brasileiro.** In: XII Congresso Latino IberoAmericano de Investigacion de Operaciones Y Sistemas, Cuidad de La Havana. Cuba, 2004, Anais.

REBOUÇAS, Aldo. **Água no Brasil: Abundância, desperdício e escassez**. Bahia análise de dados, SEI (Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia), n° ESPECIAL., vol. 13, pag. 341-345, 2003.

SCRIPTORE, J. **Impactos do saneamento sobre a saúde e educação: uma análise espacial.** Tese de Doutorado – Faculdade de Economia Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 204. 2017.

SILVA, Alexnaldo Cerqueira da. **Eficiência e Equidade no Gasto com Ensino Público Fundamental nos Municípios Baianos Selecionados: uma estimativa por meio de uma função de bem-estar social.** III Prêmio SOF de Monografia. Qualidade do Gasto Público. 2010.

SILVA, Tarcio Lopes da; MARTINS FILHO, Carlos; RIBEIRO, Eduardo Pontual. **Análise dos modelos não paramétricos DEA e FDH e de seus procedimentos para inferência.** Fórum BNB de Desenvolvimento. XII Encontro Regional de Economia. 2007.

Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS). **Diagnostico dos Serviços de Água e Esgoto.** 24° Edição. Brasília, dezembro de 2019. Disponível em < http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf>. Acessado em: 27/ setembro de 2022 >.

SNIS (**SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO**). Disponível em: < https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/>. Acesso em: 22 ago. 2023 >.

SOUZA, João Carlos Félix; SOUSA, Maria da Conceição Sampaio de; TANNURI-PIANTO, Maria Eduarda. **Modelos não paramétricos robustos de gestão eficiente de agências bancárias: O Caso do Banco do Brasil.** Revista EconomiA. Anpec. Brasília. v. 9, n. 3, p. 601- 623, Setembro/Dezembro 2008.

TRIGO, Priscila Pacheco. **Avaliação da eficiência técnica no ensino básico brasileiro.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto. 2010

TUNDISI, José. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**, Estudos avançados, São Paulo, Vol. 22, 63°, p 7-16, maio de 2009. Disponível em: < https://www.scielo.br/j/ea/a/7gyMPtTzfkYfWWsMHqVLTqm/?lang=pt# >.

UNICEF. **A cada cinco segundos, morre no mundo uma criança com menos de 15 anos.** Disponível em: < https://www.unicef.org/angola/comunicados-de-imprensa/cada-cinco-segundos-morre-no-mundo-uma-crian%C3%A7a-com-menos-de-15-anos#:~:text=A%20maioria%20das%20crian%C3%A7as%20menores,sepse%20neonatal%20e%20a%20mal%C3%A1ria >. Acesso em: 18 de Abril de 2024.

VASCO, Paulo. **Estudo aponta que falta de saneamento prejudica mais de 130 milhões de brasileiros**. Agência Senado, 2022. Disponível em < https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2022/03/estudo-aponta-que-falta-de-saneamento-prejudica-mais-de-130-milhoes-de-brasileiros#:~:text=Estudo%20aponta%20que%20falta%20de,milh%C3%B5es%20de%20brasileiros%20%E2%80%94%20Senado%20Not%C3%ADcias&text=Quase%2035%20milh%C3%B5es%20de%20pessoas,levar%20%C3%A0%20morte%20por%20contamina%C3%A7%C3%A3o >. Acesso em: 03 de agosto de 2022.

WERNECK, J. MARIA, J. **Saneamento básico e sua relação com meio ambiente e saúde pública.** TCC (curso de especialização em análise ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de Engenharia UFJF. Juiz de Fora, p. 36. 2010.