



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**ARIEL MATIAS DE SALES AZEVEDO**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS COMPANHIAS DE SANEAMENTO  
BÁSICO DA REGIÃO NORDESTE UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE  
DADOS**

**MACEIÓ - AL**

**2023**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS COMPANHIAS DE SANEAMENTO  
BÁSICO DA REGIÃO NORDESTE UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE  
DADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de  
Ciências Econômicas, da  
Universidade Federal de Alagoas,  
sob a orientação da professora Dra.  
Verônica Nascimento Brito Antunes  
(UFAL)

**MACEIÓ - AL**

**2023**

**Catlogação na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

A447r Azevedo, Ariel Matias de Sales.

Avaliação da eficiência técnica das companhias de saneamento básico da região nordeste utilizando a análise envoltória de dados / Ariel Matias de Sales Azevedo. – 2023.

63 f. : il.

Orientadora: Verônica Nascimento Brito Antunes.

Monografia (Trabalho de Conclusão Curso em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 56-58.

Anexos: f. 59-63.

1. Saneamento básico - Brasil, Nordeste. 2. Análise Envoltória de Dados. 3. *Data Envelopment Analysis*. 4. Políticas públicas. 5. Novo Marco do Saneamento. I. Título.

CDU: 628(812/813)



### ATA de Sessão Pública de Defesa de Monografia

Aos 30 (trinta) dias do mês de **junho**, do ano **2023** realizou-se no ambiente virtual, Plataforma Teams (link: <https://encurtador.com.br/ckuU3>), a sessão de defesa pública da monografia: ***AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS COMPANHIAS DE SANEAMENTO BÁSICO DA REGIÃO NORDESTE UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS***, de autoria do discente **ARIEL MATIAS DE SALES AZEVEDO**.

A banca examinadora foi composta pelos professores:

**Verônica Nascimento Brito Antunes (Orientador);**  
**Anderson Moreira Aristides dos Santos (Avaliador 1)**  
**Thyago Celso Cavalcante Nepomuceno (Avaliador 2);**

Deu início ao trabalho às 16 horas e 50 minutos. Após o aluno ter apresentado e respondido às questões formuladas, por cada um dos membros da banca, estes reuniram-se reservadamente para fazer o julgamento.

O presidente anunciou aos presentes o seguinte parecer:

- Aprovado (x)
- Reprovado ( )

Com as notas apresentadas pela banca: 8,5; 8,5; 8,5, com a média de oito e meio (8,5). Nada mais havendo a discutir, a sessão de defesa de monografia foi encerrada e lavrada a presente Ata, sendo assinada pelos representantes da banca.

Maceió, 30 de junho de 2023.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** VERONICA NASCIMENTO BRITO ANTUNES  
Data: 30/06/2023 19:03:54-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
(Orientador);

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ANDERSON MOREIRA ARISTIDES DOS SAN  
Data: 30/06/2023 22:32:11-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
(Avaliador 1);

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** THYAGO CELSO CAVALCANTE NEPOMUCEI  
Data: 02/07/2023 09:14:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
(Avaliador 2);

\_\_\_\_\_  
Coordenador do Curso de Economia

Dedico

A minha mãe, a maior incentivadora dos meus estudos. E ao meu do passado que escolheu esse caminho.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente à minha família, especialmente à minha mãe, Lindinalva, que desde sempre apoiou meus estudos; e à influência do meu pai, Ronaldo. Também agradeço aos meus amigos de infância, que me acompanham e me dão suporte há praticamente metade da minha vida, em específico ao Jonatas e Everaldo. Meus agradecimentos também se estendem aos meus amigos da academia, Raul e Letícia, que me ajudaram durante a jornada acadêmica e nunca me permitiram desistir do curso.

“Comemore, você ainda vive!”

(Morgana)

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a eficiência técnica das companhias regionais de saneamento básico no estado do Nordeste no período de 2015 a 2019. A metodologia utilizada para essa análise foi a DEA, e os dados foram obtidos através do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). O estudo detalhou os resultados referentes aos outputs do modelo construído e identificou as áreas em que as companhias precisam melhorar para atingir a eficiência técnica desejada. Foi constatado que a variável com maior impacto para o aumento da eficiência foi o número de ligações ativas de esgoto. Os resultados indicaram que apenas três das nove companhias regionais foram consideradas eficientes ao longo de toda a série histórica, o que evidencia a necessidade de melhorias no setor de saneamento no Nordeste. Diante disso, torna-se claro a importância de aumentar os investimentos e despesas nesse setor, em consonância com a proposta de viabilização da participação do setor privado no setor de saneamento trazida pelo Novo Marco.

**Palavras-chave:** Saneamento Básico, Análise Envoltória de Dados, DEA, Saneamento básico no Nordeste, Políticas Públicas, Novo Marco do Saneamento.

## **ABSTRACT**

This study aimed to analyze the technical efficiency of regional basic sanitation companies in the Northeast state of Brazil from 2015 to 2019. The DEA (Data Envelopment Analysis) methodology was used for this analysis, and the data was obtained from the National Sanitation Information System (SNIS). The study provided detailed results regarding the outputs of the constructed model and identified the areas in which the companies need to improve to achieve the desired technical efficiency. It was found that the variable with the greatest impact on efficiency improvement was the number of active sewer connections. The results indicated that only three out of the nine regional companies were considered efficient throughout the entire historical period, highlighting the need for improvements in the sanitation sector in the Northeast. Therefore, it becomes clear the importance of increasing investments and expenses in this sector, in line with the proposal to promote private sector participation in sanitation brought by the New Sanitation Framework.

**Keywords:** Basic Sanitation, Data Envelopment Analysis, DEA, Sanitation in the Northeast, Public Policies, New Sanitation Framework.

### **Lista de quadros**

<b>Quadro 1</b> - Arcabouço jurídico que impacta e rege o saneamento básico.....	20
<b>Quadro 2</b> - Quadro resumo de variáveis Input-Output.....	32

## Lista de Gráficos

<b>Gráfico 1:</b> Gráfico modelo, DEA-BCC.....	31
--	----

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1</b> - Volume total de água produzida, consumida, esgoto coletado e esgoto tratado pelas companhias regionais de administração pública - Brasil e Nordeste - 2015 à 2019 (em mil m <sup>3</sup> ).....	19
<b>Tabela 2</b> - Participação das despesas de pessoal próprio (FN010) e de serviços de terceiros (FN014) na DEX (FN015).....	35
<b>Tabela 3</b> - Participação das despesas de pessoal próprio (FN010) na DEX (FN015).....	36
<b>Tabela 4</b> - Participação das despesas de serviços de terceiros (FN014) na DEX (FN015).....	36
<b>Tabela 5</b> - Estatística Descritiva.....	38
<b>Tabela 6</b> - Série Histórica das eficiências das companhias de saneamento do Nordeste 2015-2019 - DEA-BCC Orientação Output.....	40
<b>Tabela 7</b> - Frequência das companhias do Nordeste que surgem como modelo 2015-2019.....	41
<b>Tabela 8</b> - Índice de atendimento total de água (IN055) - 2015 à 2019.....	42
<b>Tabela 9</b> - Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (IN010) - 2015 à 2019.....	43
<b>Tabela 10</b> - Índice de hidrometração (IN009) - 2015 à 2019.....	43
<b>Tabela 11</b> - Resultado detalhado do output volume de água consumido e o percentual necessário para a eficiência - 2015 à 2019.....	44
<b>Tabela 12</b> - Volume de água perdida em KM <sup>3</sup> - 2015 à 2019.....	46
<b>Tabela 13</b> - Resultado detalhado do <i>output</i> extensão de rede de água e o percentual necessário para a eficiência - 2015 à 2019. ....	46
<b>Tabela 14</b> - Despesas de exploração (FN015) dividido pela extensão de rede de água (AG005) - 2015 à 2019 (em mil reais).....	47
<b>Tabela 15</b> - Densidade de ligações ativas de água - 2015 à 2019.....	48
<b>Tabela 16</b> - Resultado detalhado do <i>output</i> quantidade de ligações ativas de água o percentual necessário para a eficiência - 2015 à 2019. ....	49
<b>Tabela 17</b> - Resultado detalhado do <i>output</i> ligações ativas de esgoto e o percentual necessário para a eficiência - 2015 à 2019.....	50
<b>Tabela 18</b> - Relação entre a quantidade de ligações ativas de água (AG002) pela quantidade de ligações ativas de esgoto (ES002) - 2015 à 2019.....	51

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>14</b>
<b>2.</b>	<b>Referencial teórico.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Panorama geral do saneamento brasileiro.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.</b>	<b>Um breve histórico do saneamento básico e suas políticas públicas.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Leis regentes sobre saneamento básico no Brasil.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2</b>	<b>O Novo Marco Legal do Saneamento Básico.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.2.1</b>	<b>Licitações e contratações em bloco.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>O caso de privatização da concessão de fornecimento de água e coleta e tratamento de esgoto da região metropolitana de Maceió.....</b>	<b>26</b>
<b>3.</b>	<b>A análise envoltória de dados aplicada ao saneamento.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.</b>	<b>O uso da DEA no saneamento básico: uma revisão de literatura.....</b>	<b>30</b>
<b>4.</b>	<b>Metodologia.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Coleta de dados e modelo utilizado.....</b>	<b>34</b>
<b>5.</b>	<b>Análise dos resultados.....</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Output volume de água consumido (AG010).....</b>	<b>45</b>
<b>5.2</b>	<b>Output extensão de rede de água (AG005).....</b>	<b>47</b>
<b>5.3</b>	<b>Output quantidade de ligações ativas de água (AG002).....</b>	<b>49</b>
<b>5.4</b>	<b>Output quantidade de ligações ativas de esgoto (ES002).....</b>	<b>50</b>
<b>6.</b>	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>53</b>
	<b>Referências.....</b>	<b>56</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>59</b>

## 1 Introdução

Um dos principais desafios do setor público brasileiro é encontrado no setor de saneamento básico. Segundo os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2001), nos anos 2000, cerca de 54% da população brasileira tinha acesso ao abastecimento de água, e em 2019 esse valor cresceu para 59%. Em termos absolutos, esse número foi de 95 milhões para 126,4 milhões. A situação se torna mais preocupante ao analisarmos os números de pessoas com acesso ao esgotamento sanitário, que era de 22% e chegou a 35%, em 2019. Isso significa que dois terços da população brasileira ainda descartam seus dejetos de forma inadequada, causando poluição ambiental, principalmente nos lençóis freáticos e águas subterrâneas.

Na região Nordeste, onde se observa para o ano de 2019, que 70,1%, da população com acesso ao abastecimento de água e somente 24,74% com acesso ao esgotamento sanitário (SNIS, 2020).

O baixo índice de acesso ao esgotamento sanitário pode impactar diretamente na contaminação das águas pluviais, superficiais e dos lençóis freáticos, uma vez que o esgoto sanitário sem coleta e tratamento adequados pode ser descartado nesses locais (TERA, 2017). Influenciando negativamente a saúde da população e, por esse motivo, investimentos no setor de saneamento básico acabam prevenindo doenças que afetariam diretamente o setor de saúde (ANA, 2017). De acordo com o Sistema Único de Saúde (SUS), para cada dólar investido em saneamento básico, economizam-se quatro no setor de saúde (OMS, 2012). Considerando que a Constituição Federal brasileira estabelece a saúde como um direito público e que o saneamento básico é um dever comum entre todas as esferas do poder público brasileiro (federal, estadual e municipal)<sup>1</sup>. Fica evidente a necessidade de investir e intervir, de forma urgente, neste setor, uma vez que apenas uma parcela da população tem acesso ao saneamento básico.

Uma das formas de contribuir na solução desse problema é por meio da utilização da Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA). Com o uso dessa ferramenta, é possível analisar o desempenho entre as empresas ou

---

<sup>1</sup> O Art.23 da Constituição Federal versa que *“É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:” “...” “VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;” “...” “XI - registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios;”*

unidades que atuam em setores semelhantes e a depender da modelação feita, indicar quais variáveis precisam de maior empenho.

À vista disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência técnica das nove companhias de saneamento da região Nordeste, tomando como referência o período de 2015 a 2019. Pretende-se, dessa forma, examinar a variação do ranking de escores de eficiência entre tais companhias ao longo do período mencionado, utilizando o modelo DEA e indicadores do próprio SNIS como informações suporte para análise, com o intuito de determinar qual unidade apresenta o melhor desempenho em termos de eficiência. Os dados utilizados podem ser encontrados na série histórica do SNIS, e o programa utilizado foi o Open Source DEA (OSDEA), com as instruções do professor Leonardo Flach.

Além desta introdução e da conclusão, o trabalho foi dividido da seguinte forma: referencial teórico, com seus determinados subtópicos, apresentando um breve histórico do acesso à água, além das políticas públicas; revisão de literatura da metodologia empregada e sua aplicação no setor de saneamento; Análise dos resultados e discussão; Considerações Finais.

## 2. Referencial teórico

Saneamento, de acordo com a OMS, refere-se ao controle dos fatores ambientais que têm efeitos prejudiciais à saúde física, mental e social das pessoas. Além disso, o saneamento abrange um conjunto de medidas que visam preservar as condições ambientais, com o propósito de aprimorar a qualidade de vida da população e facilitar o desenvolvimento econômico.

Conforme a definição da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020), o saneamento básico abrange um conjunto de serviços públicos e infraestruturas relacionadas ao abastecimento de água potável e ao esgotamento sanitário. Esses dois elementos serão o foco deste estudo sobre saneamento. Além disso, é importante mencionar que o saneamento básico também abarca outras áreas, como limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

É fato que o saneamento básico como monopólio natural tem um alto custo inicial de investimento no capital fixo e na manutenção de sua infraestrutura. O monopólio natural possui como uma de suas principais características um alto custo fixo inicial de investimento e um baixo custo marginal de produção, além de apresentar algumas falhas de mercado, sendo a principal delas a ineficiência no sentido de Pareto (VARIAN, 2015, p.644).

Além dessa característica de monopólio natural, o setor de saneamento apresenta um longo tempo de retorno financeiro para os projetos, o que reduz o incentivo para financiamento tanto por parte do setor privado quanto do setor público (Turolla, 2003). Isso acaba afastando o setor privado do financiamento, em contraste com o setor público, uma vez que os retornos demoram a serem percebidos pela população. Por motivos políticos, os investimentos no setor acabam sendo postergados.

O setor de saneamento demanda consideráveis investimentos financeiros e um longo período de tempo para alcançar a universalização do saneamento básico - uma realidade já conquistada pelos países de alta renda. Para países que ainda estão lutando para universalizar o saneamento, como o Brasil, o cenário é particularmente desafiador. A gestão do saneamento com base inteiramente em sistemas públicos pode ser problemática. Além das altas demandas de investimento,

tais países geralmente enfrentam restrições fiscais que complicam ainda mais a realização dos investimentos necessários. No Brasil, a situação é agravada pela baixa eficiência e pelas grandes perdas nos sistemas de saneamento em operação (Turolla, 2003).

Além disso, todos os componentes do saneamento básico - abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais - exigem substanciais recursos financeiros. Esses recursos têm sido majoritariamente provenientes do financiamento público, uma prática comum na maioria dos países. Essa dependência decorre da natureza monopolista do setor de saneamento, bem como das questões de escala e das dificuldades estruturais enfrentadas pelos municípios, incluindo alto endividamento, infraestrutura insuficiente, base tributária limitada e fragilidades de gestão (Kuwajima 2019, Apud Kuwajima, 2020).

Para atingir a universalização do atendimento ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário, foi aprovada a Lei Federal nº 14.026 no ano de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento. O novo Marco do Saneamento alterou um conjunto de leis referentes aos recursos hídricos e saneamento com o intuito de melhorar a regulação nesse setor. As novas alterações conferiram competência à Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) para criação de normas relacionadas ao manejo de resíduos sólidos, drenagem de águas pluviais, metas de universalização do saneamento, redução da perda de água, regulação tarifária, entre outros aspectos. Outro ponto importante a ser salientado é que o novo Marco facilitou as Parcerias Público-Privadas (PPPs) (ANA, 2020).

A facilitação da desestatização no setor de saneamento prevista pelo novo marco, teve como contrapartida que todos os contratos de privatização devem cumprir a meta de cobertura de 99% de atendimento de água e 90% na captação e tratamento de esgoto até 2033. Além disso, a empresa vencedora da licitação deve demonstrar que seu projeto tem viabilidade financeira, ou seja, que ela poderá se manter sem ajuda financeira direta do Estado. Vale lembrar que o setor de saneamento básico tem uma estrutura de monopólio natural, sendo assim, mesmo com a concessão do setor para iniciativa privada, o governo manteve o direito de monopólio para a empresa vencedora do contrato, por esta razão, nasce a necessidade de uma forte regulação do Estado via ANA (BRASIL, 2020).

Diferentemente do setor privado, as empresas públicas atuam com o objetivo de atender às demandas da população e não apenas visando ao lucro como

indicador de eficiência. Para acompanhar essa atuação, o Governo Federal coleta e divulga anualmente os dados sobre saneamento no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Além dos dados agregados e desagregados sobre saneamento, existem indicadores que são utilizados como guias na gestão das companhias e autarquias. Um exemplo são os indicadores de perdas<sup>2</sup>, que foram os principais indicadores para a gestão da Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) entre 2019 e 2020.

Mesmo após a concessão do monopólio da distribuição de água para o setor privado, esses indicadores devem ser levados em consideração. No entanto, é importante ressaltar que a simples melhora desses indicadores não garante a plena eficiência dos recursos. Como boa parte dos monopólios naturais, o ramo do Saneamento Básico é marcado com os altos custos fixos no capital inicial. A consequência dessa característica é o dilema entre eficiência produtiva e eficiência alocativa, além do baixo incentivo ao investimento. E é por este motivo que boa parte do mundo organiza o seu sistema de Saneamento Básico na gestão pública. (Turolla, 2003).

## **2.1 Panorama geral do saneamento brasileiro**

Como mencionado anteriormente, a gestão de recursos hídricos enfrenta diversos desafios, incluindo a perda de água durante a distribuição e o consumo não consciente por parte dos usuários, bem como as ligações clandestinas. Além disso, a coleta e o tratamento de esgoto apresentam um baixo volume em relação à água fornecida.

A Tabela 1 apresenta os dados referentes ao volume de água produzido (AG006), água consumida (AG010), volume de coleta de esgoto (ES005) e volume de esgoto tratado (ES006) pelas companhias regionais saneamento básico, de economia mista com administração pública no Brasil. É importante frisar que todos os valores abaixo são referentes às companhias de saneamento básico regionais, com fornecimento de água e coleta de esgoto, e a natureza jurídica sendo empresas

---

<sup>2</sup> Os indicadores em questão são: IN013 - Índice de perdas faturamento; IN049 - Índice de perdas na distribuição; IN050 - Índice bruto de perdas lineares; IN051 - Índice de perdas por ligação

mistas com administração pública. As outras companhias da tabela referem-se somente a todas as outras companhias do Brasil, excluindo as do Nordeste.

<b>Tabela 1</b> - Volume total de água produzida, consumida, esgoto coletado e esgoto tratado pelas companhias regionais de administração pública - Brasil e Nordeste - 2015 à 2019 (em mil m <sup>3</sup> )						
Região	Variável	2015	2016	2017	2018	2019
Brasil	AG006	10.268.251	10.520.697	10.624.591	10.588.613	10.897.019
Brasil	AG010	6.337.540	6.373.520	6.430.229	6.373.761	6.195.724
Brasil	ES005	2.844.988	2.968.025	3.034.601	3.073.459	3.156.551
Brasil	ES006	2.303.560	2.475.038	2.549.331	2.587.338	2.685.711
Nordeste	AG006	2.894.919	2.840.594	2.842.278	2.742.093	2.852.198
Nordeste	AG010	1.507.298	1.480.257	1.463.592	1.423.374	1.466.927
Nordeste	ES005	516.560	560.811	538.638	571.477	549.303
Nordeste	ES006	480.535	528.984	511.586	544.121	519.892
Outras Comp.	AG006	7.373.332	7.680.103	7.782.313	7.846.520	8.044.821
Outras Comp.	AG010	4.830.242	4.893.263	4.966.637	4.950.387	4.728.797
Outras Comp.	ES005	2.328.428	2.407.214	2.495.963	2.501.982	2.607.248
Outras Comp.	ES006	1.823.025	1.946.054	2.037.745	2.043.217	2.165.819

**Fonte: Elaboração Própria, com base no banco de dados do SNIS (2023).**

A partir da Tabela 1, é possível extrair informações importantes. No período analisado, o Brasil aumentou seu volume de água perdida de 38,28% para 43,14%, enquanto o volume produzido aumentou 6,12% e o consumo caiu cerca de 2%. Já a região Nordeste apresentou um cenário estável, mantendo-se em 49%, com queda de aproximadamente 1,48% no volume produzido e 2,68% no volume consumido. Embora tenha obtido melhores resultados absolutos em comparação com outras companhias, ela não apresentou uma melhoria percentual significativa. As demais companhias tiveram uma queda na relação entre o volume de consumo de água e água produzida, de 65,51% para 58,78%, enquanto o nordeste foi de 52% para 51,44%.

No entanto, um fato preocupante reside na coleta de esgoto. No Brasil, em relação à quantidade de água produzida, apenas cerca de 23% do esgoto foi tratado em 2015, com uma ligeira melhora de 2 pontos percentuais em 2019. No nordeste, o volume de esgoto tratado foi de apenas 17% em 2015, com uma melhoria de 19%

em 2019. Além disso, considerando as perdas de água durante o processo de fornecimento, é importante analisar o volume de esgoto tratado em relação ao volume de água consumido. No Brasil, em 2015, apenas 36,35% da água consumida foi tratada, com uma melhora de 43,35%. No nordeste, esses valores foram de 31,88% e 35,43%, respectivamente.

Levando em consideração que cada etapa da cadeia da água - que compreende captação, produção, consumo de água, coleta de esgoto e tratamento de esgoto - apresenta um volume de perda, podemos afirmar que nas primeiras etapas a perda é caracterizada como água limpa ou potável. A partir do consumo de água, a "perda" é representada pelos efluentes que são despejados de forma inadequada no meio ambiente.

Apesar da melhora percentual, em termos absolutos, o volume de água desperdiçado durante as primeiras etapas da distribuição aumentou de 3,9 bilhões de m<sup>3</sup> em 2015 para 4,7 bilhões de m<sup>3</sup> em 2019. No nordeste, esse valor não sofreu alterações, mantendo-se em cerca de 1,38 bilhões de m<sup>3</sup>. Por outro lado, o volume de esgoto descartado de forma inadequada diminuiu ao longo dos anos, passando de 4 bilhões de m<sup>3</sup> para 3,5 bilhões de m<sup>3</sup>.

## **2.2. Um breve histórico do saneamento básico e suas políticas públicas**

No Brasil, a partir de 1830, algumas cidades como Recife (1838), Maceió (1846), Salvador (1852), São Luís (1855), Porto Alegre (1861), Fortaleza (1867), Belém (1881) desenvolveram seus serviços de abastecimento de água fornecidos via setor privado, sendo restrito aos bairros com maior poder econômico (Rezende e Reller, 2008 apud Castro, 2021, p.34) . E mesmo entre o fim do século XIX e início do século XX, apenas algumas poucas cidades tinham abastecimento de água, e as firmas que atuavam no setor, em sua maioria tinham em sua composição capital privado e inglês (LORIS, 2009 apud Castro, 2021).

Com o aumento da demanda por água devido à expansão agrícola, à industrialização e ao crescimento populacional ocorrido no final do século XIX, o governo iniciou timidamente a criação de um arcabouço jurídico sobre o assunto, estabelecendo critérios de distribuição de água e formas de financiamento para

obras de infraestrutura, com o objetivo de expandir o acesso a esse recurso (Castro, 2021).

Uma das soluções encontradas pelo Estado brasileiro para lidar com o problema foi a terceirização dos serviços de captação e distribuição de água, exemplificada pelo contrato estabelecido com a Companhia Cantareira de Águas e Esgotos, localizada no estado de São Paulo. No entanto, a referida companhia enfrentou dificuldades financeiras e declarou insolvência em 1890 (Castro, 2021). Por esses e outros motivos, torna-se evidente a necessidade de intervenção estatal no setor de abastecimento de água.

Apesar da preocupação do governo imperial com as secas no nordeste entre 1844 e 1889, até então, devido à sua abundância em grande parte do país, o direito à água era frequentemente confundido com o direito à terra e seus recursos naturais (Silvestre, 2008). Somente durante o período Vargas, a gestão hídrica adquire uma nova dinâmica devido aos incentivos oferecidos pelo governo da República Nova à industrialização e às obras de infraestrutura. Com o crescente processo de urbanização no Brasil, surgem duas novas demandas significativas em relação aos recursos hídricos: a demanda urbana e a demanda industrial. No caso da indústria, destaca-se o uso da água para a geração de energia, além do consumo direto pela população urbana. Após intensos debates, em 1934, foi promulgado o Código de Águas (Castro, 2021).

O Código de Águas, instituído pelo Decreto nº 24.643 de 1934, embora tenha quase 90 anos, ainda exerce influência na forma como o Estado administra seus recursos hídricos, uma vez que a Lei 9.433/1997 não o revogou completamente, mas modificou alguns de seus princípios (Silvestre, 2008). Esse Código estabelecia uma classificação das águas em três categorias: águas públicas (Capítulo I), águas comuns (Capítulo II) e águas particulares (Capítulo III).

Conforme estabelecido pelo no referido Decreto, foram definidas como "águas públicas de uso comum" as correntes, canais, lagos e lagoas navegáveis ou flutuáveis (exceto lagos e lagoas situados em um só prédio particular e não alimentados por corrente de uso comum), assim como as correntes que os tornam navegáveis ou flutuáveis e os braços de quaisquer correntes públicas que afetem as condições de navegabilidade ou flutuabilidade. Além disso, incluem-se as fontes e

reservatórios públicos e as nascentes que constituam uma cabeceira de rio. Por outro lado, o Código classifica como "águas comuns" as correntes não navegáveis ou fluviáveis e que não contribuem para essas condições. Por fim, as "águas privadas" são caracterizadas como nascentes e todas as águas localizadas em terrenos particulares que não se enquadrem nas categorias de águas comuns a todos, águas públicas ou águas comuns.

Além disso, a utilização das águas públicas na agricultura, indústria ou higiene estará sujeita à uma concessão administrativa se for de interesse público, ou autorização se for em benefício particular, exceto para quantidades insignificantes. As outorgas são atribuídas pela União, pelos estados ou pelos Municípios, dependendo do domínio das águas, enquanto a produção de energia é de competência do governo federal, com possibilidade de transferência para os estados em determinados casos (Silvestre, 2008).

No entanto, o Código regulamentou apenas as outorgas para a indústria hidrelétrica, deixando de lado outros usos e a possibilidade de cobrança pelo uso das águas públicas. Esse cenário decorre de fatores como a dificuldade de controlar as outorgas em um país de grandes dimensões, a percepção da importância da água para a indústria e a urbanização, os altos custos e a inviabilidade técnica para aquele período, além das prioridades estabelecidas pelo Governo para transporte e geração de energia. O Código concentra-se em impedir a obstrução do curso das águas e alterações em seu volume temporal para garantir o fornecimento de água para a hidroeletricidade, considerando a necessidade de um fluxo mínimo para essa finalidade (Silvestre, 2008).

### **2.2.1 Leis regentes sobre saneamento básico no Brasil**

Segundo o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), por meio das diretrizes para a definição da política e elaboração do plano de saneamento básico, a Lei Nº 11.445 de 2007, que estabelece que a Política Pública, descrita no artigo 9º, e o Plano de Saneamento Básico, descrito no artigo 19, são os principais instrumentos de gestão dos serviços de saneamento. Além disso, a diretriz

menciona diversas outras leis e resoluções relacionadas ao assunto, as quais estão listadas no Quadro 1 abaixo:

**Quadro 1** - Arcabouço jurídico que impacta e rege o saneamento básico

LEI	OBJETIVO
Lei 10.257/01 – Estatuto das Cidades.	Estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Ela também prioriza que as construções de infraestrutura energética, telecomunicações, abastecimento de água e saneamento detém prioridade frente a outras.
Lei 14.026/20 – Marco Legal do Saneamento Básico.	Tem como principal objetivo universalizar o saneamento básico, e para tal, viabilizou novas formas de financiamento direcionados para o setor e renovou todo o arcabouço jurídico referente para sua viabilização.
Lei 11.107/05 – Lei de Consórcios Públicos.	Dispõe normas gerais referente a contratação de consórcios públicos para a realização de objetivos de interesse em comum, aplicando-se à União, Distrito Federal, Estados e Municípios. Tais atividades estão ligadas a: a gestão de bens públicos, fomento do setor privado, poder de polícia e prestação de serviços públicos. A lei 14.026/20, ainda inclui que todas as licitações para o setor de saneamento básico devem seguir o art. 175 da Constituição.
Lei 8.080/1990 – Lei Orgânica da Saúde.	Complementa a Constituição Federal e institui o Sistema Único de Saúde, delegando tarefas indispensáveis do saneamento básico a ele. Dentre elas: participação na formulação da política pública e sua execução; todos os conveniados ao SUS, tanto privado quanto público, devem seguir o princípio de integração executiva das ações de saúde, meio ambiente e saneamento básico; entre outros.
Lei 8.987/1995 – Lei de Concessão e Permissão de Serviços Públicos.	Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências.

Lei 11.124/05 – Lei do Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social.	Dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS e institui o Conselho Gestor do FNHIS. Os recursos do FNHIS podem ser utilizados para a construção de infraestrutura de saneamento básico.
Lei 9.433/1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos.	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal.
Portaria 518/04 do Ministério da Saúde	Definem os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle de qualidade da água para consumo humano
Decreto 5.440/05 do Ministério da Saúde	Definem os procedimentos e responsabilidades relativos à informação ao consumidor sobre a qualidade da água.
<b>Fonte:</b> Elaboração própria (2023).	

Além desses dispositivos, a diretriz pede para considerar, quando já formulados, os seguintes normativos de âmbito local e regional: Lei Orgânica Municipal, Plano Diretor do Município e o Plano Local de Habitação de Interesse Social. Resoluções das Conferências Municipais da Cidade, de Saúde, de Habitação, de Meio Ambiente e de Saúde Ambiental. Protocolo de Intenções que define o Consórcio de Saneamento na hipótese do Plano de Saneamento Básico para a Gestão Associada. Os Planos das Bacias Hidrográficas onde o Município está inserido.

### 2.2.2 O Novo Marco Legal do Saneamento Básico

A Lei 14.026/2020, intitulada "Novo Marco Legal do Saneamento Básico", aborda as principais atualizações relacionadas ao saneamento básico. Entre elas, destacam-se a meta de universalização do acesso à água potável em 90% e à coleta de esgoto em 70%. Além disso, a competência de regularização, estabelecimento de normas e padronização da água passa a ser atribuída à Agência

Nacional de Água (ANA). Outra mudança significativa é o estímulo à regionalização, visando a eficiência de escala e considerando as particularidades de cada região. Isso ocorre porque não é viável aplicar as mesmas regras uniformemente em todo o país.

### **2.2.2.1 Licitações e contratações em bloco**

Com o novo Marco, tornou-se obrigatória a abertura de licitação pelos estados e municípios ao contratar um novo serviço de saneamento básico. Antes da promulgação da Lei, existia a possibilidade de firmar os chamados "contratos de programa". Esses contratos eram baseados na Lei nº 11.445/2007 e permitiam que o poder público contratasse o serviço de uma estatal sem a necessidade de licitação, concedendo, assim, o monopólio às estatais de saneamento básico. Com isso, pretende-se promover uma maior participação das empresas privadas, uma vez que, em 2020, apenas 3% das empresas atuantes eram privadas (Roubicek, 2020).

Com as licitações, o fornecimento dos serviços torna-se mais transparente, uma vez que o processo de seleção segue os princípios de competitividade, eficiência e transparência. Vale ressaltar que, apesar do maior incentivo à participação do setor privado, as estatais ainda podem vencer as licitações e continuar prestando os serviços. Além disso, até 2022, os contratos vigentes podiam ser renovados por mais 30 anos, desde que fossem incorporadas as novas metas de universalização do saneamento e/ou as novas exigências locais, como exigências ambientais locais, por exemplo (Roubicek, 2020).

Nesse sentido, foi introduzida uma nova possibilidade no âmbito do marco legal do saneamento básico, que é a licitação ou contratação por bloco. Essa abordagem permite agrupar os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em lotes ou blocos geográficos para efeitos de contratação. Anteriormente, era comum celebrar contratos de saneamento de forma individualizada para cada município, o que frequentemente resultava na fragmentação dos serviços e dificuldades para expandi-los e buscar eficiência.

Dessa forma, o objetivo é promover a regionalização dos serviços de saneamento, permitindo a união de municípios em um único contrato ou consórcio.

Essa abordagem regional pode trazer benefícios como a otimização de investimentos, ganhos de escala, compartilhamento de infraestrutura e conhecimento técnico, além de oferecer maior sustentabilidade econômico-financeira aos contratos.

Os blocos podem ser formados por municípios vizinhos ou por regiões com características semelhantes, levando em consideração aspectos como viabilidade técnica e econômica dos serviços. A definição dos blocos e a realização das licitações ou contratações por bloco são de responsabilidade dos entes federativos, que devem considerar as peculiaridades locais e buscar a melhor forma de organizar a prestação dos serviços de saneamento.

Entretanto, uma das críticas tecidas em relação ao novo marco diz respeito à forma como é feita a regionalização. Alega-se que a iniciativa privada estaria interessada apenas nas cidades superavitárias, deixando as de menor renda ou com menor retorno de investimento para as concessões públicas. Outro ponto destacado é a omissão em relação à obrigatoriedade de investimento nos blocos regionalizados, uma vez que o cumprimento do plano regional não é exigido de forma compulsória (art. 17º). Além disso, estão sujeitos à viabilidade econômica da prestadora, o que permite futuros adiantamentos e revisões, dependendo da situação. Adicionalmente, a Lei também revogou disposições, mais especificamente o artigo 10º, que protegiam populações rurais mais vulneráveis. Essa lei permitia a contratação de operadores comunitários por meio de convênios, o que permite ao prestador utilizar métodos alternativos e descentralizados em áreas rurais, remotas ou em núcleos urbanos informais consolidados, sem comprometer a cobrança (Sousa, 2020).

### **2.3 O caso de privatização da concessão de fornecimento de água e coleta e tratamento de esgoto da região metropolitana de Maceió**

O primeiro caso de concessão para prestação de serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto, após a promulgação do novo marco legal do saneamento, ocorreu na região metropolitana de Maceió em dezembro de 2020. A empresa vencedora do leilão foi a BRK Ambiental, que já atuava em várias cidades dos estados da Bahia, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Pará,

Pernambuco (RMR), Rio de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins (BRK Ambiental, 2023).

Todo o processo licitatório e de concessão foi conduzido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), com o auxílio do consórcio EY/FELSBURG/MUZZI/EMA. Este último foi responsável pelos estudos que viabilizaram o melhor modelo de negócios para essa ocasião. Nesse sentido, o modelo outorgado dividiu o estado em três grandes blocos de municípios para concessão, mantendo a CASAL responsável pelos serviços de captação e tratamento de água nos blocos A e B (CARVALHO, 2021).

O bloco que passou pelo processo de leilão em 2020 foi o bloco A, que representa a região Metropolitana de Maceió, que é composta por: Atalaia, Barra de Santo Antônio, Barra de São Miguel, Coqueiro Seco, Maceió, Marechal Deodoro, Messias, Murici, Paripueira, Pilar, Rio Largo, Santa Luzia do Norte, Satuba. Destas, Atalaia, Barra de Santo Antônio e Marechal Deodoro eram atendidos por autarquias municipais. De acordo com contrato, o principal meio de fonte de receita do vencedor do leilão, é a arrecadação tarifária, entretanto, nas três cidades que eram atendidas pelas autarquias locais haveria uma transição tarifária durante cinco anos (CARVALHO, 2021).

A outorga foi ganha pela BRK Ambiental, que pagou o valor de R\$2,09 bilhões, já a menor proposta concedida teve o valor de R\$ 251,3 milhões, apresentado um ágio de num mínimo de 1.562%, demonstrando que o leilão foi realizado de forma eficaz no ponto de vista financeiro ou que os estudos feitos subestimaram o valor real da companhia (CARVALHO, 2021).

No geral, o contrato foi estruturado de forma robusta, utilizando-se de instrumentos com regulação por incentivos. Também foi adotado no contrato o modelo de preço-teto e explicitamente apontado que a ARSAL seria a reguladora e interventora na concessão, onde ela deveria agir, nos casos em que os gatilhos detalhados no contrato fossem acionados, além de monitorar e avaliar a empresa vencedora. A única preocupação é o seu quadro de funcionários, uma vez que, dos dezoito cargos ocupados, somente um é concursado (CARVALHO, 2021).

Em adição, observou-se que os principais aspectos regulatórios da concessão se alinham com o modelo de regulação por contrato, mas não de forma exclusiva. Nesse sentido, cabe destacar a previsão contratual de revisões tarifárias ordinárias de quatro em quatro anos, procedimento típico do modelo de regulação

discricionária. No entanto, a discricionariedade do procedimento foi atenuada na medida em que o contrato limitou seu escopo a apenas três hipóteses de desequilíbrios econômico-financeiros (CARVALHO, 2021).

### **3. A análise envoltória de dados aplicada ao saneamento**

A Data envelopment analysis (DEA) foi concebida inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes, em 1978. Eles desenvolveram um modelo capaz de demonstrar os retornos constantes de escala, orientado para os inputs, ou seja, qualquer variação nos valores dos inputs resultaria em uma variação proporcional nos outputs. O modelo impõe pesos iguais aos inputs e outputs, que são calculados simultaneamente. Dessa forma, o modelo CCR avalia a eficiência relativa das unidades produtivas em relação às outras unidades analisadas, levando em consideração a combinação dos insumos utilizados e os produtos gerados.

Ao atribuir pesos iguais a todos os inputs e outputs, a DEA busca avaliar a eficiência de cada unidade produtiva de forma imparcial e objetiva, sem pré-julgamentos. Esse modelo ficou conhecido como CCR, em homenagem aos autores. Além disso, é possível encontrar o modelo com a nomenclatura CRS (Constant Return Scale).

Anos depois, Banker, Charnes e Cooper (1984) desenvolveram uma alteração na DEA, na qual a principal modificação refere-se à suposição de que os retornos constantes de escala não eram mais necessários. Dessa forma, a técnica não exigia mais que os retornos dos outputs fossem proporcionais aos inputs, e essa alteração permitia sua utilização em mercados com concorrência imperfeita. Esse novo modelo ficou conhecido como BCC ou VRS (Variable Returns Scale).

Um conceito bastante importante que precede o desenvolvimento da DEA é o conceito de Eficiência Técnica e Eficiência Alocativa. Farrell (1957) apresentou o conceito de eficiência técnica como a capacidade de uma empresa utilizar seus recursos da melhor maneira possível para produzir um nível máximo de saída. Em outras palavras, a eficiência técnica é alcançada quando uma empresa não pode aumentar sua produção sem aumentar o uso de seus insumos, ou seja, quando a empresa está operando na fronteira de possibilidades de produção. A eficiência técnica pode ser medida comparando a produção de uma empresa com as produções de outras empresas que utilizam os mesmos insumos, buscando identificar quais empresas estão operando de maneira eficiente.

Já a eficiência alocativa, conforme definida por Farrell (1959), refere-se à capacidade de uma empresa utilizar os recursos disponíveis da maneira eficiente. Em outras palavras, uma empresa é considerada eficiente do ponto de vista alocativo quando utiliza uma combinação ótima de insumos e saídas, levando em consideração os preços dos insumos e saídas. A eficiência alocativa pode ser medida comparando a produção de uma empresa com as produções de outras empresas que utilizam as mesmas tecnologias, buscando identificar quais empresas estão utilizando os recursos de maneira menos ineficiente.

### **3.1. O uso da DEA no saneamento básico: uma revisão de literatura**

Com o intuito de analisar a metodologia DEA na prática, foi realizada uma breve revisão da literatura brasileira sobre o tema. A dissertação de Castro (2003) foi a principal influência deste trabalho devido a questões metodológicas. Seu principal objetivo era avaliar a aplicabilidade da metodologia DEA no setor de saneamento básico. A análise foi conduzida utilizando dados de 71 concessionárias de serviços de água e esgoto com o maior número de ligações ativas no país. A seleção considerou as empresas que possuíam um mínimo de 30 mil ligações ativas de água. Embora pareça um critério arbitrário, essa amostra representava aproximadamente 85% da população do país na época. Como mencionado anteriormente, foram utilizados quatro indicadores de desempenho (volume de água consumido, extensão da rede, quantidade de ligações ativas de água e esgoto) como saídas, e as despesas de exploração como entrada.

As conclusões da pesquisa foram satisfatórias, demonstrando que o modelo DEA possui um alto poder discriminatório na identificação das principais empresas eficientes. Além disso, sua facilidade de uso em comparação com os modelos econométricos tradicionais e sua compreensibilidade, mesmo para os menos familiarizados com a área, foram destacadas. Como sugestão para estudos futuros, foi proposta a análise de diferentes períodos, levando em consideração a natureza jurídico-administrativa ou a região de atuação no Brasil.

A dissertação de Carmo (2003) teve o mesmo objetivo de identificar as empresas regionais de abrangência mais eficientes, porém, utilizou variáveis diferentes na modelagem e considerou tanto o modelo de retorno constante de escala (DEA-C) quanto o modelo de retorno variável de escala (DEA-V). Como

entradas, foram utilizadas quatro variáveis: mão-de-obra, volume de água produzido, volume de esgoto coletado, extensão da rede de água e extensão da rede de esgoto. Como saídas, foram consideradas cinco variáveis: volume de água e esgoto faturados, número de economias ativas de água e esgoto. A conclusão da dissertação indicou que o modelo de retorno variável de escala (DEA-V) é o mais adequado para o setor de saneamento básico. Ao analisar por região, verificou-se que a região Sudeste era a mais eficiente, enquanto a região Nordeste apresentava a maior ineficiência, com destaque para a CAEMA como a empresa mais ineficiente.

Bittelbrunn et al. (2016) utilizaram as abordagens DEA-BCC e DEA-CCR para analisar a eficiência dos gastos no período de 2012 a 2014. O estudo considerou uma variável de entrada, que foi a despesa de exploração, e quatro variáveis de saída, sendo elas: quantidade de ligações ativas de água e esgoto e extensão da rede de água e esgoto. Durante o período analisado, apenas cinco empresas foram consideradas eficientes em todos os anos. Na região Nordeste, apenas duas empresas apresentaram eficiência em algum dos anos, sendo elas a CAEMA e a CAGECE.

Macedo e Sampaio (2021) tiveram como objetivo avaliar a eficiência técnica do setor de saneamento básico para o ano de 2015. O estudo considerou a natureza jurídica das empresas e analisou 18 empresas regionais. O modelo utilizado incluiu uma variável de entrada (DEX) e cinco variáveis de saída, que foram o índice de tratamento de esgoto, extensão da rede de água, extensão da rede de esgoto e quantidade de ligações ativas de água e esgoto. Sete empresas foram consideradas eficientes, sendo que três delas pertencem à região Nordeste: CASAL, CAGECE e AGESPISA.

Outro estudo realizado por Soares (2022), como trabalho de conclusão de curso, teve como objetivo analisar as 26 prestadoras de serviço de abastecimento de água e tratamento de esgoto do Brasil, considerando sua abrangência regional, e identificar o melhor modelo de eficiência para o setor. O ano de análise foi 2019, um ano antes da implementação do novo marco do saneamento. O modelo utilizado foi o mesmo utilizado por Castro (2003), com uma variável de entrada e quatro variáveis de saída, utilizando as mesmas variáveis. Como resultado, foram identificadas oito empresas eficientes, sendo apenas uma delas do Nordeste, a CAGECE.

## 4. Metodologia

Considerando o escopo que pretende-se analisar é interessante buscar uma metodologia que analise de forma satisfatória o setor de saneamento básico. O modelo a ser aplicado neste trabalho será o Data Envelopment Analysis (DEA), especificamente o DEA-BCC, utilizando como referência o que foi proposto por Castro (2003). O programa utilizado para encontrar os resultados foi o Open Source DEA ou OSDEA.

A Análise Envoltória de Dados é uma ferramenta quantitativa robusta que oferece uma avaliação relativa da eficiência de unidades tomadoras de decisão (denominadas Decision Making Unit -DMUs). As DMUs são entidades que convertem recursos (entradas) em produtos ou serviços (saídas). Em um contexto organizacional, as DMUs podem ser escolas, hospitais, empresas, departamentos de uma mesma empresa, entre outros.

O modelo BCC, batizado em homenagem a seus criadores Banker, Charnes e Cooper, é uma versão específica do DEA que permite considerar retornos de escala variáveis. Isto é, não assume que a produção de saídas aumentará proporcionalmente com um aumento nas entradas. Em situações onde a escala de operação tem impacto na eficiência, o modelo BCC torna-se mais adequado.

Quando orientado para o output (saída), o modelo BCC procura maximizar as saídas, dado um conjunto constante de entradas. Essa abordagem é particularmente útil quando as entradas são fixas no curto prazo e a gestão tem como objetivo maximizar a produção. Este modelo pode ser aplicado em diversos setores da economia e é útil para tomada de decisões estratégicas em relação à alocação de recursos e melhoria de desempenho.

Diferentemente do que ocorre em uma regressão de mínimos quadrados ordinários, a análise DEA leva em consideração unidades semelhantes, que são as DMUs. No nosso caso, as DMUs são as companhias de saneamento básico do Nordeste. Esse método cria uma fronteira de produção entre elas e, dessa forma, consegue determinar as DMUs eficientes do grupo analisado (Castro, 2003).

A construção da função produção tem como composição os *inputs* e *outputs* (insumos e produtos), podendo ter ao menos uma variável em cada uma das duas. Uma das vantagens da DEA é que não necessita que todas as variáveis estejam na

mesma dimensão, diferentemente do que ocorre em outros modelos onde existe a exigência da conversão dos *inputs* e *outputs* para unidades monetárias. Desta forma é possível analisar se as DMUs estão utilizando seus recursos da melhor maneira possível, independente dos resultados financeiros (CASTRO, 2003).

Sabemos que dificilmente a atividade de uma empresa terá apenas um único insumo e/ou produto. Portanto, diversos fatores influenciam a eficiência de uma DMU. Assim, a ponderação dos outputs e inputs estabelece sua eficiência (Carmo, 2003). Além disso, é possível determinar a eficiência da DMU com base na distância em relação à fronteira de produção, sendo que quanto mais próxima da fronteira, mais eficiente ela é (Färe; Primont, 1995 apud Soares, 2022, p. 23).

Em complemento, abaixo estão as equações a que a DEA-BCC, orientada ao output, está sujeita. Onde:  $y_{r0}$  = valor de output 'r' para a DMU 0 (sendo avaliada);  $x_{i0}$  = valor de input 'i' para a DMU 0 (sendo avaliada),  $u_i$  = peso referente ao input 'i';  $v_r$  = peso referente ao output 'r'; u' e v' = fatores de escala. No modelo primal:

Minimizar:

$$E_{f0} = \sum_{i=1}^n u_i x_{i0} + u'$$

Sujeito a:

$$\sum_{r=1}^s v_r y_{r0} = 1$$

$$\sum_{i=1}^n u_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s v_r y_{r0} + u' \leq 0,$$

para  $j = 1, 2, \dots, m$

No Modelo Envelope (Dual):

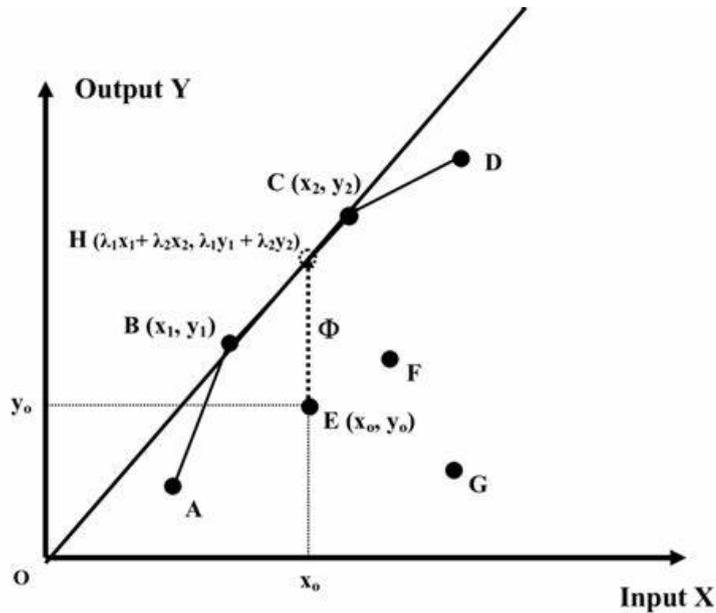
Maximizar  $\eta$ , sujeito a:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0}, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^m y_{rj} \lambda_j - \eta y_{r0} \geq 0, \quad \text{para } r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j = 1 \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, m$$

Gráfico 1: Gráfico modelo, DEA-BCC.



Em adição ao modelo DEA-VRS, também foi utilizado alguns dos indicadores do glossário do SNIS e outras relações entre variáveis de acordo com a situação, para auxiliar na análise das variáveis. Os indicadores do SNIS utilizados, com seus respectivos códigos, foram o Índice de hidrometração (IN009), Índice de atendimento total de água (IN055), índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (IN010). Além delas, também foram calculados as despesas de exploração (FN015) por extensão de rede água (AG005), densidade de ligações ativas de água, a relação entre a quantidade de ligações ativas de esgoto pela quantidade de ligações ativas de água e a participação de despesa com pessoal na despesa de exploração.

#### 4.1 Coleta de dados e modelo utilizado

Os dados utilizados neste trabalho estão disponíveis no site do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), especificamente a série histórica na plataforma do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). O recorte refere-se a segmentação “regional”, para os estados da Região Nordeste, compreendendo os anos de 2015 a 2019. A segmentação regional refere-se à “firmas ou companhias que atendem um conjunto de municípios”, no geral, aí estão contidos as companhias

estatais, no nosso caso: CASAL, EMBASA, CAGECE, CAEMA, CAGEPA, COMPESA, AGESPISA, CAERN, DESO.

A amostra utilizada teve um índice de atendimento em média de 70,5% nas cidades em que as companhias oferecem o serviço de distribuição de água. O modelo a ser utilizado tem como inspiração o modelo de Castro (2003), serão utilizadas quatro variáveis no output e uma variável no input. As variáveis podem ser observadas no quadro 2. Em adição, é possível encontrar os valores da série histórica no ANEXO 2.

Dando uma explicação de breve de cada variável, segundo o Glossário de Informações de Água e Esgoto (2021), temos:

**Quadro 2** - Quadro resumo de variáveis Input-Output.

I/O	Variável	Resumo
INPUT	Despesas de Exploração (FN015)	Valor anual das despesas realizadas para a exploração dos serviços, compreendendo Despesas com Pessoal, Produtos Químicos, Energia Elétrica, Serviços de Terceiros, Água Importada, Esgoto Exportado, Despesas Fiscais ou Tributárias computadas na DEX, além de Outras Despesas de Exploração (FN027).
OUTPUT	Volume de Água Consumido (AG010)	Volume anual de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido (AG008), o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado, acrescido do volume de água tratada exportado (AG019) para outro prestador de serviços.
OUTPUT	Extensão de Rede (AG005)	Comprimento total da malha de distribuição de água, incluindo adutoras, subadutoras e redes distribuidoras e excluindo ramais prediais, operada pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência.
OUTPUT	Quantidade de Ligações ativas de Água (AG002)	Quantidade de ligações ativas de esgotos à rede pública que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência. Inclui as ligações ativas sem cobrança (por exemplo, instalações próprias do prestador e cobranças suspensas por decisão judicial).
OUTPUT	Quantidade de Ligações ativas de Esgoto (ES002)	Quantidade de ligações ativas de água, providas ou não de hidrômetro, que estavam conectadas à rede de abastecimento de água e com água disponibilizada para o usuário no ano de referência.

**Fonte:** Glossário SNIS (2021), Elaboração própria (2023)

Um ponto importante a ser considerado no modelo é a decisão sobre sua orientação, ou seja, se será orientado para o input ou para o output. No caso do modelo orientado para o input, os outputs são mantidos constantes e busca-se minimizar o input necessário. Já no modelo orientado para o output, mantém-se constante o(s) input e busca-se maximizar os outputs.

No contexto das companhias de saneamento básico, é relevante observar que todas elas são estatais de economia mista com administração pública e têm grande parte de suas despesas relacionadas à folha de pagamento de funcionários estáveis e de terceiros. Essa característica fica evidente ao analisar a tabela 2, que demonstra a porcentagem de participação das despesas de pessoal próprio (FN010) e despesas com terceiros (FN014). Nesse caso, torna-se inviável modificar essas variáveis devido às particularidades do setor.

<b>Tabela 2 - Participação das despesas de pessoal próprio (FN010) e de serviços de terceiros (FN014) na DEX (FN015)</b>					
<b>DMU</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
CASAL	66,88%	68,49%	74,35%	73,70%	75,08%
EMBASA	64,69%	62,87%	62,71%	61,15%	59,50%
CAGECE	55,86%	57,13%	59,39%	58,89%	45,46%
CAEMA	69,81%	77,21%	76,31%	72,42%	79,09%
CAGEPA	69,15%	73,71%	72,83%	69,90%	67,06%
COMPESA	59,67%	59,57%	60,37%	56,90%	59,66%
AGESPISA	70,63%	75,95%	75,61%	78,04%	73,68%
CAERN	55,32%	60,01%	62,77%	58,75%	56,99%
DESO	66,63%	68,43%	67,12%	67,85%	65,76%

**Fonte:** SNIS. Elaboração Própria

<b>Tabela 3 - Participação das despesas de pessoal próprio (FN010) na DEX (FN015)</b>					
<b>DMU</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>

CASAL	46,81%	47,11%	38,82%	37,35%	43,34%
EMBASA	31,99%	30,37%	30,30%	31,21%	30,68%
CAGECE	29,70%	27,77%	31,94%	31,57%	25,61%
CAEMA	56,76%	64,52%	60,39%	58,83%	65,06%
CAGEPA	54,77%	57,04%	55,22%	55,64%	51,83%
COMPESA	27,11%	27,29%	27,66%	26,80%	24,74%
AGESPISA	48,28%	54,18%	58,90%	60,42%	59,99%
CAERN	41,66%	44,70%	49,08%	44,14%	46,44%
DESO	46,56%	50,10%	47,23%	46,77%	44,92%
<b>Fonte: SNIS. Elaboração Própria (2023)</b>					

<b>Tabela 4 - Participação das despesas de serviços de terceiros (FN014) na DEX (FN015)</b>					
<b>DMU</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
CASAL	20,07%	21,38%	35,52%	36,35%	31,74%
EMBASA	32,70%	32,50%	32,42%	29,94%	28,82%
CAGECE	26,16%	29,36%	27,46%	27,31%	19,85%
CAEMA	13,04%	12,70%	15,91%	13,59%	14,03%
CAGEPA	14,38%	16,67%	17,61%	14,27%	15,23%
COMPESA	32,56%	32,28%	32,71%	30,10%	34,91%
AGESPISA	22,34%	21,77%	16,70%	17,62%	13,69%
CAERN	13,67%	15,31%	13,69%	14,61%	10,54%
DESO	20,06%	18,33%	19,89%	21,08%	20,84%
<b>Fonte: SNIS. Elaboração Própria (2023)</b>					

Em adição, vale ressaltar que, uma das teorias para essa alta participação nas despesas seria o quadro técnico antigo, no caso da CASAL, a companhia passou por reestruturações no ano de 2020, reduzindo o quadro de pessoas que

estavam há muito tempo na empresa. Verificar estes valores de participação para o ano de 2020 e 2021 confirmaria esta teoria.<sup>3</sup>

Portanto, considerando essas restrições e características específicas do setor, é adequado optar por um modelo orientado para o output, mantendo o input constante. Essa escolha permitirá uma análise mais precisa e relevante dos resultados, uma vez que as despesas de pessoal próprio e terceiros não podem ser facilmente alteradas.

## **5. Análise dos resultados**

---

<sup>3</sup> Experiência vivida por mim como estagiário da companhia nos anos de 2019 a 2021. Vale ressaltar que essa é apenas uma teoria baseada em uma vivência interna.

Nesta seção serão apresentados os resultados e respectivas análises obtidas a partir da aplicação da DEA-BCC aos dados regionais brasileiros de saneamento para os anos entre 2015 à 2019 com orientação ao output.

<b>Tabela 5 - Estatística Descritiva</b>								
Ano	Variável	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo	Desv. Pad
2015	FN015	312.202	372.749	428.851	671.117	791.399	1.727.503	475.181,3352
2015	AG010	76.841	100.805	112.143	167.477	208.978	438.028	116.376,2284
2015	AG005	4.974	5.415	6.105	11.475	13.844	36.576	10.554,0411
2015	AG002	395.526	569.034	694.503	1.114.797	1.613.578	2.872.124	832.987,8028
2015	ES002	41.960	105.483	163.870	297.623	347.139	1.039.002	321.137,1446
2016	FN015	354.195	463.430	473.466	740.231	759.775	1.939.426	517.784,3509
2016	AG010	75.845	101.730	113.338	164.473	204.829	425.651	111.144,8020
2016	AG005	5.053	5.461	6.048	11.600	14.136	37.156	10.802,3780
2016	AG002	396.697	573.443	704.405	1.130.511	1.640.545	2.924.222	844.935,5402
2016	ES002	55.783	117.588	166.819	318.516	364.292	1.113.941	340.970,0854
2017	FN015	343.496	505.868	556.574	816.787	878.777	2.136.744	565.623,1110
2017	AG010	73.140	101.220	113.414	162.621	195.650	411.024	108.402,4998
2017	AG005	5.127	6.024	6.473	12.181	14.425	38.764	11.205,8213
2017	AG002	398.611	574.725	678.364	1.129.431	1.634.080	2.962.696	862.653,8958
2017	ES002	62.166	112.196	163.497	333.408	377.978	1.193.921	365.389,2203
2018	FN015	349.355	418.839	581.950	831.556	942.026	2.240.588	618.811,5700
2018	AG010	51.005	95.462	112.528	158.153	199.925	413.200	114.650,6249
2018	AG005	3.893	5.459	6.133	12.101	14.720	39.380	11.574,1834
2018	AG002	405.265	564.399	723.428	1.124.086	1.642.486	3.017.734	897.657,1722
2018	ES002	46.235	111.594	180.203	343.724	386.971	1.240.584	382.195,4203
2019	FN015	360.468	532.548	570.506	909.533	1.107.127	2.427.020	669.814,3096
2019	AG010	51.029	102.273	107.291	162.992	203.836	410.373	114.675,8251
2019	AG005	4.745	5.529	6.163	12.839	14.988	41.071	12.002,5855
2019	AG002	402.551	570.987	729.357	1.138.035	1.662.674	3.062.096	913.551,0374
2019	ES002	45.211	115.301	195.644	353.426	398.849	1.266.035	389.409,1414

**Fonte: Elaboração Própria**

A Tabela 6 apresenta a série histórica de 2015 a 2019, mostrando os índices de eficiência de cada companhia regional de saneamento básico do Nordeste para cada ano. Observa-se que apenas três companhias foram eficientes em todos os anos: CASAL, EMBASA e CAGECE. Logo em seguida, a AGESPISA demonstrou

eficiência em três anos, apesar de ter apresentado o pior índice no ano de 2017. CAEMA, COMPESA, CAERN e DESO foram eficientes em apenas um dos anos, sendo eles 2018, 2019, 2019 e 2016, respectivamente.

Apesar das variáveis utilizadas e amostras diversas ao que foram utilizadas por Macedo e Sampaio (2021), o escore encontrado por eles é semelhante ao encontrado nesta pesquisa. No trabalho da dupla, das 18 companhias estatais de capital misto com administração pública, em 2015, a CASAL e a CAGECE tiveram seu escore ranqueado em 1,00, enquanto a EMBASA teve seu escore ranqueado em 0,93.

Já para 2019, Soares (2022), ao utilizar o escopo de todas as 26 companhias do Brasil, CASAL e EMBASA caem no ranking, com sua pontuação indo para 0,86 e 0,93 respectivamente. Já a CAGECE, mesmo em uma amostra maior, mantém-se com seu nível de eficiência em 1. Mesmo nos anos 2000, no trabalho de Carmo (2023)<sup>4</sup>, das três, a CAGECE é a única que mantém o seu índice de eficiência em 1, apesar das outras duas não estarem tão distantes — CASAL (0,98) e EMBASA (0,95).

Por último, Bitttelbrunn (2016), fez um análise semelhante para 2012 à 2014, com a única diferença sendo no output, enquanto o presente trabalho utiliza o volume de consumo de água, ele utiliza a extensão de rede de esgoto, as demais variáveis são idênticas. No seu resultado, a CASAL figura como uma das piores companhias, com uma média 0,63, já a EMBASA e a CAGECE tem em sua média 0,76 e 0,89. Destacamos que, apesar da CAGECE, em sua análise, não apresentar a média ideal de 1, ao decorrer dos anos a sua eficiência cresce de 0,73 a 1.

Tendo em vista o resultado do ranking deste trabalho, e dos demais, é possível afirmar que a CAGECE, além de ser uma companhia modelo para a região Nordeste, ela também pode despontar como modelo para outras companhias no Brasil.

Na outra ponta, podemos considerar que a CAGEPA e a DESO tiveram os piores resultados na série histórica, com valores entre 0,82 e 0,89 (CAGEPA) , 0,73 e 0,78 (DESO). Entretanto, no trabalho de Soares (2022) elas ficam no meio da tabela, com os valores encontrados próximos à, 0,76 e 0,73 respectivamente, o

---

<sup>4</sup> A sua amostra é composta por todas as companhias estatais do Brasil e utiliza variáveis completamente diferentes, teço uma observação que somente quatro companhias teve uma pontuação abaixo de 0,78, as demais apresentaram valores acima de 0,94.

mesmo ocorre com os resultados de Bittelbrun (2016) — 0,85 para DESO e 0,76 para CAGEPA. Somente nos trabalhos de Carmo (2003) e de Macedo e Sampaio (2021) esses valores irão destoar, onde ambos apresentam pontuações acima de 0,96.

Posto que a metodologia de Castro inspirou esse trabalho, a forma que ele apresentou os seus resultados dificulta fazer uma comparação com os resultados aqui apresentados, uma vez que ele oculta as companhias analisadas.

**Tabela 6** - Série Histórica das eficiências das companhias de saneamento do Nordeste 2015-2019 - DEA-BCC Orientação Output

Estado	DMU Name	2015	2016	2017	2018	2019
Alagoas	CASAL	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Bahia	EMBASA	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Ceará	CAGECE	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Maranhão	CAEMA	0,904305	0,823660	0,856170	1,000000	0,907594
Paraíba	CAGEPA	0,823459	0,892526	0,834388	0,857785	0,868768
Pernambuco	COMPESA	0,887538	0,917815	0,947855	0,944021	1,000000
Piauí	AGESPISA	0,917796	1,000000	0,780857	1,000000	1,000000
Rio Grande do Norte	CAERN	0,923832	0,948642	0,809738	0,840221	1,000000
Sergipe	DESO	0,770643	1,000000	0,787717	0,735071	0,823203

**Fonte:** Elaboração própria, resultado dos escores

Na tabela 7, podemos ver a frequência de vezes que uma companhia surgiu como modelo para as outras companhias, como esperado, CAGECE, CASAL e EMBASA, foram as companhias que apareceram com mais frequência.

**Tabela 7** - Frequência das companhias do Nordeste que surgem como modelo 2015-2019

DMU	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	CASAL	CASAL	CASAL	CASAL	CASAL

EMBASA	EMBASA	EMBASA	EMBASA	EMBASA	EMBASA
CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE	CAGECE
CAEMA	CASAL, CAGECE	CASAL, CAGECE, AGESPISA	CASAL, EMBASA, CAGECE	CAEMA	CASAL, CAGECE, AGESPISA
CAGEPA	CASAL, CAGECE	CAGECE, AGESPISA	CASAL, CAGECE	CASAL, CAGECE	CASAL, CAGECE, AGESPISA
COMPESA	EMBASA, CAGECE	EMBASA, CAGECE	CASAL, EMBASA, CAGECE	EMBASA, CAGECE	COMPESA
AGESPISA	CASAL, CAGECE	AGESPISA	CASAL, CAGECE	AGESPISA	AGESPISA
CAERN	CASAL, CAGECE	CAGECE, AGESPISA	CASAL, EMBASA, CAGECE	EMBASA, CAGECE, CAEMA	CAERN
DESO	CASAL, CAGECE	DESO	CASAL, EMBASA, CAGECE	EMBASA, CAGECE, CAEMA	CASAL, CAGECE, AGESPISA

**Fonte:** Elaboração própria, resultado do modelo

Apesar de a CAGECE ter sido a companhia mais citada como modelo para as outras empresas, seu índice de atendimento total de água (IN055) em 2015 e 2019 foi o segundo e o terceiro pior da região, ficando atrás apenas da CAEMA em 2015 e, em 2019, da CAEMA e da AGESPISA. Os valores podem ser visualizados com mais detalhes na tabela 8. Um ponto interessante a ser destacado em relação a esse índice é a queda surpreendente de 28,62 pontos percentuais no indicador da AGESPISA em 2018, cuja razão será explicada posteriormente.

<b>Tabela 8 - Índice de atendimento total de água (IN055) - 2015 à 2019</b>					
DMU	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	73,23%	73,33%	69,51%	69,36%	70,82%

EMBASA	77,68%	78,03%	77,86%	80,11%	79,20%
CAGECE	59,67%	59,56%	58,44%	53,92%	53,06%
CAEMA	49,35%	47,83%	47,37%	47,61%	46,38%
CAGEPA	74,68%	71,69%	73,43%	74,05%	74,91%
COMPESA	76,25%	77,69%	79,14%	80,58%	81,23%
AGESPISA	76,18%	77,45%	75,72%	47,10%	47,53%
CAERN	78,12%	78,13%	74,30%	83,55%	80,71%
DESO	81,09%	80,91%	80,40%	81,96%	87,58%

**Fonte: SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** Elaboração própria.

Em relação à CASAL, apesar de ter sido a segunda mais citada como modelo de referência para as outras companhias e ter demonstrado eficiência em todos os anos, seu índice de micromedição relativa ao volume disponível (IN010) é significativamente baixo em comparação com as outras companhias, atingindo no máximo 39,06% em 2019. Para efeitos de comparação, a CAGEPA, uma companhia que não apresentou eficiência em nenhum ano, registrou um indicador de 55,38% em 2019. Esse baixo índice indica que grande parte do volume disponibilizado pela CASAL é estimado, tornando os dados dessa unidade pouco confiáveis. Além disso, o índice de hidrometração é relativamente alto, cerca de 90% ao longo dos anos, o que sugere que os 10% das ligações ativas não hidrometradas, cujo volume é estimado, contribuem, em parte, para o restante do volume disponível que não está sendo micromedido. A tabela 9 apresenta com mais detalhes os valores desses indicadores. No entanto, essa característica não é exclusiva da CASAL, mas também das outras unidades. A proporção de ligações hidrometradas com valor micromedido é, no mínimo, curiosa.

<b>Tabela 9 - Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (IN010) - 2015 à 2019</b>					
DMU	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	28,49%	26,81%	27,13%	35,96%	39,06%

EMBASA	52,97%	53,10%	52,10%	52,35%	52,01%
CAGECE	56,18%	58,40%	54,04%	54,17%	51,99%
CAEMA	8,62%	8,91%	9,33%	9,05%	9,75%
CAGEPA	51,60%	51,83%	52,94%	57,74%	55,38%
COMPESA	43,81%	43,52%	44,50%	45,83%	44,09%
AGESPISA	39,34%	40,87%	38,40%	41,12%	48,05%
CAERN	40,61%	43,12%	44,39%	45,52%	43,74%
DESO	46,55%	51,49%	51,85%	50,84%	45,55%

Fonte: SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Elaboração própria.

<b>Tabela 10 - Índice de hidrometração (IN009) - 2015 à 2019</b>					
DMU	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	90,64%	91,11%	85,70%	85,27%	91,42%
EMBASA	97,41%	97,50%	97,60%	98,02%	98,48%
CAGECE	99,94%	99,90%	99,89%	99,95%	99,96%
CAEMA	22,16%	23,00%	24,79%	25,53%	26,60%
CAGEPA	88,49%	88,27%	90,10%	91,25%	92,10%
COMPESA	87,76%	88,60%	88,83%	88,85%	88,24%
AGESPISA	94,57%	94,07%	94,69%	95,09%	88,03%
CAERN	83,07%	86,00%	89,60%	91,66%	92,01%
DESO	99,52%	99,55%	99,56%	99,51%	99,49%

Fonte: SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Elaboração própria.

Infelizmente, com exceção de Castro (2003), a análise feita pelos outros autores não apresenta uma análise minuciosa em cada uma das variáveis para as companhias, muita das vezes se prendendo somente ao ranking ou em indicar a melhoria de uma variável de forma geral para todas as companhias. Isso provavelmente se dá pelo tamanho da amostra utilizada, uma vez que ficaria muito extenso analisar todas as DMU (a título de curiosidade, a menor amostra tinha 18 DMU). E apesar de Castro (2003) ter explorado cada uma das variáveis, ele peca

por não indicar qual companhia em específico necessita melhorar naquela variável para atingir a eficiência, mas é importante ressaltar que o seu objetivo era só verificar a viabilidade da DEA como ferramenta. Dado estes apontamentos e feito esta análise geral, veremos agora as melhorias que seriam necessárias, para cada um dos *outputs*, para tornar as DMUs eficientes.

### 5.1 Output volume de água consumido (AG010)

<b>Tabela 11 - Resultado detalhado do output volume de água consumido e o percentual necessário para a eficiência - 2015 à 2019.</b>						
DMU	Resultados	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0%	0%
EMBASA	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0%	0%
CAGECE	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0%	0%
CAEMA	Folga	4.501,11	-	-	-	0
	Percentual	4,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CAGEPA	Folga	20.699,64	23.590,73	13.559,35	7.608,15	0
	Percentual	18,08%	20,17%	11,67%	6,27%	0,00%
COMPESA	Folga	23.460,83	17.303,17	0	0	0
	Percentual	9,43%	7,39%	0,00%	0,00%	0,00%
AGESPISA	Folga	32.848,75	-	9.734,97	-	-
	Percentual	33,94%	0,00%	9,62%	0,00%	0,00%
CAERN	Folga	29.280,10	16.950,27	18.669,39	18.055,03	0
	Percentual	29,05%	16,66%	18,84%	17,67%	0,00%
DESO	Folga	38.993,59	-	36.060,37	33.181,29	0
	Percentual	50,75%	0,00%	49,30%	45,15%	0,00%

**Fonte:** Resultado da folga referente ao AG010 e o percentual necessário. Elaboração própria.

Analisando a tabela 11 apresentada, é possível observar que, com exceção das três companhias modelo, todas as demais precisaram realizar ajustes no Volume do Consumo de Água em algum momento para alcançar a eficiência. A DESO e a CAGEPA foram as empresas que necessitaram de ajustes mais significativos em alguns anos. Nota-se que o percentual necessário de ajuste da CAGEPA diminuiu ao longo dos anos, indicando que a empresa conseguiu resolver esse problema ao longo do período analisado. Por outro lado, a DESO, apesar de apresentar valores de 0% em alguns anos, mostrou uma variação de 50% nos anos em que precisou de ajustes, sugerindo possíveis instabilidades na região ou nos dados, o que demanda uma análise mais aprofundada.

No entanto, é importante ressaltar que a expansão dessa variável é limitada devido ao fato de que a água é um recurso finito e cada vez mais escasso. Nesse sentido, existem dois indicadores relevantes para esse caso. O primeiro indicativo é que nos anos de ineficiência, a companhia teve um gasto maior do que o necessário para atingir determinado nível de produção. O segundo indicativo está relacionado às perdas de volume de água, ou seja, a diferença entre a produção e o volume consumido pelo usuário final. Essas perdas podem ocorrer devido a problemas na infraestrutura da rede, ligações clandestinas de água e erros de medição. Esses fatores estão ligados à baixa micromedição do volume de água, o que pode resultar em uma subestimação do volume consumido, gerando um valor inferior ao real.

A abordagem do volume perdido é um indicativo relevante para tornar essa variável menos ineficiente. Ao analisar e minimizar os problemas relacionados às perdas de água, é possível reduzir o volume de água produzido, resultando em uma diminuição das despesas da companhia. Além disso, na tabela 12 estão apresentados os volumes de água perdidos, sendo calculados como a soma do volume de água produzido (AG006) com o volume de água importado (AG018), menos os volumes de água exportado (AG019), de água consumido (AG010) e de serviço (AG024). Observa-se que o volume de água perdida excede substancialmente o necessário para o ajuste visando a eficiência dessa variável.

<b>Tabela 12 - Volume de água perdida em KM<sup>3</sup> - 2015 à 2019</b>					
DMU	2015	2016	2017	2018	2019

CASAL	48.104,72	51.091,95	36.957,48	48.713,37	44.887,74
EMBASA	272.759,04	292.599,78	290.452,01	294.272,46	316.046,97
CAGECE	163.090,01	146.073,72	164.800,31	160.600,53	170.438,65
CAEMA	200.863,99	199.773,12	194.957,83	208.330,98	219.020,52
CAGEPA	78.046,79	74.851,53	81.956,40	80.052,73	83.258,30
COMPESA	330.407,97	314.700,47	323.678,32	298.016,55	308.219,71
AGESPISA	86.476,74	98.696,22	110.107,18	49.725,71	50.847,46
CAERN	115.321,11	107.674,25	106.304,66	105.495,47	110.507,94
DESO	86.897,15	70.278,33	66.811,18	69.972,23	75.342,33
<b>Fonte: SNIS.</b> Elaboração própria					

## 5.2 Output extensão de rede de água (AG005)

**Tabela 13 - Resultado detalhado do *output* extensão de rede de água e o percentual necessário para a eficiência - 2015 à 2019.**

DMU	Resultados	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0,00%	0%
EMBASA	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0,00%	0%
CAGECE	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0,00%	0%
CAEMA	Folga	158,651	33,14831	1168,691	0	265,1838
	Percentual	2,73%	0,55%	19,40%	0,00%	4,30%
CAGEPA	Folga	3906,52	3978,107	3947,384	4090,516	3764,144
	Percentual	78,54%	78,73%	76,99%	77,81%	68,08%
COMPESA	Folga	983,5791	1358,331	783,4672	1071,815	0
	Percentual	5,26%	7,04%	3,89%	5,24%	0,00%
AGESPISA	Folga	1603,272	0	445,55	0	0
	Percentual	29,61%	0,00%	6,88%	0,00%	0,00%

CAERN	Folga	983,9618	964,4086	0	0	0
	Percentual	16,12%	15,37%	0,00%	0,00%	0,00%
DESO	Folga	0	0	0	0	62,71626
	Percentual	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,04%

**Fonte:** Resultado da folga referente ao AG005 e o percentual necessário. Elaboração própria (2023).

A única companhia que não apresentou melhoria em relação à extensão de rede de água foi a CAGEPA, necessitando de uma melhoria de até 78,73% na rede. Durante todo o período da análise, a extensão de rede de água da CAGEPA expandiu apenas 11,16%. Embora outras companhias também não tenham tido uma expansão expressiva nessa variável - algumas até mesmo tiveram redução -, elas foram acompanhadas por um aumento proporcional maior nas outras variáveis em comparação à CAGEPA.

**Tabela 14** - Despesas de exploração (FN015) dividido pela extensão de rede de água (AG005) - 2015 à 2019 (em mil reais)

DMU Name	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	62,14	69,08	65,55	68,99	76,46
EMBASA	47,23	52,20	55,12	56,90	59,09
CAGECE	57,17	53,75	60,92	64,00	73,87
CAEMA	72,89	71,36	83,98	68,29	86,41
CAGEPA	110,55	113,89	122,15	126,92	136,33
COMPESA	59,69	62,18	63,02	66,70	67,23
AGESPISA	58,57	84,86	84,53	89,74	75,97
CAERN	70,25	75,45	76,03	77,65	58,03
DESO	54,68	79,53	79,69	88,82	92,02

**Fonte:** SNIS. Elaboração Própria (2023)

**Tabela 15** - Densidade de ligações ativas de água - 2015 à 2019.

DMU Name	2015	2016	2017	2018	2019
----------	------	------	------	------	------

CASAL	78,73	77,37	76,07	74,24	75,56
EMBASA	78,52	78,70	76,43	76,63	74,56
CAGECE	116,55	116,05	113,28	111,58	110,93
CAEMA	97,86	94,82	95,41	92,72	92,65
CAGEPA	163,01	166,02	156,08	155,72	149,52
COMPESA	100,62	97,49	95,01	95,83	92,05
AGESPISA	120,83	122,97	104,80	106,94	84,84
CAERN	113,76	112,26	89,40	96,52	74,19
DESO	79,39	93,04	89,65	92,27	95,41

**Fonte: SNIS.** Elaboração Própria.

Além disso, ao comparar a relação entre a despesa de exploração e a extensão da rede de água (FN015/AG005) da CAGEPA com as companhias que serviram de modelo para ela ao longo dos anos (CASAL, CAGECE e AGESPISA), observa-se uma relação de despesas até 41% a 111% maior (Tabela 14). Um fator que poderia explicar essa alta relação de despesas seria a baixa densidade das ligações (razão entre ligações de água e extensão de rede), porém isso não é factível, uma vez que a CAGEPA é a unidade com a maior densidade de ligações da amostra, como pode ser visto na tabela 15.

### 5.3 Output quantidade de ligações ativas de água (AG002)

**Tabela 16** - Resultado detalhado do *output* quantidade de ligações ativas de água o percentual necessário para a eficiência - 2015 à 2019.

DMU	Resultados	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0,00%	0%
EMBASA	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0,00%	0%
CAGECE	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0,00%	0%

CAEMA	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CAGEPA	Folga	56.651	216.562	92.193	86.817	98.980
	Percentual	6,99%	25,81%	11,52%	10,61%	11,97%
COMPESA	Folga	0	0	0	13457	0
	Percentual	0,00%	0,00%	0,00%	0,69%	0,00%
AGESPISA	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CAERN	Folga	0	148.097	0	0	0
	Percentual	0,00%	21,02%	0,00%	0,00%	0,00%
DESO	Folga	30.305	0	0	0	0
	Percentual	5,60%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

**Fonte:** Resultado da folga referente ao AG002 e o percentual necessário de melhora.  
Elaboração própria

A única companhia que enfrentou dificuldades para melhorar a eficiência das ligações ativas de água foi a CAGEPA. Além dela, CAERN e DESO também tiveram essa variável deficitária, mas somente em um dos anos da amostra. Devido à limitação populacional, existe um limite para a expansão das ligações ativas de água. No entanto, mesmo com essa restrição, é possível corrigir essa situação, uma vez que há espaço para expansão nas ligações desativadas .<sup>5</sup>

#### 5.4 Output quantidade de ligações ativas de esgoto (ES002)

<b>Tabela 17 - Resultado detalhado do <i>output</i> ligações ativas de esgoto e o percentual necessário para a eficiência - 2015 à 2019.</b>						
DMU	Resultados	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0,00%	0%
EMBASA	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0,00%	0%

<sup>5</sup> O número de ligações desativadas é encontrado pela diferença entre a quantidade de ligações totais (AG021) e a quantidade de ligações ativas (AG002)

CAGECE	Folga	0	0	0	0	0
	Percentual	0%	0%	0%	0,00%	0%
CAEMA	Folga	24.214	21.119	50.259	-	43.594
	Percentual	21,25%	17,96%	44,80%	0,00%	37,81%
CAGEPA	Folga	-	-	-	-	-
	Percentual	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
COMPESA	Folga	363.497	337.673	370.654	409.868	-
	Percentual	104,71%	92,69%	98,06%	105,92%	0,00%
AGESPISA	Folga	112.768	-	153.247	-	-
	Percentual	193,17%	0,00%	176,69%	0,00%	0,00%
CAERN	Folga	26.901	-	37.899	33.955	-
	Percentual	16,42%	0,00%	23,18%	18,84%	0,00%
DESO	Folga	35.912	-	31.062	23.450	22.830
	Percentual	34,05%	0,00%	24,90%	17,64%	16,14%
<b>Fonte:</b> Resultado da folga referente ao ES002 e o percentual necessário de melhora. Elaboração própria						

De todas as variáveis do modelo, era esperado que a quantidade de ligações ativas de esgoto apresentasse o maior percentual de melhoria necessário. Analisando um período um pouco mais distante dos anos em análise, em 2001, a AGESPISA tinha o pior índice de atendimento total de esgoto para os municípios atendidos com água (IN056), com 3,71%, enquanto a CAGECE obteve o melhor resultado, com 23,71%. Em 2019, a AGESPISA registrou 6,18%, enquanto a CAERN obteve o melhor resultado, com 23,50%. Isso claramente demonstra que houve um avanço mínimo na área de coleta de saneamento básico e que o investimento no setor de coleta e tratamento de esgoto sanitário foi negligenciado pelo poder público.

COMPESA e AGESPISA foram as principais companhias que precisaram de ajustes acima de 100%. Considerando o baixíssimo índice de atendimento total de esgoto (IN056), fica evidente que há margem suficiente para a expansão necessária no número de ligações ativas de esgoto. Ao comparar as companhias CAGECE e

EMBASA, que serviram como modelos para a COMPESA, observa-se que a relação entre a quantidade de ligações ativas de água e a quantidade de ligações ativas de esgoto chega a uma diferença de 21,35 pontos percentuais. Ao realizar a mesma análise para a AGESPISA, comparando-a com as companhias modelos (CASAL e CAGECE), verifica-se uma diferença de até 27 pontos percentuais.

<b>Tabela 18</b> - Relação entre a quantidade de ligações ativas de água (AG002) pela quantidade de ligações ativas de esgoto (ES002) - 2015 à 2019.					
DMU Name	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	10,61%	14,06%	15,60%	18,42%	18,80%
EMBASA	36,18%	38,09%	40,30%	41,11%	41,35%
CAGECE	33,72%	34,84%	36,31%	37,57%	38,12%
CAEMA	20,03%	20,51%	19,52%	19,62%	20,19%
CAGEPA	32,66%	33,10%	35,74%	37,04%	37,07%
COMPESA	18,44%	19,37%	19,73%	19,75%	19,99%
AGESPISA	8,92%	11,20%	12,79%	11,11%	11,23%
CAERN	23,60%	23,68%	24,98%	24,91%	26,82%
DESO	19,49%	22,75%	22,85%	23,55%	24,51%

**Fonte: SNIS.** Elaboração Própria.

Apesar de quatro companhias apresentarem eficiência na variável, todas ainda precisam melhorar em relação à quantidade de ligações ativas de esgoto. Apenas a EMBASA, CAGECE e CAGEPA registraram uma relação ES002/AG002 acima de 32%, o que significa que, durante todo o período analisado na região nordeste, no máximo 41% das pessoas com acesso à ligação de água tinham acesso à coleta de esgoto. Os destaques negativos ficam para a AGESPISA e a CASAL, que, apesar de apresentarem uma melhora ao longo dos anos, não alcançaram nem um quinto do atendimento de coleta de esgoto para os indivíduos com acesso ao fornecimento de água.

## **6. Considerações Finais**

Este estudo teve como objetivo realizar uma análise da eficiência das prestadoras regionais de serviços de saneamento básico, especificamente as que oferecem o serviço de distribuição de água e coleta de esgoto, que atuam no

Nordeste. Para isso, utilizou-se a metodologia DEA (Análise Envoltória de Dados) e os dados da série histórica SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) referentes ao ano de 2019.

Em relação à metodologia, optou-se pelo modelo DEA-BCC (Custo Constante de Retorno à Escala) devido à natureza dinâmica do setor de saneamento e à sua orientação ao output, que se mostrou mais adequada ao propósito do estudo. O modelo escolhido foi desenvolvido por Castro (2003). Como input, foi considerada a despesa de exploração (DEA), e os outputs foram o volume de água consumido, a extensão da rede e a quantidade de ligações ativas de água e esgoto.

As limitações do trabalho estão ligadas ao limite das variáveis, dependendo da situação, a expansão de um output não é possível dado a sua finitude geográfica. A exemplo disso, seria a expansão da extensão da rede de água, dado o limite de espaço a expansão da rede não seria possível. Por mais que exista espaço para expansão, uma vez que um terço da população ainda não tem acesso a água potável, é importante tomar nota desta limitação do modelo para futuras pesquisas. Em relação ao programa utilizado, OSDEA, houve certa dificuldade em sua instalação, apresentando vários erros em relação a programas complementares, entretanto, uma vez instalado e corretamente configurado, ele é de fácil utilização.

Como resultado, verificou-se ao longo da série histórica que três das nove companhias regionais de saneamento do Nordeste foram consideradas eficientes em relação à região. No ano de 2019, apenas três companhias foram classificadas como ineficientes, sendo que uma delas foi ineficiente em todos os anos analisados, enquanto as outras duas mostraram eficiência em pelo menos um dos anos. É importante destacar que a CASAL e a AGESPISA merecem uma atenção especial em futuras pesquisas, uma vez que ambas perderam o direito de fornecimento de água, a CASAL em 2020 e a AGESPISA em 2018.

No que concerne às variáveis analisadas, o modelo indicou que a quantidade de ligações ativas de esgoto exerce a maior influência na busca pela eficiência. No entanto, é necessário examinar com mais detalhes a situação da CASAL, já que a relação entre ligações ativas de água e ligações ativas de esgoto dessa empresa é uma das mais baixas entre as analisadas. A CAGEPA, por sua vez, foi a única companhia que não apresentou a necessidade de aumentar o número de ligações ativas de esgoto, embora tenha sido necessário em relação às outras variáveis.

Como visto, o trabalho apresentou um modelo orientado para o output, deixando o input, despesas de exploração constantes. Mesmo as DMUs que apresentaram eficiência técnica, ainda não atingiram o atendimento universal de saneamento básico. Aquelas que não obtiveram eficiência, ao alcançá-la, também não atingiram o atendimento universal. Ou seja, o estrangulamento para o atendimento universal está nas despesas, e dado que o Governo Executivo, em todas as esferas, não possui recursos suficientes, fica claro que uma das maneiras de aumentar os investimentos/despesas seria facilitar a atividade do setor privado no âmbito do saneamento básico. Isso destaca que o Novo Marco acertou ao viabilizar tais empreendimentos para o capital privado. Alguém poderia argumentar que a situação fiscal do Brasil é apenas uma fase e que não haveria necessidade disso, mas, como visto no início do trabalho, nos últimos vinte anos o país avançou pouco nesse aspecto, mesmo durante o período do 'milagrinho' entre 2006 e 2010, quando o governo avançou pouco ou foi omissivo.

Com o novo Marco do Saneamento inserindo um novo arcabouço de leis e diretrizes que facilitam a entrada do capital privado no setor, fica evidente que a tendência é a entrada desses atores, como bem observado anteriormente no capítulo referente à concessão para a BRK na região metropolitana de Maceió. Os novos players do setor terão metas firmes e rigorosas a cumprir até 2033; em geral, as agências reguladoras imporão metas relacionadas a indicadores, caso contrário, haverá multa para a concessionária.

Além disso, as empresas e agências reguladoras podem utilizar a DEA para se posicionar em relação a outras empresas que adquiriram o direito de fornecimento de água em outras regiões. Como a DEA é uma ferramenta altamente flexível, as empresas podem utilizá-la como orientação, levando em consideração suas despesas como input, tanto de forma externa, comparando-as com outras empresas, quanto internamente, criando zonas e classificando-as. É importante lembrar que o modelo não se limita apenas às variáveis apresentadas, pois há todo um universo a ser explorado.

Um ponto a ser analisado é a viabilidade do uso da DEA como comparação de eficiência em regiões ou zonas internas que foram concedidas a empresas que ganharam concessões. Como exemplo simples, seria dividir a grande região metropolitana de Maceió em 5 ou 6 blocos internos e classificá-los de acordo com os

indicadores estabelecidos pela agência reguladora. Com isso, seria possível verificar qual variável ajustar em determinada localidade de forma mais precisa. Além disso, sugiro considerar a viabilidade da DEA como ferramenta de monitoramento, não se limitando apenas como ferramenta de avaliação e/ou análise.

Esses resultados destacam a importância de aprimorar o desempenho das companhias de saneamento, especialmente no que diz respeito à expansão das ligações de esgoto ativas. Essas informações são relevantes para orientar futuras ações e decisões visando melhorias na eficiência e na qualidade dos serviços prestados pelas companhias regionais de saneamento.

Essa abordagem permitiu avaliar a eficiência das prestadoras de serviços de saneamento com base em variáveis e indicadores relevantes para o setor. Os resultados obtidos por meio da análise DEA-BCC foram utilizados para identificar as empresas mais eficientes em termos de utilização dos recursos disponíveis. É importante ressaltar que o uso da metodologia DEA e a escolha dos inputs e outputs específicos foram fundamentados na literatura existente e nas características do setor de saneamento. Essa análise comparativa contribui para uma melhor compreensão da eficiência das prestadoras de serviços de saneamento e pode auxiliar na tomada de decisões e no aprimoramento dos serviços oferecidos.

## Referências

Agência Nacional de Águas. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/saneamento/>. Acesso em: 17 de maio de 2023.

BITTELBRUNN, Francine et al. **Estudo da eficiência dos gastos com saneamento básico dos estados brasileiros e DF entre 2012 a 2014 por meio de Análise Envoltória de Dados**. XXIII Congresso Brasileiro de Custos – Porto de Galinhas, Pernambuco. 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Artigo 23º.

BRASIL. **Marco Legal do Saneamento Básico**. Lei Nº 14.026, De 15 de Julho de 2020. Brasília-DF: Presidência da República, 2020.

BRK Ambiental. **Histórico**. Disponível em:  
<https://www.ri.brkambiental.com.br/a-companhia/historico/> Acesso: 28 de Maio de 2023.

Carvalho, Alfredo Assis de. **Regulação econômica e contratos sob o novo marco legal do saneamento básico: estudo de caso da concessão da região metropolitana de Maceió**. 2021. Dissertação (Mestrado em Governança e Desenvolvimento). Escola Nacional de Administração Pública - ENAP. Brasília, 2021.

CARMO, Cinthya Melo Do. **Avaliação Da Eficiência Técnica Das Empresas De Saneamento Brasileiras Utilizando a Metodologia DEA**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Recife, 2003.

Castro, Carlos Eduardo Tavares. **Avaliação da Eficiência Gerencial de Empresas de Água e Esgotos Brasileiras por meio da Envolvória de Dados**. Revista de Economia do IPEA, Brasília, Texto para discussão, n. 922, p. 9, Dezembro de 2002. ISSN 1415-4765.

Castro, César Nunes de. **Plano nacional de segurança hídrica, problemas complexos e participação social**. 2021. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal de Brasília, 2021.

MACEDO, Joel de Jesus. SAMPAIO, Armando Vaz. **Avaliação do setor de saneamento no Brasil período 2015 usando o método Análise Envolvória de Dados (DEA)**. 2021 Tópicos em Administração. Vol. 39. Ed 1º. Editora Poisson. Belo Horizonte. 2021.

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Panorama do Saneamento Básico do Brasil 2021**. Disponível em:  
<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/panorama-do-saneamento-basico-do-brasil>. Acesso em 17 de maio de 2023.

Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas. **Novo Marco Regulatório do Saneamento**. Disponível em:  
<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/novo-marco-legal-do-saneamento> Acesso em 15 de Maio de 2023.

Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Diretrizes para a Definição da Política e Elaboração do Plano de Saneamento Básico.**

2011. Brasília. Disponível em:

[https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/Diretrizes\\_Politica\\_Planos\\_de\\_Saneamento.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Diretrizes_Politica_Planos_de_Saneamento.pdf)

Roubicek, Marcelo. **O novo marco legal do saneamento básico sob análise.**

**Nexo Jornal. 25 de Junho de 2020.** Disponível em:

[http://cogetes.epsjv.fiocruz.br/storage/ANEXO\\_GEOGRAFIA\\_1ºANO\\_O\\_NOVO\\_MARCO\\_LEGAL\\_DO\\_SANEAMENTO\\_BÁSICO\\_SOB\\_ANALISE-a\\_5f065a9712d03.pdf](http://cogetes.epsjv.fiocruz.br/storage/ANEXO_GEOGRAFIA_1ºANO_O_NOVO_MARCO_LEGAL_DO_SANEAMENTO_BÁSICO_SOB_ANALISE-a_5f065a9712d03.pdf)

Acesso em: 24 de Maio de 2023.

Santos, Leticia Soares dos. **Avaliação da eficiência do saneamento no Brasil em 2019 utilizando a análise envoltória de dados.** 2022. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Ciências Econômicas) Universidade Federal Alagoas, Maceió, 2022.

Silvestre, Maria Elisabeth Duarte. **CÓDIGO DE 1934: ÁGUA PARA O BRASIL**

**INDUSTRIAL.** Revista geo-paisagem (on line), Niterói, Ano 7, nº 13, 2008,

Janeiro/Junho de 2008. ISSN Nº 1677-650 X. Disponível em:

<http://www.feth.ggf.br/Revista13.htm>

Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). **Glossário de**

**Indicadores - Água e Esgotos.** Sistema Nacional de Informação sobre

Saneamento, 2021.

Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). **Glossário de**

**Informações - Água e Esgotos.** Sistema Nacional de Informação sobre

Saneamento, 2021.

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Série Histórica.** Brasil.

Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 17 de maio de 2023.

TERA AMBIENTAL. **Os problemas ambientais causados pela falta de tratamento de efluente.** Disponível em:

<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/os-problemas-ambientais-causados-pela-falta-de-tratamento-de-efluente#:~:text=O%20esgoto%20doméstico%2C%20por%20exemplo,também%20desequilibra%20o%20ecossistema%20local.>

Acesso: 15 de junho de 2023.

Turolla, Frederico A. **POLÍTICA DE SANEAMENTO BÁSICO: AVANÇOS RECENTES E OPÇÕES FUTURAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Rio de Janeiro, 18 de fevereiro de 2003.

World Health Organization. **SANITATION**. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation> Acesso: 19 de junho de 2023.

FÄRE, Rolf; PRIMONT, Diane. **Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications**. Cambridge University Press, 1995.

FARRELL, M. J. **The allocation of economic resources**. American Economic Review, v. 49, n. 2, 1959.

FARRELL, M. J. **The measurement of productive efficiency**. Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), v. 120, n. 3, 1957.

Prof. Dr. Leonardo Flach. **Análise Envolvória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA)**. [Vídeo]. Disponível em: <https://www.youtube.com/live/cDJ13FFT0wo?> Acesso: 17 de Maio de 2023.

Sousa, Ana Cristina Augusto de. **O que esperar do novo marco do saneamento?**. PERSPECTIVAS, Cad. Saúde Pública 36 (12), 2020. doi: 10.1590/0102-311X00224020

Varian, Hal R. **MICROECONOMIA, Uma abordagem moderna**. 9ª Ed. 2015. Editora: Elsevier. 2015.

Kuwajima, Julio Issao; Santos, Gesmar Rosa dos; Santana, Adrielli Santos de; **REGULAÇÃO E INVESTIMENTO NO SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL: TRAJETÓRIAS, DESAFIOS E INCERTEZAS**. Revista de Economia do IPEA, Rio de Janeiro, Texto para discussão, n. 2587, p. 9, Agosto de 2020. ISSN 1415-4765.

## Anexos

Anexo 1 - Volume de água produzido, consumido, esgoto coletado e esgoto tratado (1.000m³) das companhias do Nordeste - 2015-2019						
DMU	Variável	2015	2016	2017	2018	2019

CASAL	AG006	160.370,36	163.088,78	142.143,00	144.199,90	152.188,30
CASAL	AG010	112.142,51	112.140,02	104.785,21	95.461,56	107.274,69
CASAL	ES005	12.103,92	28.747,15	10.521,71	13.441,71	14.971,10
CASAL	ES006	11.581,30	28.244,86	10.521,71	13.441,71	14.971,10
EMBASA	AG006	711.146,95	717.311,76	701.522,06	707.521,22	726.467,75
EMBASA	AG010	438.028,46	425.651,43	411.024,03	413.200,42	410.372,74
EMBASA	ES005	209.125,68	229.881,88	230.929,80	240.453,26	215.725,47
EMBASA	ES006	207.032,22	229.881,69	228.811,70	236.878,26	211.137,08
CAGECE	AG006	371.815,10	350.875,43	360.488,42	360.782,30	374.679,96
CAGECE	AG010	208.977,76	204.829,09	195.650,11	199.925,39	203.836,32
CAGECE	ES005	78.765,04	77.281,66	77.368,00	83.587,27	80.041,89
CAGECE	ES006	78.765,04	77.281,66	77.050,52	83.587,27	80.041,89
CAEMA	AG006	311.203,61	313.129,56	308.391,51	320.878,33	326.331,30
CAEMA	AG010	110.321,05	113.338,00	113.414,24	112.527,89	107.291,02
CAEMA	ES005	36.001,35	40.258,61	35.222,04	35.334,76	38.141,75
CAEMA	ES006	13.281,04	14.082,17	11.308,82	12.208,17	13.442,42
CAGEPA	AG006	195.856,03	195.382,06	198.164,47	205.287,34	208.548,90
CAGEPA	AG010	114.467,96	116.945,07	116.168,34	121.417,41	121.126,06
CAGEPA	ES005	59.140,46	54.950,19	45.251,30	56.417,10	49.235,91
CAGEPA	ES006	52.739,03	54.349,30	44.668,09	55.878,56	49.235,91
DMU	Variável	2015	2016	2017	2018	2019
COMPESA	AG006	579.336,84	548.804,72	572.785,11	552.218,29	583.500,65
COMPESA	AG010	248.918,19	234.092,62	249.093,03	254.175,74	275.254,57
COMPESA	ES005	68.089,54	71.159,66	77.363,13	80.168,33	86.876,76
COMPESA	ES006	67.684,19	70.767,12	77.242,54	80.052,55	86.753,19
AGESPISA	AG006	183.284,56	194.396,97	211.341,52	100.739,04	101.885,58

AGESPISA	AG010	96.795,42	95.685,27	101.219,67	51.005,29	51.029,26
AGESPISA	ES005	9.307,27	10.146,32	11.563,43	4.672,37	4.310,69
AGESPISA	ES006	9.305,77	10.146,32	11.563,43	4.672,37	4.310,69
CAERN	AG006	218.146,19	211.455,97	207.464,73	209.713,81	214.754,48
CAERN	AG010	100.805,49	101.730,40	99.097,46	102.170,90	102.272,69
CAERN	ES005	24.489,55	25.684,95	27.257,28	33.159,40	34.901,26
CAERN	ES006	20.609,10	21.530,43	27.257,28	33.159,40	34.901,26
DESO	AG006	163.759,75	146.148,70	139.977,04	140.753,00	163.841,17
DESO	AG010	76.840,95	75.845,10	73.140,15	73.489,85	88.469,57
DESO	ES005	19.537,50	22.700,51	23.161,64	24.242,96	25.098,48
DESO	ES006	19.537,50	22.700,51	23.161,64	24.242,96	25.098,48
NORDESTE	AG006	2.894.919,3	2.840.593,95	2.842.277,86	2.742.093	2.852.198
NORDESTE	AG010	1.507.297,7	1.480.257,00	1.463.592,24	1.423.374	1.466.927
NORDESTE	ES005	516.560,31	560.810,93	538.638,33	571.477,16	549.303,31
NORDESTE	ES006	480.535,19	528.984,06	511.585,73	544.121,25	519.892,02

Fonte: Sistema Nacional de Informações Saneamento, Elaboração Própria

**Anexo 2 - Despesas de exploração (1.000R\$) (FN015) - 2015 à 2019.**

DMU Name	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	312.202	354.195	343.496	376.612	420.017
EMBASA	1.727.503	1.939.426	2.136.744	2.240.588	2.427.020
CAGECE	791.399	759.775	878.777	942.026	1.107.127
CAEMA	423.856	431.613	505.868	418.839	532.548

CAGEPA	549.875	575.503	626.260	667.231	753.784
COMPESA	1.116.440	1.199.896	1.270.786	1.364.113	1.457.676
AGESPISA	317.178	463.430	547.186	349.355	360.468
CAERN	428.851	473.466	556.574	581.950	570.506
DESO	372.749	464.775	485.395	543.290	556.651

**Fonte: SNIS.** Elaboração Própria.

<b>Anexo 3 - Volume de água consumido (1.000m<sup>3</sup>) (AG010) - 2015 à 2019.</b>					
DMU Name	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	112.143	112.140	104.785	95.462	107.275
EMBASA	438.028	425.651	411.024	413.200	410.373
CAGECE	208.978	204.829	195.650	199.925	203.836
CAEMA	110.321	113.338	113.414	112.528	107.291
CAGEPA	114.468	116.945	116.168	121.417	121.126
COMPESA	248.918	234.093	249.093	254.176	275.255
AGESPISA	96.795	95.685	101.220	51.005	51.029
CAERN	100.805	101.730	99.097	102.171	102.273
DESO	76.841	75.845	73.140	73.490	88.470

**Fonte: SNIS.** Elaboração Própria.

<b>Anexo 4 - Extensão de rede água (KM) (AG005) - 2015 à 2019.</b>					
DMU Name	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	5.024	5.127	5.240	5.459	5.493
EMBASA	36.576	37.156	38.764	39.380	41.071

CAGECE	13.844	14.136	14.425	14.720	14.988
CAEMA	5.815	6.048	6.024	6.133	6.163
CAGEPA	4.974	5.053	5.127	5.257	5.529
COMPESA	18.704	19.296	20.164	20.451	21.682
AGESPISA	5.415	5.461	6.473	3.893	4.745
CAERN	6.105	6.275	7.320	7.495	9.831
DESO	6.817	5.844	6.091	6.117	6.049

**Fonte: SNIS.** Elaboração Própria.

**Anexo 5 - Quantidade de ligações ativas de água (AG002) - 2015 à 2019.**

DMU Name	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	395.526	396.697	398.611	405.265	415.059
EMBASA	2.872.124	2.924.222	2.962.696	3.017.734	3.062.096
CAGECE	1.613.578	1.640.545	1.634.080	1.642.486	1.662.674
CAEMA	569.034	573.443	574.725	568.681	570.987
CAGEPA	810.816	838.908	800.227	818.645	826.708
COMPESA	1.882.052	1.881.116	1.915.708	1.959.827	1.995.732
AGESPISA	654.302	671.554	678.364	416.305	402.551
CAERN	694.503	704.405	654.435	723.428	729.357
DESO	541.235	543.707	546.030	564.399	577.155

**Fonte: SNIS.** Elaboração Própria.

**Anexo 6 - Quantidade de ligações ativas de esgoto (ES002) - 2015 à 2019.**

DMU Name	2015	2016	2017	2018	2019
CASAL	41.960	55.783	62.166	74.640	78.050
EMBASA	1.039.002	1.113.941	1.193.921	1.240.584	1.266.035

CAGECE	544.028	571.608	593.403	617.140	633.835
CAEMA	113.952	117.588	112.196	111.594	115.301
CAGEPA	264.797	277.709	286.023	303.211	306.458
COMPESA	347.139	364.292	377.978	386.971	398.849
AGESPISA	58.377	75.206	86.730	46.235	45.211
CAERN	163.870	166.819	163.497	180.203	195.644
DESO	105.483	123.695	124.756	132.936	141.447

**Fonte: SNIS.** Elaboração Própria.