
EFICIÊNCIA TÉCNICA E DESAFIOS NO SANEAMENTO BÁSICO DO NORDESTE BRASILEIRO: UMA ANÁLISE DEA (2015-2019)

Technical Efficiency and Challenges in Sanitation in the Brazilian Northeast: A DEA Analysis (2015-2019)

Ariel Matias de Sales Azevedo

Economista. Mestrando do Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Alagoas. Av. Lourival Melo Mota, S/N Tabuleiro do Martins, 57072-900, Maceió, Alagoas, Brasil. ariel.azevedo@feac.ufal

Verônica Nascimento Brito Antunes

Economista. Doutora em Políticas Públicas e Desenvolvimento. Professora do Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Alagoas e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rodovia BR 465, Km 07, Zona Rural, Seropédica, RJ, Brasil. CEP: 23890-000. veronicanbatunes@gmail.com

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo analisar a eficiência técnica das companhias regionais de saneamento básico nos estados 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 clara 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: Análise Envoltória de Dados, DEA, Saneamento básico no Nordeste.

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.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um direito fundamental que impacta diretamente a saúde pública, a qualidade de vida e o desenvolvimento socioeconômico das populações. No Brasil, a Região Nordeste enfrenta desafios históricos nesse setor, caracterizados por baixos índices de cobertura e eficiência operacional.

A análise de desempenho das companhias de saneamento básico no Nordeste é essencial para compreender as disparidades regionais e propor soluções que promovam a equidade no acesso a serviços essenciais. Pretende-se contribuir para o debate sobre a melhoria da gestão pública e a implementação de políticas que atendam às necessidades da população nordestina.

A eficiência técnica das companhias de saneamento básico é um fator para a melhoria desses índices. A Análise por Envoltória de Dados (DEA) surge como uma ferramenta para avaliar e comparar a eficiência relativa das unidades de decisão, considerando múltiplos insumos e produtos sem a necessidade de especificar uma função de produção paramétrica. Essa metodologia permite identificar as melhores práticas e áreas de melhoria, fornecendo subsídios para políticas públicas mais eficazes.

O presente estudo visa analisar a eficiência técnica das companhias regionais de saneamento básico no Nordeste brasileiro no período de 2015 a 2019, utilizando a metodologia DEA. A pesquisa busca não apenas avaliar o desempenho das empresas, mas também identificar variáveis críticas, como o número de ligações ativas de esgoto, que impactam diretamente na eficiência operacional. Além disso, o estudo discute as implicações dos resultados para a formulação de políticas públicas e a necessidade de investimentos no setor, alinhados às diretrizes do Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), que visa universalizar o acesso aos serviços de água e esgoto até 2033.

A Constituição Federal brasileira estabelece a saúde como um direito público e o saneamento básico como dever comum entre todas as esferas do poder público. Dessa forma, torna-se evidente a necessidade urgente de investimentos e intervenções no setor de saneamento básico, visando à universalização do acesso e à melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O saneamento básico no Brasil configura-se como um dos principais desafios estruturais do setor público, impactando diretamente a saúde pública e o meio ambiente. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2001) revelam que, em 2000, aproximadamente 54% da população brasileira tinha acesso ao abastecimento de água, número que aumentou para 59% em 2019, representando um crescimento absoluto de 95 milhões para 126,4 milhões de pessoas atendidas. No entanto, a situação relativa ao esgotamento sanitário é ainda mais preocupante, apenas 22% da população tinha acesso a esse serviço, percentual que subiu para 35% em 2019 (SNIS, 2020). Isso significa que dois terços da população brasileira ainda descartam seus dejetos de forma inadequada, contribuindo para a poluição ambiental, especialmente nos lençóis freáticos e águas subterrâneas.

A Região Nordeste apresenta índices alarmantes: em 2019, 70,1% da população tinha acesso ao abastecimento de água, enquanto apenas 24,74% dispunham de esgotamento sanitário (ANA, 2020). Essa disparidade contribui para a contaminação das águas pluviais, superficiais e dos lençóis freáticos, uma vez que o esgoto sanitário sem coleta e tratamento adequados é frequentemente descartado nesses locais (TERA, 2017).

Investimentos no setor de saneamento básico são fundamentais para prevenir doenças que afetam diretamente o setor de saúde (ANA, 2017). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), para cada dólar investido em saneamento básico, economiza-se até quatro no setor de saúde.

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 da 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 buscam 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, pela natureza monopolista do setor de saneamento, bem como pelas questões de escala e das dificuldades estruturais enfrentadas pelos municípios, incluindo alto endividamento, infraestrutura insuficiente, base tributária limitada e fragilidades de gestão (Turolla, 2003; 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) ao mesmo tempo em que orientou a meta de cobertura de 99% de atendimento de água e 90% na captação e tratamento de esgoto até 2033 (ANA, 2020).

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 essa 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 dados sobre saneamento no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Além dos dados agregados e desagregados sobre saneamento, existem indicadores¹ que são utilizados como guias na gestão das companhias e autarquias. 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 A análise envoltória de dados aplicada ao saneamento

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

¹ Os indicadores em questão são: IN013 - Índice de perdas de faturamento; IN049 - Índice de perdas na distribuição; IN050 - Índice bruto de perdas lineares; IN051 - Índice de perdas por ligação.

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 representou aproximadamente 85% da população do país na época. 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.

3 METODOLOGIA

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 (1984), 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 em que 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). O modelo 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 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).

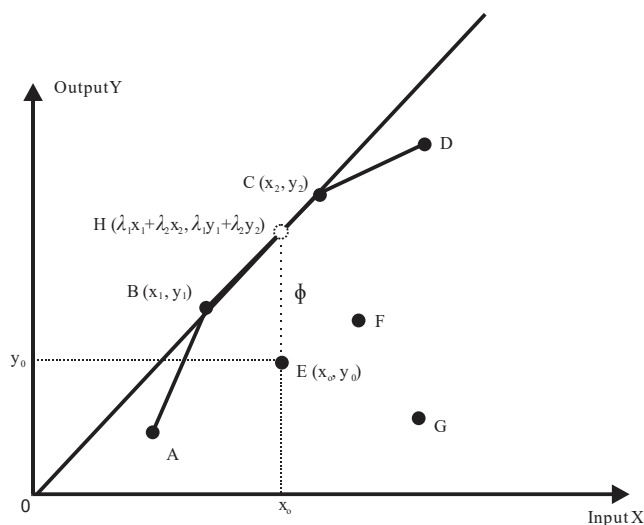
Em complemento, abaixo estão as equações a que a DEA-BCC, orientada ao *output*, está sujeita. Onde: y_{r0} = valor de *output* 'r' para a DMU 0 (sendo avaliada);

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, conforme equação [1] e modelo dual, equação [2]:

DEA-BCC orientado ao output	
Modelos dos Multiplicadores (Primal) [1]	Modelo Envelope (Dual) [2]
Minimizar $E_{j_0} = \sum_{i=1}^n u_i \cdot x_{i0} + u'$ Sujeito a: $\sum_{r=1}^s v_r \cdot y_{r0} = 1$ $\sum_{i=1}^n u_i \cdot x_{ji} - \sum_{r=1}^s v_r \cdot y_{rj} + u' \leq 0, \text{ para } j = 1, 2, \dots, m$ 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	Maximizar η Sujeito a: $\sum_{i=1}^n x_{ij} \cdot \lambda_j \leq x_{i0}, \text{ para } i = 1, 2, \dots, n$ $\sum_{r=1}^s y_{rj} \cdot \lambda_j - \eta y_{r0} \geq 0, \text{ para } r = 1, 2, \dots, s$ $\sum_{j=1}^m \lambda_j = 1, \text{ para } j = 1, 2, \dots, m$

Já a Figura 1 ilustra o modelo DEA-BCC orientado a output.

Figura 1 – Gráfico modelo, DEA-BCC



Fonte: elaboração própria, 2023.

Em adição ao modelo DEA-VRS, também foram utilizados 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), o Índice de atendimento total de água (IN055), e o Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (IN010). Além deles, também foram calculadas 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.

3.1 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 descrições das variáveis empregadas estão apresentadas no Quadro 1 e seguem as definições do Glossário de Informações de Água e Esgoto (2021).

Quadro 1 – 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(s)* e busca-se maximizar os *outputs*.

No contexto das companhias de saneamento básico presentes no nordeste, é relevante observar que, durante o período observado, todas elas eram estatais de economia mista com administração pública e tinham grande parte de suas despesas relacionadas à folha de pagamento de funcionários estáveis e de terceiros. Nesse caso, torna-se inviável modificar essas variáveis devido às particularidades do setor.

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.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a síntese das estatísticas descritivas das variáveis selecionadas de saneamento do Nordeste brasileiro, para o período compreendido entre 2015 e 2019.

Tabela 1 – Estatística Descritiva

Ano	Variável	Mínimo	1° Quartil	Mediana	Média	3° 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

Ano	Variável	Mínimo	1° Quartil	Mediana	Média	3° Quartil	Máximo	Desv. Pad
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, 2023.

A seguir, a Tabela 2 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, pelo modelo DEA-BCC, orientação *output*. Observa-se que apenas três companhias foram eficientes em todos os anos: CASAL, EMBASA e CAGECE. 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.

Tabela 2 – Série Histórica das eficiências das companhias de saneamento do Nordeste 2015-2019

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, 2023.

Apesar das variáveis utilizadas e amostras serem diferentes das que foram utilizadas por Macedo e Sampaio (2021), o escore encontrado por eles é semelhante ao encontrado nesta pesquisa. No referido trabalho, 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)², 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, Bittelbrunn (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, e 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, também pode despontar como modelo para outras companhias no Brasil.

² A sua amostra é composta por todas as companhias estatais do Brasil e utiliza variáveis completamente diferentes, somente quatro companhias tiveram uma pontuação abaixo de 0,78; as demais apresentaram valores acima de 0,94.

Na outra ponta, pode-se 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 a 0,76 e 0,73 respectivamente, o 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, já que ambos apresentam pontuações acima de 0,96.

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

Na Tabela 3, podemos ver a frequência 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 3 – 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, 2023.

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 4. 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.

Tabela 4 – Índice de atendimento total de água (IN055) - 2015 à 2019

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: Elaboração própria, com base nos dados do SNIS, 2023.

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, conforme a Tabela 5, abaixo. Para efeitos de comparação, a

CAGEPA, uma companhia que não apresentou eficiência em nenhum ano, registrou um indicador de 55,38% em 2019 (ver Tabela 5). Esse baixo índice indica que grande parte do volume disponibilizado pela CASAL é estimado, tornando os dados dessa unidade pouco confiáveis.

Tabela 5 – Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (IN010) - 2015 à 2019

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: Elaboração própria, com base nos dados do SNIS, 2023.

Além disso, o índice de hidrometração é relativamente alto ao longo , com exceção da CAEMA 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 5 apresenta com mais detalhes os valores desses indicadores. No entanto, essa característica não é exclusiva da CASAL, é também das outras unidades. A proporção de ligações hidrometradas com valor micromedido é, no mínimo, curiosa.

Tabela 6 – Índice de hidrometração (IN009) - 2015 à 2019

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: Elaboração própria, com base nos dados do SNIS, 2023.

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 dos trabalhos levantados na revisão de literatura). Apesar de Castro (2003) ter explorado cada uma das variáveis, não indica 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. Dados esses apontamentos e feita esta análise geral.

Veremos agora as melhorias que seriam necessárias para cada um dos *outputs*, para tornar as DMUs eficientes.

4.1 Output volume de água consumido (AG010)

Na Tabela 7 apresentada abaixo, é possível observar que, com exceção das três companhias modelo (CAGECE, CASAL e EMBASA), 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 ajust-

te da CAGEPA diminui 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.

Tabela 7 – Resultado detalhado do *output* volume de água consumido 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%	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.

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.

Tabela 8 – Volume de água perdida em KM³ - 2015 a 2019

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

Fonte: SNIS. Elaboração própria, 2023

Na Tabela 8, 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 à eficiência dessa variável.

4.2 Output extensão de rede de água (AG005)

Conforme a Tabela 9, 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 9 – Resultado detalhado do output extensão de rede de água e o percentual necessário para a eficiência - 2015 a 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: Elaboração própria, 2023.

Além disso, como mostra Tabela 10, 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 10 – Despesas de exploração (FN015) dividido pela extensão de rede de água (AG005) - 2015 a 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)

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 11.

Tabela 11 – 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: Elaboração Própria, 2023.

4.3 Output quantidade de ligações ativas de água (AG002)

A Tabela 12 mostra o Resultado da folga referente ao AG002 e o percentual necessário de melhora. A única companhia que enfrentou dificuldades para melhorar a eficiência das ligações ativas de água foi a CAGEPA, como indica a Tabela 12. Além dela, CAERN e DESO também tiveram essa variável deficitária, mas somente em um dos anos da amostra.

Tabela 12 – Resultado detalhado do output quantidade de ligações ativas de água o percentual necessário para a eficiência - 2015 a 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: Elaboração própria, 2023

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 desativadas³.

³ O número de ligações desativadas é encontrado pela diferença entre a quantidade de ligações totais (AG021) e a quantidade de ligações ativas (AG002).

4.3 Output quantidade de ligações ativas de esgoto (ES002)

A Tabela 13 apresenta o resultado da folga referente ao ES002 e o percentual necessário de melhora. 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%.

Tabela 13 – Resultado detalhado do output ligações ativas de esgoto e o percentual necessário para a eficiência - 2015 a 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	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%

Fonte: Elaboração própria, 2023.

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, conforme a Tabela 14. 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.

Tabela 14 – Relação entre a quantidade de ligações ativas de água (AG002) pela quantidade de ligações ativas de esgoto (ES002) - 2015 a 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.

5 CONCLUSÃO

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, 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.

As limitações do trabalho estão ligadas ao limite das variáveis, dependendo da situação, a expansão de um *output* não é possível dada 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 à água potável, é importante tomar nota desta limitação do modelo para futuras pesquisas. De todo modo, 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.

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.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/saneamento/>. Acesso em: 17 de maio de 2023.

BITTELBRUNN, F. 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**. Congresso Brasil de Custos, 23., 2016, Porto de Galinhas. Anais... Porto de Galinhas: ABC, 2016.

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

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

_____. 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

CARVALHO, A. A. 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, C. M. **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, C. E. T. Avaliação da Eficiência Gerencial de Empresas de Água e Esgotos Brasileiras por meio da Envoltória de Dados. Revista de Economia do IPEA, Brasília, **Texto para discussão**, n. 922, p. 9, Dezembro de 2002. ISSN 1415-4765.

CASTRO, C. N. **Plano nacional de segurança hídrica, problemas complexos e participação social**. 2021. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal de Brasília, 2021.

MACEDO, J. J.; SAMPAIO, A. V. **Avaliação do setor de saneamento no Brasil período 2015 usando o método Análise Envoltória de Dados (DEA)**. Tópicos em Administração. Vol. 39. Ed 1º. Editora Poisson. Belo Horizonte, 2021.

ROUBICEK, M. **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. Acesso em: 24 de Maio de 2023.

SANTOS, L. S. 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, M. E. D. **Código de 1934: água para o Brasil industrial.** *Revista geo-paisagem* (online), Niterói, Ano 7, nº 13, 2008, Janeiro/Junho de 2008. ISSN Nº 1677-650X.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO. **Glossário de Indicadores - Água e Esgotos.** Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, 2021.

_____. **Glossário de Informações - Água e Esgotos.** Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, 2021.

_____. **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%20por%20exemplo,também%20desequilibra%20o%20ecossistema%20local>. Acesso: 15 de junho de 2023.

TUROLLA, F. **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.

FÄRE, R.; PRIMONT, D. **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.

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

FLACH, L. **Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA).** [Vídeo]. Disponível em: <https://www.youtube.com/live/cDJ13FFT0wo?> Acesso: 17 de Maio de 2023.

SOUSA, A. C. A. de. O que esperar do novo marco do saneamento? Perspectivas. *Cad. Saúde Pública*, v. 36, n. 12, 2020. doi:<https://doi.org/10.1590/0102-311X00224020>.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: Uma abordagem moderna**. 9ª Ed. 2015. Editora: Elsevier. 2015.

KUWAJIMA, J. I.; SANTOS, G. R.; SANTANA, A. S. 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.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Sanitation**. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation> Acesso: 19 de junho de 2023.