

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE

CAMPUS DE TOLEDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

MESTRADO

**SANEAMENTO BÁSICO NO PARANÁ: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DAS
UNIDADES DA SANEPAR NOS ANOS DE 2007 E 2022**

Toledo

2025

JÉSSICA RÉGIA PORTILHO REZENDE STULP

**SANEAMENTO BÁSICO NO PARANÁ: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DAS
UNIDADES DA SANEPAR NOS ANOS DE 2007 E 2022**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia – Mestrado, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/*Campus* de Toledo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Weimar Freire da Rocha Junior

Coorientador: Prof. Dr. Cristiano Stamm

Toledo

2025

SANEAMENTO BÁSICO NO PARANÁ: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DAS UNIDADES DA SANEPAR NOS ANOS DE 2007 E 2022

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia – Mestrado, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/*Campus* de Toledo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Weimar Freire da Rocha Junior
Universidade Estadual do Oeste do
Paraná

Prof. Dr. Cristiano Stamm
Universidade Estadual do Oeste do
Paraná

Prof. Dr. Carlos Alberto Piacenti
Universidade Estadual do Oeste do
Paraná

Prof. Kilmer Coelho Campos
Universidade Federal do Ceará

Toledo-PR, 20 de fevereiro de 2025.

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

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho não apresenta apenas o meu esforço, mas também a contribuição de todas as pessoas que me apoiaram, não apenas academicamente, mas de várias maneiras ao longo da jornada. Por isso, expresso minha gratidão especialmente aos meus pais: Jucilene e Carlos Eduardo e ao meu irmão Matheus, por serem meus primeiros orientadores nesse mundo e por continuarem a me apoiar até hoje, com muito amor.

Meus agradecimentos ao meu marido, Jullian, por ser meu porto seguro e inspiração, pela motivação, suporte e compreensão em todo esse processo e minha filha amada, Isabella que é minha maior motivação para querer vencer, que da sua forma mais pura e doce sempre me deu forças.

Agradeço a todos meus professores que me apontaram o caminho até aqui. Aos professores da minha banca que fizeram grandes contribuições para o enriquecimento deste trabalho, uma honra tê-los comigo. E, especialmente, ao professor Doutor Cristiano Stamm que segue me coorientando durante todo o processo do mestrado: muito obrigada pela sua paciência, motivação, dedicação, ensinamentos, por estar sempre pronto para me auxiliar e sanar minhas dúvidas e por acreditar que sou capaz. Agradeço também meus colegas pela companhia e suporte nesse período, sempre me explicando assuntos com os quais nunca havia tido contato com muita paciência e bom humor. Obrigada por dividir e ensinar um pouco da profissão de vocês para mim.

Resta agradecer ao programa de Pós-Graduação em Economia pela oportunidade, a CAPES pela bolsa concedida, e a todos que torceram, acreditaram e me ajudaram de alguma forma: MUITO OBRIGADA.

STULP, J.R.P.R. SANEAMENTO BÁSICO NO PARANÁ: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DAS UNIDADES DA SANEPAR NOS ANOS DE 2007 E 2022. 93 f. (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná *Campus* de Toledo, 2025.

RESUMO

A água é um recurso natural finito e um bem público essencial para a vida e a saúde. O fornecimento de água e o tratamento de esgoto são componentes do saneamento básico, cujo objetivo é garantir à população o acesso a água potável segura e a coleta e tratamento adequados dos resíduos, preservando o meio ambiente. O surgimento da Lei Nacional do Saneamento Básico desencadeou mudanças necessárias na prestação dos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgotos. Este trabalho analisou a eficiência da prestação dos serviços de saneamento básico no Estado do Paraná, prestados pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) nos anos de 2007 e 2022. A base de dados utilizada foi do Sistema Nacional de Informação em Saneamento Básico (SNIS), Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) e do censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nos anos avaliados, utilizando a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA) e o índice Malmquist. O estudo detalhou os resultados referentes aos *outputs* do modelo construído e o avanço da eficiência entre os anos comparados, tornando a prestação além de universal, mais eficiente. Observou-se que no período, houve uma queda na produtividade e mudança de eficiência tecnológica. Mesmo assim, notou-se aumento da eficiência média entre os períodos analisados. A queda na produtividade demonstra que a combinação de *inputs* e *outputs* resultou em menor produção relativa.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados, Política Nacional de Saneamento Básico, Eficiência técnica.

STULP, J.R.P.R. BASIC SANITATION IN PARANÁ: THE EFFICIENCY OF SERVICE PROVISION OF SANEPAR IN THE YEARS 2007 AND 2022. 93 f. (Master's in Economics) – Western Paraná State University, Toledo *Campus*, 2025.

ABSTRACT

Water is a finite natural resource and a public good essential for life and for health. The water supply chain and sewage treatment are components of basic sanitation, which aim is to assure inhabitants the access to potable water as well as to the adequate collection and treatment of waste, in order to preserve the environment. The advent of the National Basic Sanitation Law unleashed necessary changes in services of water supply and sewage treatment. This paper analyses the efficiency of the services provided by the Paraná Sanitation Company (Sanepar) in the years 2007 and 2022. The used databases were the National Basic Sanitation Information System (SNIS), the Paraná Sanitation Company (Sanepar) and the census conducted by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) during the observed years, applying the technique of Data Envelopment Analysis (DEA) and the Malmquist index. The study details the results referring to the *outputs* of the built model and the advances in efficiency along the compared years, making the services beyond universal, more efficient. It was observed that in the period there was a decrease in productivity and a change in technological efficiency. Even though, an increase in the average efficiency between the analyzed periods was noted. The decrease in productivity shows that the combination of *inputs* and *outputs* resulted in a lower relative production.

Key-words: Data Envelopment Analysis, National Basic Sanitation Policy, Technical Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de eficiência.....	20
Figura 2 - Unidade de Tomada de Decisão de dois <i>inputs</i> e três <i>outputs</i>	21
Figura 3 - Comparação entre fronteiras dos modelos CCR e BCC	23
Figura 4 - Modelos de Análise Envoltória de Dados e respectivas eficiências	24
Figura 5 - Representação do modelo BBC.....	37
Figura 6 - Eficiência dos municípios em relação à água para os anos de 2007 (a) e 2022 (b).....	51
Figura 7 - Eficiência dos municípios em relação à água e esgoto para os anos de 2007 (a) e 2022 (b).....	55
Figura 8 - Análise da eficiência nos anos de 2007 e 2022, utilizando o índice de Malmquist em relação ao abastecimento de água	58
Figura 9 - Análise da eficiência, utilizando o índice de Malmquist em relação aos serviços de água e esgoto para os anos de 2007 e 2022	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Compilado da Revisão de Literatura	32
Quadro 2 – Formulação matemática do modelo BBC	36
Quadro 3 – Dados de um modelo e cálculos das eficiências técnicas com o modelo RVE.....	38
Quadro 4 – Descrição da variável e a referência dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> utilizados no modelo DEA	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatística descritiva dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do modelo DEA para a água.	45
Tabela 2 – Estatística descritiva dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do modelo DEA para água e esgoto	47
Tabela 3 – Escores de eficiência do modelo DEA em relação à água	49
Tabela 4 – Escores de eficiência do modelo DEA em relação à água e esgoto	54

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Municípios não atendidos pela Sanepar e municípios analisados	42
Mapa 2 - Eficiência em relação ao abastecimento de água no ano de 2007 por município do Paraná	52
Mapa 3 - Eficiência em relação ao abastecimento de água no ano de 2022 por município do Paraná	53
Mapa 4 - Eficiência média em relação à água e esgoto no ano de 2007 por região do Paraná.....	56
Mapa 5 - Eficiência média em relação a água e esgoto no ano de 2022 por região do Paraná.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO	15
2.2 EFICIÊNCIA TÉCNICA E TEORIA DA PRODUÇÃO	17
2.3 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS.....	21
3 REVISÃO DE LITERATURA	28
4 METODOLOGIA	35
4.1 TÉCNICA PARA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA – MODELO BBC	35
4.2 SELEÇÃO DOS <i>INPUTS</i> E <i>OUTPUTS</i>	39
4.3 SELEÇÃO DAS DMUs	41
5 ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	45
5.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA DEA.....	45
5.2 EFICIÊNCIA DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA DEA.....	49
5.3 COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA – ÍNDICE DE <i>MALMQUIST</i>	57
6 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS.....	65
ANEXO I.....	72
ANEXO II.....	77
ANEXO III.....	82
ANEXO IV	86
ANEXO V	90
ANEXO VI	92

1 INTRODUÇÃO

A escassez de investimentos no setor de saneamento tem sido um tema de discussão recorrente, particularmente em relação ao desempenho das organizações brasileiras de saneamento básico, sejam elas públicas ou privadas (Margulies, 2018).

Segundo Costa et al. (2022), o saneamento básico compreende o conjunto de infraestruturas geralmente administradas e reguladas pelo estado, visando aprimorar o ambiente e as condições de vida da população. Seu propósito é reduzir o despejo de materiais poluentes e tóxicos na natureza por meio de tratamento adequado e descarte ecologicamente responsável.

Zhou et al. (2018) destacam que a implementação dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) das Nações Unidas e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) têm gerado um crescente interesse no desenvolvimento de técnicas de saneamento inovadoras e sustentáveis, por exemplo, o objetivo seis do ODS busca assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento (IPEA, 2019).

No Brasil, conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), nos anos 2000, cerca de 54% da população tinha acesso ao abastecimento de água, já em 2019 esse valor evoluiu para 59%. Em termos absolutos, esse número foi de 95 milhões para 126,4 milhões de pessoas atendidas. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) o acesso ao saneamento e a coleta de lixo nos municípios do Brasil melhorou em relação aos indicadores desde 2010.

Portanto, o percentual de pessoas vivendo em lares com descarte adequado de esgoto subiu de 64,5% para 75,5%. Apesar desse percentual parecer elevado, em 2022 o Brasil ainda contava com 49 milhões de pessoas residindo em habitações sem descarte adequado de esgoto (24,5% da população) e 1,2 milhão sem banheiro ou sequer um sanitário (0,6%). Em relação ao percentual de pessoas vivendo em lares com ligação à rede geral de água (a forma mais comum), passou de 81,5% para 86,6% (incluídos os que não utilizam a rede como forma principal) (IBGE, 2022).

No Brasil, a Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007, estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, seguindo princípios fundamentais, como a universalização do acesso e efetiva prestação do serviço, garantindo acesso a

população de uma forma geral, abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e drenagem urbana de forma adequada (Brasil, 2007).

Já o novo Marco Legal do Saneamento Básico, fornecido pela Lei 14.026 de 16 de julho de 2020, que atualizou e modificou a Lei de 2007, trouxe algumas inovações: instituindo a obrigatoriedade dos contratos preverem metas de desempenho e de universalização dos serviços; adotando como princípio a regionalização dos serviços de saneamento; promovendo mudanças substanciais na sua regulação; e estimulando a concorrência e a privatização das empresas estatais de saneamento, entre outras (Brasil, 2020).

Apesar de garantido por lei, dilemas teóricos surgem quando a infraestrutura de saneamento enfrenta desafios no Brasil. Após pouco mais de uma década desde a sanção da Lei de Saneamento Básico, observa-se uma melhoria no acesso à água tratada e ao esgotamento sanitário, porém, o aumento percentual atinge apenas pouco mais da metade da população (Silva Filho; Ferreira, 2021).

Já a Política Nacional de Saneamento Básico trouxe mudanças significativas ao sistema de saneamento no Brasil, com potencial de aumentar a eficiência dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto nos municípios brasileiros (Cruz; Motta; Marinho, 2019).

No Estado do Paraná observa-se que no ano de 2022, 91,6% da população possuía acesso ao abastecimento de água, por outro lado, apenas 76,3% tinham acesso ao esgotamento sanitário (SNIS, 2022), percentuais que mesmo estando acima da média nacional, principalmente com relação ao abastecimento de água, podem ser melhorados.

De acordo com o instituto Trata Brasil (2022), o estado Paraná é reconhecido como um dos estados mais avançados do país em termos de acesso à água e esgotamento sanitário. A maioria dos municípios do estado do Paraná é atendido pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar¹), sob responsabilidade do Governo Estadual, a qual presta serviços de saneamento básico em 345 dos 399 municípios paranaenses (representando 86,47% dos municípios), além do município de Porto União localizado no estado de Santa Catarina.

Entretanto, abranger toda essa demanda no saneamento do estado, traz a necessidade de analisar de forma técnica a eficiência do serviço prestado. Embora tenha uma boa cobertura de atendimento, até o ano de 2022 o fornecimento de água

¹ Empresa estatal de economia mista, com ações na bolsa de valores B3.

potável ainda era efetivo para aproximadamente 3,9% da população, bem como 26,7% ainda não possuíam esgotamento sanitário (Agência Estadual de Notícias do Paraná, 2024). Outro ponto a correlacionar, é que no último ano, o estado, decretou situação de emergência devido à falta de chuvas e ocorrência de seca, reduzindo o fornecimento de água para a população, acarretando em elevados gastos de gestão operacional em busca de mais fontes de abastecimento hídrico (Decreto 7258 - 4 de Setembro de 2024) (Paraná, 2024). Tais aspectos, condicionam a necessidade de se conhecer a eficiência do saneamento no Paraná, de forma a identificar pontos a serem melhorados, mantendo um padrão de qualidade na distribuição de água e tratamento de esgoto, visando otimizar os serviços ofertados, proporcionando uma gestão de qualidade operacional e financeira.

Os serviços de água e esgotos estão intrinsecamente ligados às condições ambientais e, de acordo com Macedo (2007), a água pode atuar como meio de transmissão para diversas doenças causadas por microrganismos, resultantes tanto da ingestão de água contaminada quanto do uso de água poluída para irrigação.

Logo, o problema de pesquisa deste trabalho consiste no seguinte questionamento: A Sanepar é eficiente em relação a oferta de serviços de saneamento básico (água e esgoto) para os anos de 2007 e 2022?

O estudo da eficiência dos serviços de saneamento básico nos municípios do Estado do Paraná para os anos de 2007 e 2022 é justificado levando em consideração que é inegável a importância do saneamento básico para a saúde pública. O acesso a serviços de água potável e tratamento de esgoto é essencial para garantir a saúde da população e prevenir doenças. Estudar a eficiência desses serviços permite identificar variáveis que necessitam de melhorias, contribuindo diretamente para a qualidade de vida dos habitantes.

O saneamento básico também é um dos pilares do desenvolvimento sustentável. Avaliar a eficiência dos serviços prestados ajuda a alinhar as ações dos municípios às metas de sustentabilidade, promovendo o uso responsável dos recursos naturais e a preservação do meio ambiente.

Além disso, a análise da eficiência técnica dos serviços de saneamento é importante para a gestão eficaz dos recursos públicos. Identificar e corrigir ineficiências pode resultar em economia de recursos financeiros e na melhor prestação de serviços à população. Já a comparação entre os anos de 2007 e 2022 permite avaliar o progresso e/ou o retrocesso realizado ao longo do tempo, fornecendo

subsídios para a elaboração de políticas e práticas que promovam melhorias contínuas na gestão dos serviços de saneamento. *Policymakers* podem utilizar os *insights* obtidos para formular estratégias de intervenção mais eficazes.

A avaliação da eficiência dos diferentes municípios também possibilita a realização de *benchmarking*, onde boas práticas podem ser identificadas, otimizadas ou replicadas em outras localidades. Isso estimula a competitividade saudável entre as unidades prestadoras de serviços, incentivando melhorias contínuas.

Por fim, melhorar a eficiência dos serviços de saneamento tem um impacto direto no bem-estar social e no desenvolvimento econômico dos municípios. Populações com acesso adequado a esses serviços tendem a ter melhores condições de saúde, educação e produtividade, contribuindo para o crescimento econômico local.

Essas justificativas demonstram a relevância do estudo, destacando como ele pode contribuir para melhorias significativas na prestação de serviços de saneamento básico e, conseqüentemente, na qualidade de vida da população do Estado do Paraná.

Com o intuito de responder tal questionamento o objetivo principal deste trabalho é analisar a eficiência técnica da gestão dos serviços de saneamento básico prestados nos municípios do Estado do Paraná, nos anos de 2007 e 2022.

Os objetivos específicos são:

- a) analisar e sistematizar variáveis diretas do saneamento básico;
- b) analisar a eficiência em cada município do Estado do Paraná para o período de 2007 e 2022;
- c) comparar a evolução da eficiência nos municípios analisados do Estado do Paraná entre os períodos.

O emprego da metodologia DEA é uma contribuição para a pesquisa pois, permite determinar a eficiência das unidades analisadas, destacando os aspectos que levam uma unidade a ser menos eficiente em comparação com outras da amostra, e sugere possíveis soluções para resolver o problema em questão. Por ser uma técnica estatística não paramétrica amplamente utilizada em diversas áreas, os dados fornecidos podem ser considerados como importantes e representativos (Kistner; Ferreira; Kazmirczak, 2022).

Os resultados alcançados, poderão ser utilizados pela empresa no ajuste das unidades prestadoras de serviço disponível em cada município, na distribuição

adequada de recursos financeiros e na dinâmica das despesas para exploração de captação de água.

Nesse sentido, o trabalho está estruturado em seis seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção, apresenta-se o referencial teórico, que aborda os conceitos principais de eficiência técnica e sua relação com o saneamento básico. Em seguida, a revisão de literatura, que discute os métodos e resultados das pesquisas mais recentes sobre o tema. A metodologia, quarta seção, detalha o método e as técnicas empregadas para atingir os objetivos do estudo. Por fim, as seções de resultados e discussão (5) e conclusão (6) trazem os resultados e suas análises finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção tem por finalidade contextualizar o leitor sobre os conceitos abordados. No referencial teórico são discutidos temas como saneamento básico e esgotamento sanitário, eficiência técnica e análise envoltória de dados. Na sequência é apresentado uma revisão de literatura a partir de trabalhos já consolidados.

2.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Saneamento básico “pode ser definido como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social da população” (Juiz; França; Silva, 2024). Para Leiva (2018) o saneamento básico é resultado do conjunto de serviços que promovem saúde pública, sustentabilidade ambiental, e tem como objetivo proporcionar uma situação higiênica e saudável para todas as pessoas. Isso ocorre através do abastecimento de água, coleta de esgotos, manejo de resíduos sólidos e águas pluviais, almejando o bem estar da população.

Ficarelli e Ribeiro (2017) descreveram que a universalização dos serviços públicos de abastecimento de água é um dos desafios às municipalidades, tendo em vista que o acesso da população aos adequados serviços de saneamento proporciona a melhoria na saúde, mas, em contrapartida, demanda adequado planejamento urbano e aplicação de recursos para construção, ampliação e manutenção de obras e serviços hidráulico-sanitários.

Em nível internacional, a ONU (Organização das Nações Unidas) estabeleceu como meta entre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível. Disposto 6 dos Objetivos: água potável e saneamento básico que visa garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos (ONU, 2024).

Já no Brasil, de acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2013), o alcance da universalização previsto para 2033 está posto para os serviços de abastecimento de água nas áreas urbanas de todas as macrorregiões, assim como nas áreas rurais do Sudeste, Sul e Centro-Oeste. As metas para as regiões Nordeste e Norte no mesmo ano são de 97% e 94%, respectivamente.

O PLANSAB consiste no planejamento integrado do saneamento básico considerando seus quatro componentes: abastecimento de água potável, esgoto sanitário, coleta de lixo, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, possuindo o horizonte de 20 anos (2014 a 2033). O PLANSAB foi aprovado pelo Decreto nº 8.141 de 20 de novembro de 2013 e pela Portaria Interministerial nº 571 de 05 de dezembro de 2013 e sua elaboração foi prevista na lei de diretrizes nacionais para o saneamento básico – Lei nº 11.445, regulamentada pelo Decreto nº 7.217 - Devendo ser avaliado anualmente e revisado a cada quatro anos.

A Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, seguindo princípios fundamentais, como a universalização do acesso e efetiva prestação do serviço, garantindo acesso a população de uma forma geral, abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e drenagem urbana de forma adequada (Brasil, 2007).

Em 2020 essa legislação foi atualizada implementando o novo Marco Legal do Saneamento Básico, através da Lei 14.026 de 16 de julho de 2020, que atualiza e modifica a Lei de 2007 e traz algumas inovações, como: institui a obrigatoriedade dos contratos preverem metas de desempenho e de universalização dos serviços; adota como princípio a regionalização dos serviços de saneamento; promove mudanças substanciais na sua regulação; e, estimula a concorrência e a privatização das empresas estatais de saneamento, entre outras (Brasil, 2020). Ou seja, ressaltando a importância da cooperação entre estados e municípios para a gestão do saneamento básico (Pereira; Sato, 2023).

O Diagnóstico SNIS dos serviços de água e esgoto, de 2019, identificou 680,4 mil quilômetros de redes públicas de abastecimento de água nos 5.191 municípios brasileiros participantes da amostra com uma expansão de 17,7 mil quilômetros em relação a 2018 e um investimento anual de R\$ 5,76 bilhões para obras, extensões e manutenções (SNIS, 2019).

Com base nessas informações apresentadas, a infraestrutura de saneamento básico no Brasil teve crescimento em várias regiões do país, porém, ao avaliar a situação dos serviços como um todo o país tem muito que avançar (Martellet; Andrade; Mattos, 2024).

Segundo o SNIS (2019), no Brasil, dos 1.194 prestadores de serviço responsáveis pelo abastecimento público de água, 52,3% pertencem à administração pública direta, 37,6% são autarquias, 8,7% são empresas privadas, 2,6% são de

sociedades de economias mistas, sendo o restante de empresas públicas e organizações sociais. Desses prestadores de serviço 97% atuam a nível local, ou seja, atendem apenas um município, os outros são de nível microrregional e regional (SNIS, 2019). De acordo com o instituto Trata Brasil (2022), o Estado Paraná é reconhecido como um dos estados mais avançados do país nesse sentido.

Santos (2022), afirma que o Paraná é um estado com uma localização geográfica privilegiada, repleta de diversas fontes de recursos hídricos. Entre as 12 regiões hidrográficas brasileiras, três abastecem o território paranaense. Apesar dessa vantagem natural, há uma preocupação crescente com o abastecimento de água para a população, especialmente nos grandes centros urbanos. Ainda segundo o autor, o crescimento populacional e econômico, assim como as demandas por recursos naturais, varia entre as cidades do Paraná. As cidades mais populosas, como Curitiba, Londrina e Maringá, que juntas abrigavam cerca de 26% da população total do estado em 2021, são aquelas que mais tendem a enfrentar problemas de escassez hídrica (IPARDES, 2022). Em contrapartida, os municípios rurais, com baixa densidade demográfica, possuem abundância de recursos naturais, mas enfrentam desafios relativamente maiores no que diz respeito ao saneamento, como por exemplo a dispersão populacional que encarece a implantação de redes de abastecimento; limitações financeiras pois nas zonas rurais desses municípios muitas vezes as comunidades (ou até mesmo o município) não possuem condições financeiras para a implantação de redes de abastecimento hídrico e tratamento de esgoto; sazonalidade do recurso hídrico que afeta em maior teor sua disponibilidade no meio rural; e ainda a falta de tecnologia associada ao conhecimento, os quais poderiam implementar maior higiene e segurança no abastecimento (Nivetec, 2013).

Portanto, o maior desafio é alcançar a universalização do fornecimento de saneamento, através de empresas públicas ou concessionárias privadas, visando garantir à sociedade a recepção de um serviço eficiente e de qualidade, de maneira que o custeio financeiro seja racional e proporcione a maior extensão possível de rede de distribuição de água potável e esgoto, de forma segura, técnica, tecnológica e eficiente, buscando atender as necessidades da população.

2.2 EFICIÊNCIA TÉCNICA E TEORIA DA PRODUÇÃO

Para Varian (2003), os insumos utilizados na produção são chamados fatores

de produção. Constantemente, os fatores de produção são classificados em categorias amplas, como terra, trabalho, capital e matérias-primas.

A teoria da produção é um ramo da microeconomia que examina o processo de transformação dos fatores de produção em bens ou serviços. Essa teoria investiga as escolhas que as empresas fazem em relação à produção. Além disso, a teoria da produção e dos custos estuda como as empresas utilizam os insumos para gerar uma maior quantidade de produtos, levando em conta as limitações tecnológicas e os custos associados à produção. Esses custos são fixos, como o aluguel, ou variáveis, como os gastos com matérias-primas.

A globalização, no final do século XX, tornou-se mais fácil a troca de produtos entre diferentes países, permitindo o acesso a uma ampla gama de itens, mas também aumentou a concorrência, tornando essencial para a sobrevivência das empresas, maximizar a receita e minimizar os custos. Segundo Mariano (2008), essa ideia central estimula o interesse em investigar e buscar a eficiência produtiva das empresas.

É frequente a utilização de termos eficácia e eficiência como sinônimos, entretanto, seus significados são diferentes. A eficácia diz respeito ao alcance de metas preestabelecidas, enquanto a eficiência está relacionada à utilização otimizada de insumos e produtos. A eficiência pode ser alcançada de duas maneiras: (i) maximizando a produtividade com os mesmos insumos ou (ii) minimizando os insumos sem comprometer a produtividade. Assim, um sistema pode ser eficiente sem ser eficaz, e vice-versa. A eficiência (E) pode ser sintetizada pela Equação 1, que expressa a razão entre o indicador de desempenho atual (Ind_{atual}) e o indicador de desempenho máximo (Ind_{max}) (Nogueira, 2005).

$$E = \frac{Ind_{atual}}{Ind_{max}} \quad (1).$$

De acordo com Avila, Garagorry e Cardoso (2013) e Nogueira (2005), a eficiência pode ser avaliada por meio de indicadores de produtividade, como o índice de Produtividade Total dos Fatores (PTF), que integra os fatores de produção e os produtos de uma empresa. A eficiência é definida como a razão entre a produtividade atual (P) e a produtividade máxima alcançável (P_max) (Equação 2). Existem dois tipos de eficiência: a absoluta, que se refere a um P_max teórico e ideal, e a relativa,

que se baseia no P_{max} obtidos por empresas semelhantes, funcionando como um parâmetro de comparação:

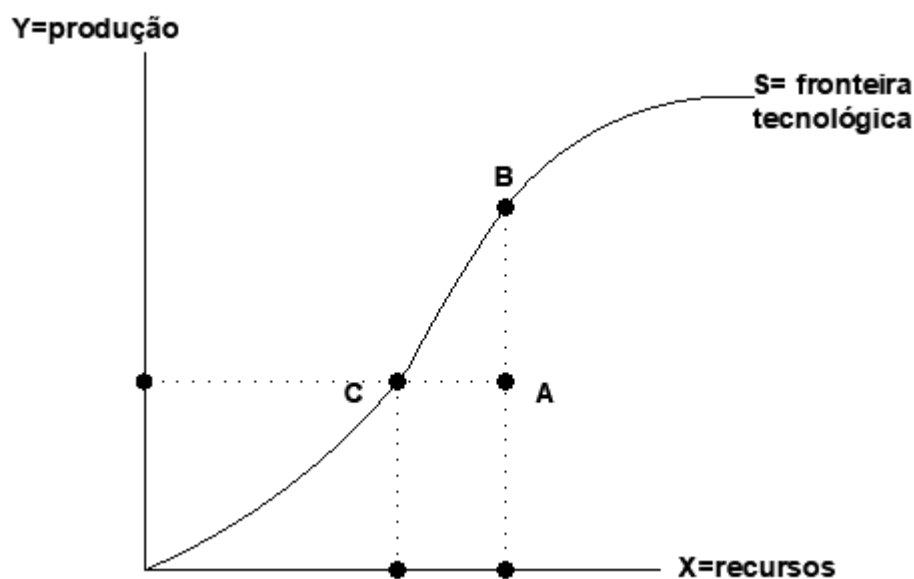
$$E = \frac{P}{P_{max}} \quad (2).$$

Coelli et al. (2005) destacam que a eficiência é a capacidade de utilizar e alocar os insumos disponíveis de forma a alcançar a máxima produtividade ou lucratividade. Dessa forma, uma empresa é considerada eficiente quando, para um determinado nível de produção, é possível minimizar os insumos utilizados e obter os mesmos resultados. Além disso, segundo Camargo e Guimarães (2013) a eficiência é avaliada pela capacidade de atingir os objetivos e metas pretendidas com o mínimo de recursos disponíveis, ou seja, otimizando a produção.

A eficiência pode ser demonstrada pela razão entre o indicador de desempenho atual e o indicador de desempenho máximo, sendo também refletida em indicadores de produtividade. Essa abordagem permite verificar se uma organização utiliza seus recursos de maneira produtiva e econômica. Portanto, quanto mais eficiente para uma empresa, maior será sua produtividade (Mouzas, 2006).

A Figura 1 ilustra a curva de eficiência. O eixo X indica os recursos empregados, o eixo Y a produção e o S a eficiência (ou fronteira tecnológica), destacando o máximo que pode ser gerado com os recursos e tecnologias disponíveis (Mello et al., 2005). Os pontos apresentados na curva evidenciam as possibilidades de produção. Organizações que apresentam curva em formato S demonstram que adotam melhores práticas, otimizando a produção e minimizando o uso de recursos.

Figura 1 - Curva de eficiência



Fonte: Mello et al. (2005, p. 2522).

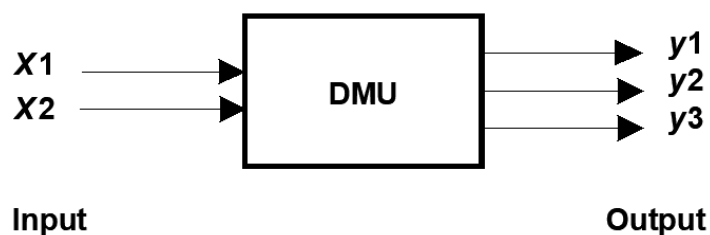
Esses conceitos podem ser utilizados em qualquer sistema produtivo que se caracterize pela geração de um conjunto de saídas (*outputs* ou produtos) e entradas (*inputs* ou insumos), resultando no conceito de eficiência produtiva (Varela; Martins; Fávero, 2012).

Assim, um sistema eficiente, que busca a máxima produtividade e lucratividade, está relacionado à capacidade de otimização da melhor forma possível os recursos disponíveis (*inputs*), com base na tecnologia existente e aproveitando ao máximo as condições ambientais (Mariano, 2008).

Vale salientar que os fatores de produção se dividem em recursos naturais ou terra, mão de obra ou trabalho, e, capital (máquinas, equipamentos e infraestrutura) (Viceconti; Neves, 2013).

Um sistema que utiliza entradas e saídas (*input e output*) é conhecido como Unidade Tomadora de Decisão ou *Decision Making Units* (DMU). A Figura 2 ilustra uma DMU genérica com dois *inputs* (x_1 e x_2) e três *outputs* (y_1 , y_2 e y_3).

Figura 2 - Unidade de Tomada de Decisão de dois *inputs* e três *outputs*



Fonte: Broon e Broon (2005, p. 49).

A eficiência mencionada pode ser técnica ou alocativa. A eficiência técnica está relacionada aos aspectos físicos do processo, buscando produzir o máximo a partir da relação entre produto e insumo. Por outro lado, a eficiência alocativa também considera os preços dos produtos e dos insumos, ou seja, seu objetivo é aumentar o volume de produção com menor custo. A integração entre essas eficiências resulta na eficiência global ou econômica. Normalmente, a eficiência técnica é a mais estudada (Silva; Freitas; Costa, 2018).

A eficiência técnica pode ser alcançada por meio de metodologias, que podem ser paramétricas ou não paramétricas. As abordagens paramétricas partem do pressuposto de que a função de produção pode ser determinada com base no conhecimento das variáveis e insumos que influenciam o processo, estabelecendo uma relação funcional e estatística entre insumos e produtos do sistema, resultando em uma expressão matemática ideal. Em contrapartida, as abordagens não paramétricas não pressupõem o conhecimento de todas as variáveis, ou seja, não geram uma expressão matemática ideal. Além disso, elas comparam a performance das Unidades de Decisão (DMUs) com outras do mesmo grupo, caracterizando as empresas que estão na fronteira de eficiência e aquelas que estão abaixo dela (Coelli et al., 2005).

Entre os métodos não paramétricos, destaca-se a Análise Envoltória de Dados, que é uma técnica que analisa a eficiência de organizações.

2.3 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A *Data Envelopment Analysis* (DEA), no português Análise Envoltória de Dados, popularizada por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), tem como objetivo medir

a eficiência de Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs), considerando múltiplos fatores de produção (*inputs*) e produtos (*outputs*) (Barbosa; Tomaz; Azevedo, 2019).

Para Ferreira e Gomes (2020) avaliar o desempenho relativo de uma organização, especialmente em comparação com um parceiro de excelência (*benchmark*), não é uma tarefa simples. A DEA também conhecida como análise de fronteira utiliza modelos matemáticos não paramétricos com o objetivo de avaliar o desempenho de organizações e atividades, focando principalmente em medidas de eficiência técnica. De acordo com Rosa, Díaz-Becerra e Lunkes (2016), esta ferramenta aplica técnicas de programação linear, e a razão obtida entre *inputs* e *outputs* é considerada eficiente se igual a um e ineficiente se o oposto ocorrer. Macedo e Sampaio (2021) enfatizam que toda observação com um índice de eficiência inferior a um está posicionada abaixo da fronteira, dentro do conjunto de produção. A distância dessas unidades ineficientes em relação à fronteira de eficiência reflete ao seu grau de eficiência ou ineficiência.

A metodologia DEA baseia-se na comparação entre empresas, as quais são denominadas de Unidades Tomadoras de Decisão (DMU). Se uma DMU produz uma quantidade "A" de produtos com "E" insumos, outras empresas eficientes deveriam conseguir o mesmo. As empresas eficientes formam a fronteira de eficiência, e as DMUs podem estar sobre ou abaixo dessa fronteira. A eficiência de uma DMU é determinada pela medição de sua distância até essa fronteira (Coelli et al., 2005).

De acordo com Guimarães e Carvalho (2023), para cada DMU, o problema é maximizar a razão entre a soma ponderada dos produtos (*outputs*) e a soma ponderada dos insumos (*inputs*). A estimação de um modelo DEA para retornos constantes de escala pode levar a problemas de medição de eficiência quando nem todas as DMUs operam na escala ótima (Sampaio; Sampaio, 2007).

Na realidade empresarial, é incomum que uma empresa dependa exclusivamente de um único insumo ou produza apenas um único produto. Diversos fatores afetam a eficiência de uma Unidade de Tomada de Decisão (DMU). Assim, a eficiência é determinada pela ponderação dos resultados alcançados em relação aos recursos utilizados (Carmo, 2003).

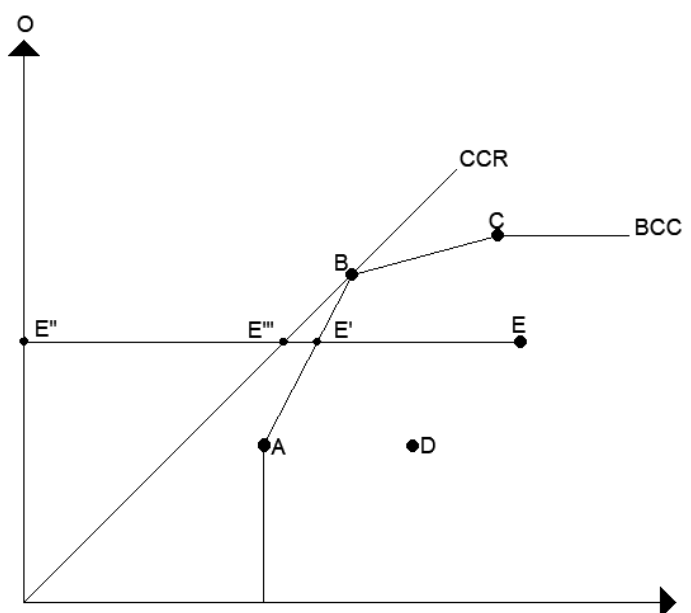
Uma DMU será considerada eficiente pelo método quando não for capaz de reduzir a quantidade de *inputs* sem reduzir o valor dos *outputs*. Da mesma forma que não será capaz de aumentar o volume de *outputs*, sem aumentar o volume dos *inputs* (Quiroga-Martínez; Fernández-Vásquez; Alberto, 2018). O método proposto atribui

pesos iguais aos *inputs* e *outputs*, sendo calculados simultaneamente. Portanto, avalia a eficiência relativa das unidades tomadoras de decisão. A eficiência relativa é obtida pela soma ponderada de múltiplos *inputs* e *outputs*, identificando DMUs ineficientes e suas fontes de ineficiência (Azevedo, 2023).

A análise pode ser classificada como orientada a *input* ou orientada a *output*. A orientação a *input* concentra-se em minimizar o volume de *inputs* mantendo o mesmo volume de *outputs*, enquanto a orientação a *output* busca maximizar o volume de *outputs*, utilizando o mesmo volume de *inputs* (Moncayo-Martínez; Ramírez-Nafarrate; Hernández-Balderrama, 2020).

Em relação ao retorno de escalas, a técnica aplicada pelos autores Charnes, Cooper e Rhodes (1978) é conhecida como modelo CCR, em homenagem a eles. Este modelo se aplica a retornos constantes de escala. Existe, também outro modelo criado por Banker et al. (1989), conhecido como BCC que utiliza retornos variáveis de escala. A Figura 3 ilustra a diferença entre as fronteiras com base nos métodos CCR e BCC.

Figura 3 - Comparação entre fronteiras dos modelos CCR e BCC



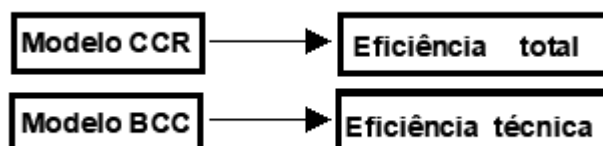
Fonte: Soares Mello et al. (2004, p.92).

A Figura 3 demonstra que os resultados do modelo BCC, nos pontos (A, E', B e C) quando orientado tanto para *inputs* quanto para *outputs*, são diferentes. Isso é compreensível, pois a premissa fundamental do modelo BCC é que os *inputs* e *outputs*

não são proporcionais. Assim, a proximidade da Unidade de Tomada de Decisão (DMU) em relação ao ideal varia de acordo com a orientação escolhida.

Com base nessas diferenças de retornos de escalas, são calculados diferentes tipos de eficiências, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Modelos de Análise Envoltória de Dados e respectivas eficiências



Fonte: Adaptado de Macedo e Sampaio (2021, p.25).

A partir disso, o modelo CCR admite que cada DMU escolha pesos para seus fatores de forma que sejam mais adequados, desde que não resultem em uma razão superior a 1. Deste modo, o modelo CCR calcula a eficiência total, enquanto o modelo BCC calcula a eficiência técnica.

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram a metodologia DEA (*Data Envelopment Analysis*), baseando-se no trabalho de Farrell (1957). Eles propuseram um modelo orientado a insumos com retornos constantes de escala, conhecido como modelo CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) ou CRS (Constant Return to Scale). Nesse modelo, a produção varia proporcionalmente aos insumos. O modelo CCR/CRS mede a eficiência técnica otimizando a razão entre a soma ponderada dos produtos (*outputs*) e a soma ponderada dos insumos (*inputs*) (Ferreira e Gomes, 2020).

De acordo com Barbosa e Fuchigami (2018), considerando H unidades produtivas que utilizam n insumos para gerar m produtos, a eficiência dessas unidades será determinada pela (Equação 3):

$$\text{Max Ef0} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i y_{i0}}{\sum_{j=1}^n v_j x_{j0}} \quad (3).$$

O resultado deve variar entre 0 e 100% ou entre 0 e 1, afinal está medindo a eficiência.

Restrição ao modelo, sujeito a (Equação 4):

$$\frac{\sum_{r=1}^m u_i y_{ik}}{\sum_{j=1}^n v_j j_{j0}} \leq \text{para } k = 1, 2 \dots H \quad (4).$$

Os pesos devem ser sempre maiores que ε , segundo Barbosa e Fuchigami (2018), portanto, a restrição é:

$$\mu_i v_j \geq \varepsilon$$

$\varepsilon = \text{número não arquimediano (infinitamente próximo a zero)}.$

Conforme mencionado acima, o modelo sugere que, devido à sua natureza fracionária, existem infinitas soluções que atendem ao critério de razão com um resultado menor ou igual a um. Por isso, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) propuseram um modelo de programação linear que incorpora uma restrição adicional – limitar o produto dos insumos pelos seus respectivos pesos a um (Barbosa; Fuchigami, 2018). Logo tem-se (Equação 5):

$$Ef = \frac{\sum_{r=1}^m \mu_i y_{ik}}{\sum_{j=1}^n v_j x_{jk}} \leq 1 \quad (5).$$

Tem-se que (Equação 6):

$$Ef = \sum_{r=1}^m \mu_i y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j x_{jk} \leq 0 \quad (6).$$

Ainda de acordo com Barbosa e Fuchigami (2018), ao garantir que o denominador (*input* virtual) da fração citada seja sempre igual a 1, é possível determinar os pesos que maximizam a eficiência apenas dentro desse conjunto de valores. Assim, o modelo de programação proposto anteriormente se transforma em (Equação 7):

$$Max Ef0 = \sum_{r=1}^m \mu_i y_{i0} \quad (7),$$

sujeito a (Equações 8 e 9):

$$\sum_{j=1}^n v_j x_{j0} = 1 \quad (8),$$

$$\sum_{r=1}^m \mu_r y_{rk} - \sum_{j=1}^n v_j x_{jk} \leq 0 \text{ para } k = 1, 2 \dots H \quad (9),$$

$$\mu_i v_j \geq \varepsilon .$$

Portanto, esse modelo de programação, orientado aos *inputs* e conhecido como modelo DEA na forma dos multiplicadores ou Primal, permite atribuir pesos aos produtos e insumos, sendo as variáveis de decisão, os pesos. A fronteira de eficiência no modelo CCR, será sempre representada por uma reta que parte da origem (Barbosa; Fuchigami, 2018).

Mais tarde, Banker et al. (1989) desenvolveram um novo modelo chamado BCC (ou VRS – *Variable Returns to Scale*), que significa Retornos Variáveis à Escala. Este modelo determina a eficiência técnica comparando a relação de *outputs* de uma DMU com o maior valor de *output* entre todas as DMUs (Mariano, 2008).

No trabalho de Azevedo (2023) para complementar, são apresentadas as equações às quais a DEA-BCC, orientada ao *output*, está sujeita. Em que: y_{r0} representa o valor de *output* 'r' para a DMU 0 (sendo avaliada); x_{i0} representa o valor de *input* 'i' para a DMU 0 (sendo avaliada), v_r representa o peso atribuído ao *input* 'i', v_r representa o peso atribuído ao *output* 'r'; u' e v' representam os fatores de escala. No modelo Primal, a equação a ser minimizada é (Equação 10):

$$E_{f0} = \sum_{i=1}^n u_i x_{i0} + u' \quad (10),$$

sujeito a (Equações 11 e 12):

$$\sum_{r=1}^s v_r y_{r0} = 1 \quad (11),$$

$$\sum_{i=1}^n u_x x_{ij} - \sum_{r=1}^s v_r y_{r0} + u' \leq 0, \quad (12),$$

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

No Modelo Envelope (Dual) (Equações 13, 14 e 15):

Maximizar η , sujeito a

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \lambda_j \leq x_{i0}, \quad (13),$$

Para $i = 1, 2, \dots, n$

$$\sum_{j=1}^m y_{rj} \lambda_j - \eta y_{r0} \geq 0, \quad (14),$$

Para $i = 1, 2, \dots, s$

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j = 1 \quad (15),$$

Para $i = 1, 2, \dots, m$.

Se os escores de eficiência variam entre os dois modelos, isso indica uma ineficiência de escala na DMU analisada. Assim, a técnica DEA avalia a eficiência técnica total de cada DMU considerando dois parâmetros: eficiência técnica pura e eficiência de escala, que estão relacionadas aos escores dos modelos CCR e BCC (Barbosa; Fuchigami, 2018).

Os resultados da pesquisa foram satisfatórios, demonstrando que o modelo DEA possui uma alta capacidade de discriminação ao identificar as principais empresas/unidades eficientes. Além disso, foi destacado que sua facilidade de uso em comparação com os modelos econométricos tradicionais e sua clareza, mesmo para aqueles com menos conhecimento na área, são pontos positivos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos anos, a literatura sobre saneamento básico tem enfatizado a relevância de aprimorar a eficiência operacional e administrativa dos sistemas de saneamento. Diversos estudos sugerem que uma gestão eficiente dos recursos pode resultar em uma melhor qualidade dos serviços, na redução dos custos operacionais e em um aumento na satisfação dos usuários.

Em sua tese Cardoso (2023) analisou os serviços de água e esgoto no Ceará por meio de três ensaios. Sendo que para o primeiro ensaio utilizou dados do SNIS para avaliar a eficiência técnica dos serviços no período de 2005 a 2017, aplicando a Análise Envoltória de Dados (DEA) e o Índice de *Malmquist*. Os resultados revelaram um aumento modesto no número de municípios considerados eficientes, enquanto a média dos escores de eficiência apresentou uma queda significativa. Além disso, observou-se uma redução na produtividade total dos fatores, influenciada pela diminuição da eficiência técnica e retrocesso tecnológico.

Azevedo (2023) avaliou a eficiência técnica das companhias regionais de saneamento básico na Região Nordeste entre 2015 a 2019, utilizando o método da DEA. Foi detalhado no estudo os resultados referentes aos *outputs* do modelo construído, identificando as áreas em que as mesmas precisavam melhorar para atingir a eficiência desejada. Para o autor, a principal variável que contribuiu para o aumento da eficiência é o número de ligações ativas de esgoto. Além disso, das nove empresas avaliadas, somente três foram consideradas eficientes, o que demonstrou que há necessidade de melhorias no saneamento básico da região do Nordeste.

Guimarães e Carvalho (2023) estudaram a eficiência e eficácia na prestação de serviços de água e esgoto no Estado de Goiás por meio do método de Análise Envoltória de Dados e fundamentando-se na Lei 11.445 de 2007. Com base nessa análise, o principal resultado obtido foi que há possibilidade de aumentar a eficiência, reduzindo insumos e aumentando os produtos e serviços prestados para a população.

Kistner; Ferreira e Kazmirczak (2022) tiveram como objetivo comparar empresas públicas e privadas de saneamento básico da Região do Sul do Brasil, utilizando o método de Análise Envoltória de Dados, através da coleta de *inputs* e *outputs* divulgados de 2016 a 2018 por essas companhias. No estudo, foi considerado que a Sanepar é a empresa com menor eficiência. Além disso, as estatais enfrentam dificuldades para universalizar o saneamento básico apenas com investimentos

públicos, levando os autores a sugerirem a implementação de parcerias com entidades privadas.

Macedo e Sampaio (2021) também analisaram a eficiência do setor de saneamento no Brasil no ano de 2015, considerando 18 Companhias Estaduais de saneamento básico com estruturas semelhantes. Apenas sete empresas apresentaram eficiência igual a um. Os autores concluíram que essas sete Companhias podem ser consideradas como *benchmark*, ou seja, são referências no mercado. O estudo foi realizado por meio do método *Data Envelopment Analysis* (DEA).

Cavalcanti; Teixeira e Pontes (2020) avaliaram o nível de eficiência técnica das empresas que realizam a gestão integrada do saneamento básico nos municípios brasileiros. Foram analisados 1.628 municípios que representam 56% da população brasileira, entre os anos de 2006 e 2018. Os dados apontaram que as empresas analisadas poderiam aumentar seus resultados operacionais e cobertura de atendimento em mais de 60%, em relação à infraestrutura, recursos humanos e financeiros. Além disso, se as alterações fossem realizadas, o acesso ao esgoto sanitário passaria de 59,9% para 76,5%. Com base nisso, os autores afirmaram que “a evidência encontrada fornece indicações para subsidiar gestão do saneamento no país em nível micro analítico, possibilitando uma melhor competitividade posição no setor para a gestão integrada do saneamento básico e sua universalização no Brasil”.

Cruz, Motta e Marinho (2019) estudaram a eficiência do setor de saneamento após a implementação da nova Lei de 2010 (novo marco regulatório para o saneamento), utilizando uma amostra de 27 prestadoras representativas de cada Federação, entre os anos de 2006 e 2013. Os resultados demonstraram escores baixos de eficiência e discrepâncias entre as regiões, além disso, os autores concluíram que o maior avanço na produtividade ocorreu entre os anos de 2010 e 2013, ou seja, após a vigência da nova legislação.

Um estudo semelhante foi elaborado realizado por Barbosa; Tomaz e Azevedo (2019) que analisaram a eficiência do fornecimento de água potável e do esgotamento sanitário em alguns municípios do Estado de Minas Gerais. Os autores constataram que, dos 49 municípios específicos, apenas 12 eram eficientes na prestação de serviços vinculados ao saneamento. Além disso, com base em algumas hipóteses, o estudo indicou que o PIB (Produto Interno Bruto) de um município não se relaciona com a eficiência dos serviços de saneamento prestados; a eficiência dos serviços de

saneamento prestados está associada à predominância da população em áreas urbanas; e que não há relação com a proximidade do município em relação à capital.

Já Portella, Santos e Borba (2018) tiveram como objetivo verificar quais fatores externos afetam a eficiência dos investimentos em saneamento básico das empresas responsáveis por esse setor nos municípios de Santa Catarina. Os autores utilizaram o método de análise envoltória de dados e variáveis como investimentos totais realizados pelo prestador de serviços, volume produzido, volume de esgoto coletado, população total atendida com abastecimento de água, população total atendida com esgotamento sanitário, extensão da rede de água e extensão da rede de esgoto. Em sua análise a pesquisa fornece um entendimento de como os recursos aplicados em saneamento no estado de Santa Catarina podem impactar os indicadores PIB, IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) e densidade demográfica, dada a grande importância de investimentos no setor.

O artigo de Silva e Diniz (2017), avaliou os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil nos anos de 2002, 2007 e 2012, à luz dos princípios e diretrizes de governança pública. Para a análise foi utilizada a DEA com metodologia de orientação ao produto, juntamente com o índice de *Malmquist*, para examinar a dinâmica da produtividade dos fatores ao longo dos anos. Os resultados indicaram uma melhoria na produtividade em todos os períodos avaliados, embora o período após a implementação da PNSB tenha apresentado um avanço menor em comparação com o período anterior. Além disso, observou-se uma menor melhoria de produtividade no período agregado (2002-2012) em relação aos dois outros períodos analisados separadamente.

Rosa, Díaz-Becerra e Lunkes (2016) apresentaram a relação entre os gastos públicos e o atendimento à população com saneamento básico em cidades brasileiras e peruanas. Para o estudo, os autores coletaram informações sobre água, esgoto e resíduos, que foram relacionadas aos gastos públicos de 180 cidades do Brasil e do Peru, no ano de 2014. Os dados revelaram uma falta de atendimento à população, sem uma relação clara entre os gastos e o atendimento. Isso significa que cidades que gastam mais (*per capita*) não necessariamente oferecem um nível mais alto de atendimento à população.

Hora et al. (2015) conduziram uma pesquisa com o objetivo de avaliar a eficiência dos serviços de saneamento básico nos municípios do estado do Rio de Janeiro, com base no método de análise envoltória de dados. Através das possíveis

correlações entre os serviços e variáveis como renda municipal, distribuição populacional entre áreas urbanas e rurais, e a proximidade do município com a capital, concluíram que a proximidade com a capital nem sempre é um fator relevante para a eficácia dos serviços de água e esgoto. Além disso, a população urbana possui melhores serviços de água e esgoto do que a população rural. Esses dados corroboram com os achados de Barbosa, Tomaz e Azevedo (2019), citados anteriormente.

Embora não seja exaustiva, esta revisão de literatura evidencia uma lacuna significativa na pesquisa sobre a avaliação da eficiência técnica dos serviços de água e esgoto no estado do Paraná, assunto que este estudo investigou.

O Quadro 1 apresenta um resumo de alguns trabalhos descritos na revisão de literatura, incluindo informações sobre os métodos e as variáveis (*inputs* e *outputs*) utilizadas.

Quadro 1 – Compilado da Revisão de Literatura

Autores	Objetivo	Método	Variáveis
Azevedo (2023)	Avaliação da eficiência técnicas das companhias de saneamento básico da região nordeste utilizando a análise envoltória de dados	DEA-BCC orientado a <i>output</i> .	<i>INPUT</i> (1) – Despesas de exploração. <i>OUTPUT</i> (4) -Volume de água consumido; -Extensão de rede; -Quantidade de ligações ativas de água; - Quantidade de ligações ativas de esgoto.
Guimarães e Carvalho (2023)	Saneamento básico Goiano: uma proposta de intervenção regulatória para o aumento da eficiência e eficácia dos serviços oferecidos à população	DEA-BCC orientado a <i>output</i> .	<i>INPUT</i> (5) -Despesas de exploração; -Despesa total de serviços -Extensão de rede de água; extensão de rede de esgoto; -Índice de perdas de distribuição. <i>OUTPUT</i> (7) -População total atendida com água; -Quantidade de ligações ativas de água; -Percentual de água tratada; -Receita operacional direta de água; -População total atendida com esgoto; - Quantidade de ligações ativas de esgoto; -Percentual de esgoto tratado.
Kistner, Ferreira e Kazmirczak (2022)	Eficiência em empresas públicas e privadas do setor de saneamento básico: um estudo com aplicação da Data Envelopment Analysis (DEA)	DEA-BCC orientado a <i>input</i> .	<i>INPUT</i> (1) -Investimentos gerais. <i>OUTPUT</i> (6) -População atendida pelo abastecimento de água; -Quantidade de municípios atendidos; -Quantidade de Estações de Tratamento de água; -Quantidade de empregados Receita Líquida Proveniente de Água (R\$/ano); -Quantidade de economias de água atendidas.
Macedo e Sampaio (2021)	Avaliação do setor de saneamento no Brasil período 2015 usando o método Análise Envoltória de Dados (DEA)	DEA-BCC orientado a <i>input</i> .	<i>INPUT</i> (1) -Despesa de exploração; <i>OUTPUT</i> (3) -Índice de tratamento de esgoto; -Extensão de rede de água e esgoto; -Quantidade de ligações ativas de água e esgoto.
Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020)	Avaliação da eficiência da gestão integrada do saneamento básico nos municípios brasileiros	DEA-BCC orientado a <i>output</i> .	<i>INPUT</i> (3) -Despesas operacionais de exploração; -Mão de obra própria; - Disponibilização de infraestruturas de extensão da rede geral de águas e esgotos. <i>OUTPUT</i> (4) -Receitas operacionais diretas; -Sistema de ligações ativas na rede geral de água e rede de esgoto; -Volume de água tratada e esgoto tratado; -População municipal atendida pelos serviços de água e esgoto.
Cruz, Motta e Marinho (2019)	Análise da eficiência técnica e da produtividade dos serviços de água e esgotos no Brasil de 2006 a 2013	DEA-BCC orientado a <i>output</i> .	<i>INPUT</i> (1) –Despesas de exploração. <i>OUTPUT</i> (4) -Quantidade de economias ativas de água; -Volume de esgoto coletado; -Volume de esgoto tratado; -Volume de água consumido.
Barbosa, Tomaz e Azevedo (2019)	Análise da eficiência dos serviços de saneamento prestados nos municípios da região metropolitana de Belo Horizonte com a utilização do método Análise Envoltória de Dados	DEA-BCC orientado a <i>output</i> .	<i>INPUT</i> (1) – Despesas de exploração. <i>OUTPUT</i> (3) - Volume de água consumido; -Extensão de rede; - Quantidade de ligações ativas de água.

Portella, Santos e Borba (2018)	Eficiência dos investimentos das prestadoras de serviço de saneamento dos municípios de Santa Catarina	DEA-BCC orientado a <i>output</i> .	<i>INPUT</i> (1) –Investimentos totais realizados pelo prestador de serviços (R\$/ano). <i>OUTPUT</i> (6) –Volume de água produzido (1000m³/ano); -Volume de esgoto coletado (1000m³/ano); –População total atendida com abastecimento de água (habitantes); –População total atendida com esgotamento sanitário (habitantes); -Extensão de rede de água (km); –Extensão de rede de esgoto (km).
Rosa, Díaz-Becerra e Lunkes (2016)	Analisar a relação entre gastos públicos e atendimento à população com saneamento básico em cidades brasileiras e peruanas	DEA-CCR	<i>INPUT</i> (1) -Despesas com saneamento básico/Receita Corrente Líquida. <i>OUTPUT</i> (3) -Percentual de domicílios atendidos direta ou indiretamente por coleta de lixo; -Percentual de domicílios com acesso à rede geral de esgoto ou fossa séptica; -Percentual de domicílios atendidos por rede pública de água.
Hora et al. (2015)	Utilização da DEA para analisar a eficiência da prestação de serviços de saneamento dos municípios do estado do Rio de Janeiro	DEA-BCC orientado a <i>input</i>	<i>INPUT</i> (1) -Despesas de exploração. <i>OUTPUT</i> (4) -Volume de Água Consumido; -Extensão da rede de água; - Quantidade de ligações ativas de água; -Quantidade de ligações ativas de esgoto.
Cardoso (2023)	A eficiência dos serviços de água e esgoto do Estado do Ceará	DEA-CCR Orientado a <i>output</i>	<i>INPUT</i> (3) – Custo total com serviços por m³ faturado; Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água; Índice de consumo de energia elétrica em sistema de esgotamento sanitário. <i>OUTPUT</i> (3) – Índice de atendimento total de água; Índice total de esgoto referido aos municípios atendidos com água; Indicar de desempenho financeiro.
Silva e Diniz (2017)	Governança da água: uma avaliação dos serviços brasileiros de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos anos de 2002, 2007 e 2012	DEA-CCR orientado a <i>output</i>	<i>INPUT</i> (1) – Despesa por m³ com os serviços. <i>OUTPUT</i> (3) – Indicador de desempenho financeiro; Abrangência com os serviços de água; Abrangência com os serviços de esgoto.

Fonte: Elaborado pela autora.

Em síntese, os estudos em relação ao Quadro 1, mostram que a eficiência técnica do saneamento básico no Brasil é, em geral, baixa e varia conforme o tipo de serviço, estado e município. As políticas públicas em nível municipais, estadual e/ou federal não resultaram em melhorias significativas nessa eficiência, mas o saneamento básico tem um impacto importante na qualidade da saúde, apresentando variações regionais. Além disso, foi identificada uma relação direta entre arrecadação e investimentos em saneamento nos municípios.

4 METODOLOGIA

Neste tópico, será abordado o conceito da técnica utilizada para estimar a eficiência, a escolha dos elementos de entrada e saída incorporados ao modelo e, por último será discutido as Unidades de Tomada de Decisão (DMUs).

4.1 TÉCNICA PARA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA – MODELO BBC

A primeira fase do modelo DEA é definir o que será medido com as DMUs, assegurando que as unidades realizem tarefas semelhantes e que os insumos e produtos sejam os mesmos, variando apenas em quantidade.

Conforme exposto neste trabalho os modelos DEA podem ter duas orientações de otimização, podendo ser orientado para insumos, em que as DMUs tenderiam a maior eficiência via otimização da quantidade de insumos, ou o modelo orientado para os produtos, em que seria buscada a maximização dos produtos.

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma abordagem não paramétrica que utiliza programação linear para estimar a fronteira de produção, comparando diversas Unidades de Tomada de Decisão (DMUs), conforme descrito por Azevedo (2023), Guimarães e Carvalho (2023), Santos e Borba (2018); Barbosa, Tomaz e Azevedo (2019), Tourinho et al. (2021), Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020).²

Guerreiro (2006) destaca que o modelo BCC (Banker et al., 1989) sugere que um aumento no *input* pode ressaltar em um aumento não proporcional ou até mesmo em uma diminuição no *output*. Esse modelo divide a eficiência do modelo CCR em duas partes: eficiência técnica e eficiência de escala. A eficiência técnica mede a correta utilização dos recursos conforme a escala de operação da DMU, enquanto a eficiência de escala é a razão entre a eficiência BCC e a eficiência CCR, indicando a distância da DMU até uma DMU fictícia que opera na escala mais produtiva.

A formulação matemática do modelo pode ser observada conforme Quadro 2 e representação gráfica, conforme Figura 5.

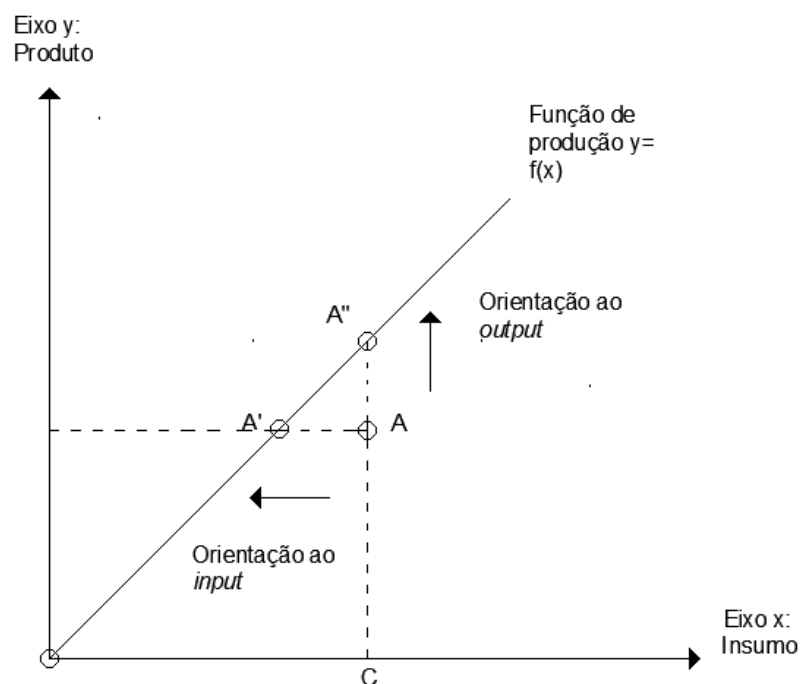
² O modelo utilizado atende a Regra de Ouro. "A Regra de Ouro sugere que, para o uso dos modelos DEA (CCR e BCC), o número de DMUs deve ser, no mínimo, três vezes a soma total das variáveis (*inputs* e *outputs*) consideradas, ou, alternativamente, igual ao produto. Entre o número de variáveis de *input* e *output*, adota-se o critério que requer a maior quantidade de DMUs (Banker et al., 1989).

Quadro 2 – Formulação matemática do modelo BBC

Minimização de <i>Inputs</i> – BCC-I	Maximização de <i>outputs</i> – BCC-O
Primal (Envelope) $Min \theta$ Sujeito a: $\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} y_k \geq 1 \quad i = 1 \dots, r$ $y_{j0} - \sum_{k=1}^n y_{jk} y_k \geq 1 \quad j = 1 \dots, s$ $\sum_{k=1}^n y_k = 1$ $y_k \geq 0 \forall k$ Dual (Multiplicadores) $Max h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - u_*$ Sujeito a: $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - u_* - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - u_* \leq 0, k = 1, 2 \dots n$ $u_j e v_i \geq 0 \forall j, i$ $u_* \in R$	Primal (Envelope) $Max \theta$ Sujeito a: $x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} y_k \geq 0, \forall i$ $-\theta y_{j0} - \sum_{k=1}^n y_{jk} y_k \geq 0 \quad \forall j$ $\sum_k y_k = 1$ $y_k \geq 0 \forall k$ Dual (Multiplicadores) $Min h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} - u_*$ Sujeito a: $\sum_{i=1}^r u_j y_{jk} = 1$ $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_* \leq 0, k = 1, 2 \dots n$ $u_j e v_i \geq 0 \forall j, i$ $v_* \in R$

Fonte: Guerreiro (2006, p.62).

Figura 5 - Representação do modelo BBC



Fonte: Barbosa e Fuchigami (2018, p.10).

Na imagem acima, para que a DMU A se torne eficiente, ela precisa alcançar a fronteira de eficiência representada pela linha que parte da origem. Para isso, ela deve aumentar seus *outputs* mantendo os *inputs* constantes (A'') ou, mantendo os *outputs* constantes, reduzir a quantidade de *inputs* utilizados (A') (Barbosa; Fuchigami, 2018).

A diferença entre os modelos multiplicadores BCC e CCR está nas variáveis u^* para a orientação a *input* e v^* para orientação a *output*. Essas variáveis são interpretadas como fatores de escala. Variáveis positivas significam retornos decrescentes de escala, as negativas retornos crescentes de escala e as nulas retornos constantes de escala.

De acordo com Ferreira e Gomes (2020 p.108), quando um grupo de DMUs apresenta tamanhos variados, seja pelo número de empregos que geram, pelo tamanho dos seus ativos ou patrimônio líquido, pelo faturamento, ou por qualquer outra medida significativa, elas tendem a ter diferentes rendimentos de escala.

Ao considerar as opções da metodologia DEA, o modelo mais adequado para este trabalho, com a seleção e coleta das variáveis, será o modelo BCC, orientado a *output*.

Portanto, primeiramente reproduz uma matriz com dados das DMUs e as variáveis *inputs* e *outputs*, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Dados de um modelo e cálculos das eficiências técnicas com o modelo RVE

DMUs	DMU_1	DMU_2	DMU_3	DMU_4	DMU_5	DMU_6	DMU_n
Y1							
X1							
X2							
Xn							
θ RCE							
θ RVE							

Fonte: Elaborado pela autora.

Posteriormente foi feita maximização ($Max \theta$), sujeito a (Equação 16):

$$\begin{aligned}
 x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} y_k &\geq 0, \forall i \\
 -\theta y_{j0} - \sum_{k=1}^n y_{jk} y_k &\geq 0 \quad \forall j \\
 \sum_k y_k &= 1 \\
 y_k &\geq 0 \quad \forall k
 \end{aligned} \tag{16}$$

Sabendo que este trabalho analisou o desempenho das unidades da Sanepar nas cidades observadas nos anos de 2007 e 2022, a metodologia DEA foi utilizada em conjunto com o índice de produtividade de *Malmquist*. Mariano, Almeida e Rebelatto (2009) afirmam que a incorporação do índice *Malmquist* possibilita a comparação da eficiência produtiva de uma determinada Unidade Tomadora de Decisão (DMU) em dois períodos temporais distintos. Isso se torna importante, pois com os resultados dessa análise será possível evidenciar a evolução de uma DMU.

A escolha dos anos baseia-se em dois fatores principais. A primeira referência foi ao ano de 2007, quando foi instituída a Política Federal do Saneamento Básico no Brasil, por meio da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. O segundo fator é a seleção do ano de 2022 que corresponde ao último ano para o qual há disponibilidade dos dados do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento).

O índice DEA-*Malmquist*, proposto por Fare et al. (1994), além de analisar as eficiências técnica e de escala, permite inferir sobre os escores em dois períodos

distintos, avaliando a influência das mudanças nos níveis de eficiência técnica e tecnologia adotada nos resultados de cada DMU (Reis et al., 2020).

Esse índice compara dados de uma única DMU coletados em diferentes períodos, t e $t + 1$, utilizando a mesma tecnologia de referência, que é a do período t .

$$TC(s, t) = \sqrt{\frac{E(t,s)E(s,s)}{E(t,t)E(s,t)}} \quad (17)$$

$$EC(s, t) = \sqrt{\frac{E(t,t)}{E(s,s)}} \quad (18)$$

A Equação (17) $TC(s, t)$ mede a mudança na fronteira tecnológica (Technological Change, TC), enquanto a Equação (18) $EC(s, t)$ avalia a mudança na eficiência (Efficiency Change, EC). Onde $E(t, s)$ está relacionado ao nível de eficiência da DMU avaliada, no momento final (t) e tecnologia inicial (s); Essa decomposição permite medir os indicadores de produtividade ao longo do tempo, destacando tanto a distância entre a Unidade de Decisão (DMU) e a fronteira de eficiência (EC) quanto o grau de deslocamento da DMU nos períodos estudados (TC).

No caso do valor do índice de *Malmquist* ser maior do que 1, corresponde uma melhora no desempenho em relação a períodos anteriores, no caso de valores inferiores a 1 corresponde queda no desempenho (Fare et al., 1994).

Para a metodologia DEA, neste estudo, foram utilizados como DMUs os municípios selecionados. Todas as etapas da abordagem DEA-*Malmquist* foram realizadas utilizando-se o software RStudio (conforme scripts do Anexo V e VI).

4.2 SELEÇÃO DOS *INPUTS* E *OUTPUTS*

No saneamento básico, inúmeras são as variáveis que influenciam direta ou indiretamente. A escolha dos *inputs* e *outputs* se baseou na possibilidade de se comparar os elementos entre as cidades. A escolha das variáveis teve como suporte os trabalhos contidos na revisão de literatura, além de estarem disponíveis nos bancos de dados do Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS), anos 2007 e 2022. O Quadro 4 traz os 4 *outputs* selecionados e o *input* utilizado para o modelo de eficiência.

Quadro 4 – Descrição da variável e a referência dos *inputs* e *outputs* utilizados no modelo DEA³

Variável input	Descrição	Referência
Despesas de exploração.	Valor anual das despesas realizadas para a exploração dos serviços.	Kistner, Ferreira e Kazmirczak (2022); Guimarães e Carvalho (2023); Portela, Santos e Borba. (2018); Barbosa, Tomaz e Azevedo (2019); Tourinho et al. (2021); Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020);
Variável output	Descrição	Referência
Volume de água consumido.	Volume anual de água consumido por todos os usuários.	Portela, Santos e Borba (2018); Barbosa, Tomaz e Azevedo (2019); Tourinho et al. (2021); Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020);
Extensão de rede de água.	Comprimento total da malha de distribuição de água.	Portela, Santos e Borba (2018); Barbosa, Tomaz e Azevedo (2019); Tourinho et al. (2021); Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020);
Quantidade de ligações ativas de água.	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).	Kistner, Ferreira e Kazmirczak (2022); Guimarães e Carvalho (2023); Portela, Santos e Borba (2018); Barbosa, Tomaz e Azevedo (2019); Tourinho et al. (2021); Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020);
Quantidade de ligações ativas de esgoto.	Quantidade de ligações 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.	Kistner, Ferreira e Kazmirczak (2022); Portela, Santos e Borba. (2018); Barbosa, Tomaz e Azevedo (2019); Tourinho et al. (2021); Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020);

Fonte: Elaborado pela autora.

A escolha da variável despesas de exploração (*input*) teve embasamento em estudos como os de Kistner, Ferreira e Kazmirczak (2022), Guimarães e Carvalho (2023), Barbosa, Tomaz e Azevedo (2019), Tourinho et al. (2021), Cavalcanti; Teixeira e Pontes (2020), Portela, Santos e Borba (2018), os quais evidenciaram o impacto das despesas de exploração ao acesso da população aos serviços de água e esgoto, assim como os efeitos da gestão desses recursos na capacidade técnica do setor.

³ Vale destacar que, neste trabalho optou-se por trabalhar com variáveis simples, o que permite concentrar a análise em um aspecto específico do fenômeno estudado. Outra opção seria trabalhar com índices compostos, porém acredita-se que este possa diluir o impacto de componentes individuais importantes. Logo, uma variável simples é direta e fácil de entender, permitindo uma comunicação mais clara dos resultados para o público-alvo.

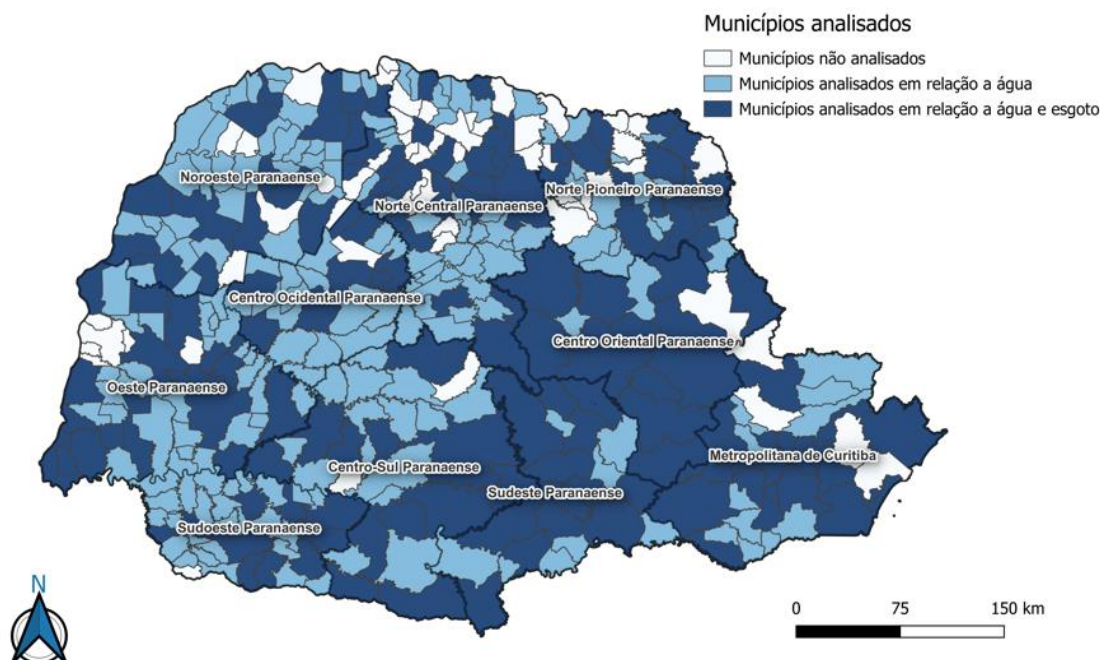
Já as variáveis de *output* (volume de água consumido, extensão de rede de água, quantidade de ligações ativas de água e quantidade de ligações ativas de esgoto), foram selecionadas com base em literatura específica, conforme Quadro 3.

4.3 SELEÇÃO DAS DMUs

O conjunto de DMUs analisados deverá obrigatoriamente possuir os mesmos insumos e produtos abordados, variando apenas em magnitudes. É importante que as Unidades sejam homogêneas, tomem decisões individuais e participem do mesmo setor econômico, buscando os mesmos agentes compradores e vendedores (Mello et al., 2005).

Como área de estudo foi selecionado os municípios atendidos pela Sanepar que constavam todas as informações avaliadas e calculadas em dois momentos, primeiramente foram analisados os 194 municípios com todas as informações referentes a água, posteriormente apenas 149 municípios abastecidos pela Sanepar tinham todas as informações de água e esgoto, desta forma, sendo estudada em duas partes. Cabe salientar que de acordo com o último censo do IBGE (2022) o Estado do Paraná apresenta 11.444.380 habitantes. As 54 cidades que não são atendidas (conforme Mapa 1) possuem 823.463 habitantes. Os 345 municípios atendidos pela Sanepar representam cerca de 92,81% da população total do estado paranaense e são a amostra analisada. Já os municípios que não são atendidos pela mesma prestadora representam 7,19% da população do estado.

Mapa 1 - Municípios não atendidos pela Sanepar e municípios analisados



Fonte: Elaborado pela autora. Nota: Nome das cidades não atendidas pela Sanepar⁴.

Grande parte desses municípios ficam na região Norte/Nordeste do Estado. Segundo Freire (2020), o entendimento referente a competência na gestão do saneamento básico em cada município é relativo e até o Superior Tribunal de Justiça (STF) já foi demandado para discutir o tema. O STF foi chamado a se pronunciar sobre o tema na ADI 1.842/RJ. Em tal decisão, julgou-se inconstitucionais dispositivos da Lei Complementar 87/1997, da Lei 2.869/1997 e do Decreto 24.631/1998, todos do Estado do Rio de Janeiro. Os atos (em especial a citada lei complementar) transferia a titularidade do poder concedente para a prestação dos serviços públicos de interesse metropolitano ao Estado do Rio de Janeiro.

Em resumo, a decisão do STF (conforme Freire, 2020) remete que “a competência para a organização e prestação dos serviços de saneamento básico é

⁴ 1- Abatiá, 2- Alvorada do Sul, 3- Ângulo, 4- Antonina, 5- Bandeirantes, 6- Barracão, 7- Boa Ventura de São Roque, 8- Colorado, 9- Entre Rios do Oeste, 10- Flórida, 11- Iguaçu, 12- Itambaracá, 13- Jaguapitã, 14- Jaguariaíva, 15- Japurá, 16- Jardim Olinda, 17- Jataizinho, 18- Jussara, 19- Kaloré, 20- Lobato, 21- Marechal Cândido Rondon, 22- Marialva, 23- Mariluz, 24- Marumbi, 25- Mercedes, 26- Miraselva, 27- Munhoz de Melo, 28- Nossa Senhora das Graças, 29- Nova Santa Bárbara, 30- Paranaguá, 31- Paranapoema, 32- Pato Bragado, 33- Peabiru, 34- Pitangueiras, 35- Porto Barreiro, 36- Prado Ferreira, 37- Presidente Castelo Branco, 38- Quatro Pontes, 39- Ribeirão Claro, 40- Santa Cecília do Pavão, 41- Santa Isabel do Ivaí, 42- Santa Mônica, 43- Santo Antônio do Paraíso, 44- São Jerônimo da Serra, 45- São João do Ivaí, 46- Sarandi, 47- Sertaneja, 48- Sertãoópolis, 49- Tapejara, 50- Terra Rica, 51- Tupãssi, 52- Doutor Ulysses, 53- Ibiporã, 54- Nova Fátima.

dos Municípios”. Porém, “quando se caracterizar a necessidade de integração da organização, planejamento e execução de tais serviços por serem eles de interesse comum de Municípios limítrofes, a situação será diferente. O Estado poderá dispor sobre o tema por lei complementar estadual ao criar região metropolitana” (ou microrregião ou aglomeração urbana), a qual será uma entidade administrativa (desta forma, sem competências legislativas), mas condicionando a decisão sobre os temas no âmbito da região metropolitana à participação de todos os Municípios envolvidos. O peso de cada município não precisa ser igualitário, podendo ser proporcional.

Ainda segundo Freire (2020), independente de concordâncias, a legislação ordinária nacional incrementou esse entendimento da corte do Supremo Tribunal Federal e no ano de 2015 o Estatuto da Metrópole estabeleceu, em seu art. 3º, § 1º, que Estado e municípios incluídos na região metropolitana deverão promover “governança interfederativa”. E ainda, no art. 8º, I, tem previsão de que a instância executiva da região metropolitana será formada por representantes do Poder Executivo dos entes federativos integrantes das unidades territoriais urbanas.

Particularmente, em relação ao saneamento básico, esse entendimento acabou sendo incluso na Lei 11.445/2007 pela Lei 14.026/2020. O art. 8º da nova redação (redação original silenciava sobre o tema) traz que, exercem a titularidade dos serviços públicos de saneamento básico:

- (a) os Municípios e o Distrito Federal, no caso de interesse local;
- (b) o Estado, em conjunto com os municípios que compartilham efetivamente instalações operacionais integrantes de regiões metropolitanas (bem como aglomerações urbanas e microrregiões).

Como entendimento final em relação as competências, compreende-se, portanto, que:

- i. A competência (legislativa) para criar os serviços de saneamento básico é da União em relação às normas gerais de saneamento básico. A competência suplementar será, inicialmente, dos municípios, mas em se tratando de região metropolitana, microrregião e aglomeração urbana, a competência legislativa suplementar será do Estado.
- ii. A competência (administrativa) para organização e prestação dos serviços serão dos municípios.
- iii. Ademais, quando o Estado observar a real necessidade de integrar e participar da organização, do planejamento e da execução de tais serviços, ele poderá organizar e

prestar o serviço por meio de regiões metropolitanas, microrregiões ou aglomerações urbanas. Nestas entidades administrativas, os municípios envolvidos deverão fazer parte da gestão da entidade administrativa.

É importante salientar, que municípios que optaram por uma gestão própria de saneamento, através de suas autarquias municipais ou secretarias/entidades similares, vem nessa opção, possíveis vantagens administrativas, sejam elas referentes a gestão operacional, rentabilidade financeira ou ainda, maior controle em relação a qualidade do serviço prestado. Muitas vezes, órgãos estatais tem seu orçamento baseado em todas as suas unidades de atendimento de forma generalizada, o que pode mascarar a real necessidade orçamentária de cada localidade (Freire, 2020).

5 ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção aborda os dados secundários coletados através do SNIS nos anos de 2007 e 2022, com o objetivo de analisar as cidades estudadas do estado do Paraná. Assim, são apresentados os resultados da modelagem DEA para os anos de 2007 e 2022, seguidos pela avaliação de eficiência dos serviços prestados pela Sanepar. Por fim, são discutidos os resultados da técnica e metodologia DEA-*Malmquist*, bem como as mudanças na produtividade total dos fatores no contexto da gestão de saneamento básico paranaense durante o período analisado.

5.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA DEA⁵

A estatística descritiva dos indicadores dos *inputs* e *outputs* utilizados na DEA de saneamento básico em relação à água da amostra de municípios do Paraná é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos *inputs* e *outputs* do modelo DEA para a água

Variáveis	Período	Unidade	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Despesa de exploração (<i>input</i>)	2007 2022	R\$	300.150,76 1.445.579	202228,02 1082595,08	41.190,69 230.491	1.137.723 5.148.297
Volume de água consumido (<i>output</i>)	2007 2022	m³/ano	191,91 278	131,16 185,32	18,6 41	663,27 966
Extensão de rede de água (<i>output</i>)	2007 2022	km	28,07 57	18,53 35,37	3,23 9	108,47 163
Quantidade de ligações ativas de água (<i>output</i>)	2007 2022	Nº de ligações	1.451,37 2.284,00	939,464 1463,86	222 414	5.119 7.494

Fonte: Resultados da pesquisa. Nota: foram utilizados dados de 194 municípios do Paraná atendidos pela Sanepar.

De modo geral, os resultados indicam alterações nos *inputs* e *outputs* dos serviços de saneamento após a implementação do PNBS. Em média, os dados referentes aos *inputs*, tanto antes quanto após a implementação do PNBS, revelam que a despesa total dos serviços aumentou de R\$ 300.150,76 para R\$ 1.445.579,00.

⁵ A ferramenta boxplot foi utilizada para verificação das *outliers*, como o resultado não foi significativo, optou-se por manter todas as DMUs.

Apesar da eficiência em diversos municípios ainda ser um desafio, o aumento da despesa total indica que a Sanepar tem buscado melhorias que podem estar ligadas a investimentos em infraestrutura, aumento nos custos operacionais e mudanças nas políticas tarifárias. De fato, houve autorização para reajuste tarifário, estabelecendo como primeiras diretrizes para criação de uma metodologia de revisão de tarifas que se alinhe à concepção da regulação por incentivo (*price cap* e *yardstick regulation*) (Carvalho; Sampaio, 2019). No setor de saneamento, o novo marco legal assegura o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos, considerando a modicidade tarifária e os incentivos para melhorar a eficiência (Brasil, 2020).

No entanto, o desvio padrão foi maior em 2022, revelando maior heterogeneidade nas despesas entre os municípios, destacando disparidades regionais nos custos da prestação de serviços, que podem estar relacionadas a fatores como eficiência operacional e capacidade de investimento.

Já em relação à média do volume de água consumida (*output*), observa-se uma variação de 191,9084 m³/ano (em 2007) para 278,00 m³/ano (em 2022), resultando em um aumento de 86,09 m³/ano o consumo médio no período. De acordo com Cardoso (2023), o consumo de água é uma das variáveis que podem melhor explicar o avanço no desempenho dos serviços de água e esgoto. Assim, o crescimento observado pode ser interpretado como resultado de melhorias na cobertura e na qualidade do abastecimento de água, entretanto, também pode refletir em um aumento no consumo *per capita*, levantando questões sobre a eficiência no uso dos recursos hídricos e a necessidade de políticas de conservação.

Entretanto, o aumento do desvio padrão demonstra maior variação entre os municípios, indicando que, enquanto algumas localidades tiveram aumentos no consumo, outras mantiveram níveis inferiores. Essa situação pode ser atribuída a fatores econômicos ou demográficos, por exemplo.

No período analisado, a extensão da rede de água (*output*) teve um acréscimo médio de 28,93 km em comparação ao ano de 2007, que possuía uma média de 28,06644 km de rede. Esse resultado sugere a realização de investimentos em infraestrutura, conforme preconizado pelo PNBS. Esse aspecto é relevante, considerando que, de acordo com o Panorama do Saneamento Básico do País (SNIS, 2021), estima-se que 40,1% de toda a água disponibilizada é perdida durante sua distribuição, o que destaca a importância de investimentos em infraestrutura e na eficiência operacional.

Salienta-se que, em relação ao desvio padrão da variável em questão, houve uma de expansão desigual entre os diferentes municípios.

Em termos de redes ativas de água (*output*), passou de 1.451,36 no ano de 2007 para 2.284 em 2022, resultando em uma variação de 832,64 ao longo desse período. Esse crescimento reflete um aprimoramento na capacidade de distribuição e na conectividade do sistema, beneficiando um maior número de consumidores e contribuindo para a melhoria da qualidade de vida.

Porém, o maior desvio padrão em 2022 indica uma distribuição desigual das ligações, possivelmente em decorrência da concentração de redes mais extensas em áreas urbanas.

Observa-se, assim, que houve um aumento no desvio padrão entre os anos de 2007 e 2022 em todas as variáveis analisadas, o que evidencia disparidades no desempenho dos municípios avaliados. Essa variação acentuada contribuiu para o aumento da variância amostral observada.

De forma geral, os dados indicam um aumento significativo nos custos operacionais, acompanhado por uma maior extensão da rede, maior consumo de água e um número mais elevado de ligações ativas ao longo dos 15 anos analisados. Esses resultados sugerem investimentos contínuos no setor de abastecimento e o crescimento da demanda por água em função do aumento populacional ou do desenvolvimento econômico.

A estatística descritiva dos indicadores utilizados na DEA saneamento básico para avaliar a água e o esgoto em municípios do Paraná é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Estatística descritiva dos *inputs* e *outputs* do modelo DEA para água e esgoto

Variáveis	Período	Unidade	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Despesa de exploração (<i>input</i>)	2007	R\$	4.551.393,00	16162825,31	170.325	184.65.627
	2022		20.590.642	63560241,31	883.726	699.490.709
Volume de água consumido (<i>output</i>)	2007	m ³ /ano	2.367	8301,99	63	93.744
	2022		4.307	17423,67	113	191.830
Extensão de rede de água (<i>output</i>)	2007	km	225	606,69	4	6.875
	2022		369	759,60	15	7.646
Quantidade de ligações ativas de água (<i>output</i>)	2007	Nº de ligações	13.663	37318,13	503	410.098
	2022		19.790	47674,79	1.010	504.988
Quantidade de ligações ativas de esgoto (<i>output</i>)	2007	Nº de ligações	7.366	27819,22	2	317.661
	2022		15.789	44122,19	51	472.831

Fonte: Resultados da pesquisa. Nota: foram utilizados dados de 149 municípios do Paraná atendidos pela Sanepar.

Em termos médios dos *inputs* antes e depois da PNSB, a despesa média total dos serviços (*input*) aumentou de R\$ 4.551.393,00 para R\$ 20.590.642, correspondendo a uma variação de R\$ 16.039.249,00.

O volume médio de água consumida (*output*) apresentou uma variação de 2.367 m³/ano no ano de 2007 para 4.307 m³/ano no ano de 2022, resultando em uma diferença de 1.940 m³/ano.

A média de extensão de rede implantada (*output*) entre os anos de 2007 e 2022, apresentou um aumento de 144 km.

Em relação a quantidade média de ligações ativas de água no período (*output*), verificou-se que de 13.663 ligações no ano de 2007, teve-se um salto para 19.790 ligações em 2022, resultando numa variação de 6.127 ligações.

Já a quantidade média de ligações de esgoto ativas (*output*) praticamente dobrou no período, sendo 7.366 no ano de 2007 e 15.789 no ano de 2022.

Em 2013 a Sanepar implantou o Programa de Expansão de Redes Coletoras e Ligações Prediais de Esgoto (Expansar). De acordo com Nascimento et al. (2019), o programa visou otimizar as capacidades instaladas de cada sistema de esgotamento sanitário em relação à infraestrutura de coleta, transporte e tratamento. Assim, os autores observaram que, de 2013 a 2018 houver mais ligações de esgoto do que ligações de água, ampliando sua universalização. Portanto, a duplicação das ligações de esgoto observada entre 2007 e 2022 pode ser vista como um reflexo da implementação e sucesso desse programa.

Apesar do aumento nas ligações de esgoto ativas, o país ainda enfrenta desafios no serviço de esgoto. De acordo com SNIS (2022), apenas 56% da população brasileira possui rede de esgoto, sendo que a região Sul do país fornece rede de esgoto para 49,7% da população. Em relação ao tratamento, 52,2% dos esgotos do país são tratados, o que pode ocasionar poluição de rios, mares e lençóis freáticos. Assim, a insuficiência na coleta de esgoto, que contribui para o aumento da poluição, desencadeia uma série de problemas socioeconômicos, como a desvalorização imobiliária em áreas sem saneamento adequado, o aumento dos gastos públicos com saúde devido à maior incidência de doenças de veiculação hídrica e a redução da qualidade de vida da população, especialmente em comunidades de baixa renda (Sampaio; Sampaio, 2007).

Enfim, em todas as variáveis analisadas observa-se aumento do desvio padrão, o que provavelmente se deve à intensificação das desigualdades entre os municípios

no que tange a investimentos, abrangência de serviços e, possivelmente, à eficiência na gestão de recursos hídricos e saneamento. Essa disparidade evidencia tanto o sucesso de políticas públicas em algumas áreas rompidas em determinadas regiões quanto os desafios enfrentados na busca pela universalização do saneamento básico e na gestão dos recursos hídricos.

5.2 EFICIÊNCIA DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NA DEA

A Tabela 3 apresenta as médias dos escores de eficiência estimados para as DMUs no que se refere ao abastecimento de água no período analisado (2007-2022). Os resultados detalhados por município estão disponíveis no Anexo I.

Tabela 3 – Escores de eficiência do modelo DEA em relação à água					
Variáveis	Período	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Resultados 2007 e 2022 (água)	2007	0,729476	0,167805	0,349949	1
	2022	0,714017	0,163001	0,318753	1

Fonte: Resultados da pesquisa. Nota: foram utilizados dados de 194 municípios do Paraná atendidos pela Sanepar.

De acordo com Kistner, Ferreira e Kazmirczak (2022), os escores de eficiência são utilizados para identificar as melhores práticas adotadas pelas empresas, sendo que o escore igual a 1 indica eficiência total, enquanto valores inferiores a 1 revelam algum grau de ineficiência. Quanto menor o escore, maior a ineficiente.

Os resultados evidenciam uma ineficiência na prestação do serviço de saneamento básico, com ênfase no abastecimento de água, ao longo do período analisado. Observa-se uma leve redução na média dos escores de eficiência entre 2007 e 2022, sugerindo possíveis desafios operacionais ou estruturais que impactaram o desempenho do setor. Essa diminuição representou 1,54% em comparação com 2007. Esse resultado pode ter sido afetado pela crise hídrica ocorrida entre 2019 e 2021, considerada a maior do Paraná nos últimos 90 anos (Sanepar, 2022).

Apesar da implantação do PNSB, não se contribuiu para um aumento na eficiência da gestão da água por parte dos municípios. Medeiros e Rodrigues (2019), ao aplicarem a mesma metodologia, afirmaram que a política pública não resultou em um aumento consistente na eficiência dos municípios do Ceará.

Kistner, Ferreira e Kazmirczak (2022) utilizando o método DEA, voltada a *input*,

avaliaram diversas empresas incluindo a Sanepar, e atingiram eficiências de 56,2%, 59,7% e 47,8% nos anos de 2016, 2017 e 2018, respectivamente. Os autores indicaram que, em 2018, a empresa necessitaria ajustar seus investimentos totais, ampliar o número de municípios atendidos, aumentar as ETA's, incrementar o quadro de funcionários e elevar a receita líquida proveniente de serviços prestados.

Cruz (2017), analisando os anos de 2006 a 2013, relata que a Sanepar conseguiu melhorar a produtividade total dos fatores, mas não introduziu inovações tecnológica ou ganhos de eficiência. O autor concluiu que, embora tenha conseguido progredir, após o PNSB, isso não se traduziu em uma mudança significativa na realidade dos serviços de água e esgoto no país.

Os resultados obtidos nesse trabalho de pesquisa também corroboram com os de Barbosa et al. (2019), que consideraram que altos investimentos e um grande porte da instituição não são sinônimos de eficiência. Ademais, Schappo et al. (2017) descreveram que o Estado do Paraná possui o maior número de municípios considerados eficientes no setor, embora esses dados não sejam compatíveis com a presente pesquisa.

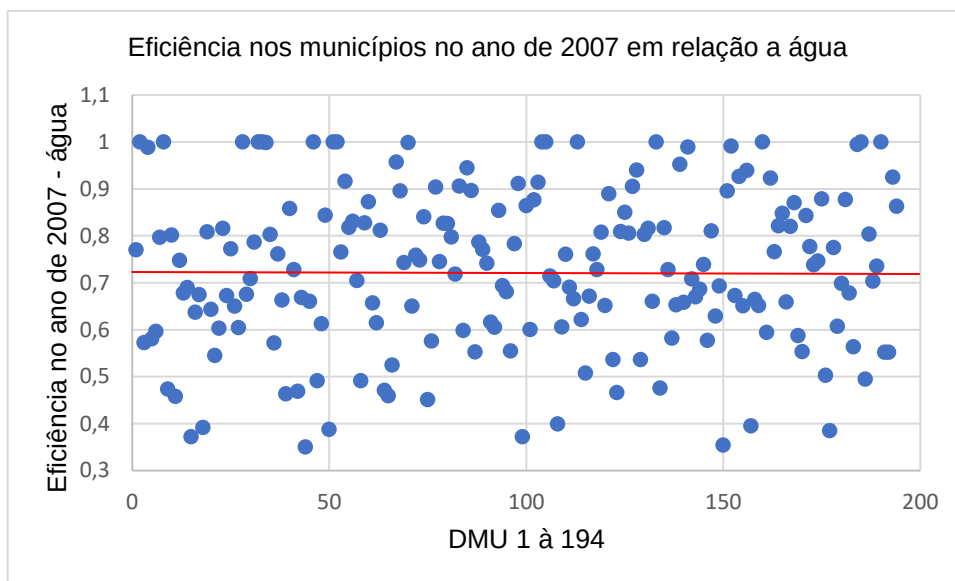
Em relação ao desvio padrão, observou-se pequena redução, o que sugere uma diminuição na variabilidade da eficiência entre os municípios. Isso indica que, embora a média geral tenha diminuído, as diferenças entre os desempenhos das DMUs se tornaram mais homogêneas.

Portanto, os resultados indicam que as DMUs não apresentaram melhorias consistentes na eficiência técnica ao longo do período. A ligeira queda na média pode estar associada a mudanças nas condições operacionais ou a desafios na gestão do abastecimento de água.

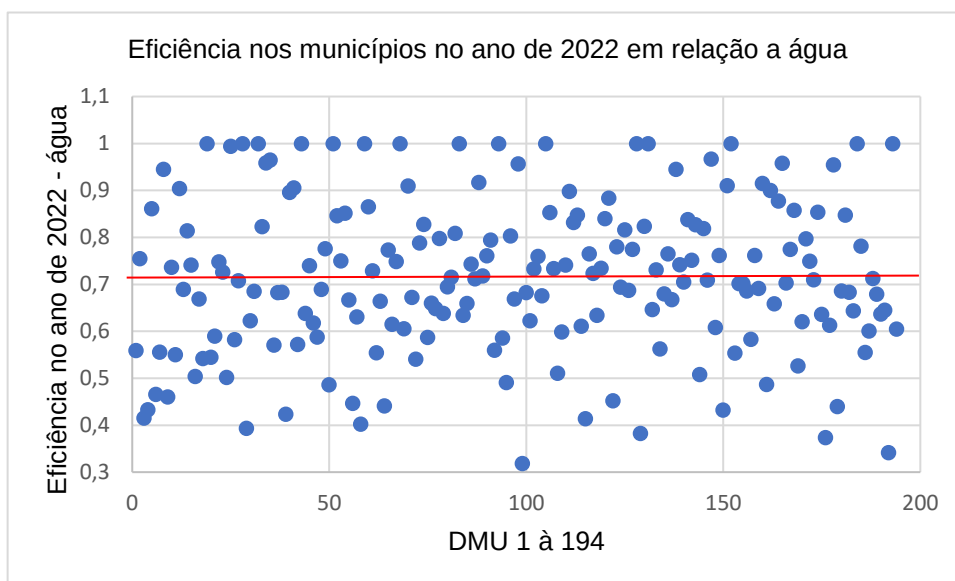
A Figura 6 apresenta a distribuição dos escores de eficiência dos municípios em relação ao abastecimento de água nos anos de 2007 (a) e 2022 (b). A análise das duas representações permite observar mudanças no desempenho dos municípios ao longo do tempo, destacando possíveis tendências, avanços ou retrocessos no setor de saneamento básico.

Figura 6 - Eficiência dos municípios em relação à água para os anos de 2007 (a) e 2022 (b)

a)



b)



Fonte: Elaborado pela autora.

Em 2007, observa-se uma dispersão nos escores de eficiência, com 15 municípios alcançando a eficiência total (escore igual a 1), enquanto outros apresentam valores significativamente mais baixos, indicando ineficiências no abastecimento de água. Essa variação sugere que, naquele ano, houve uma grande discrepância entre os municípios, com alguns ainda enfrentando dificuldades na gestão e no fornecimento de água potável de forma eficaz. As cidades eficientes foram Ventania, Santa Maria do Oeste, Agudos do Sul, Araruna, Campina da Lagoa, Campo Magro, Cândói, Diamante D'Oeste, Esperança Nova, Espigão Alto do Iguaçu, Marilândia do Sul, Marilena, Moreira Sales, Piên, Tijucas do Sul. Esses municípios

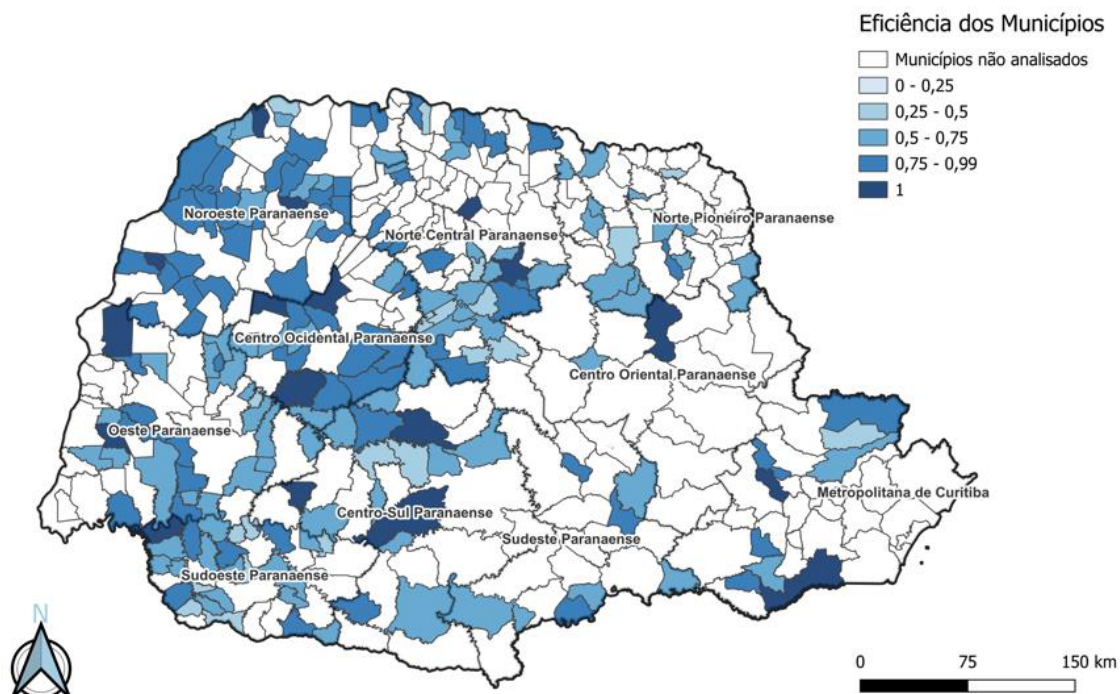
representaram 8% do total.

Já em 2022, a distribuição dos escores de eficiência se manteve em 15 municípios, porém apenas 4⁶ deles são os mesmos apresentados no ano de 2007, sendo eles Bom Sucesso, Campina da Lagoa, Campo Magro, Cruzeiro do Sul, Esperança Nova, Floresta, Guamiranga, Itapeçuru, Juranda, Marilena, Paula Freitas, Pérola, Sabáudia, Terra Roxa e Vitorino.

De acordo com Kistner, Ferreira e Kazmirczak (2022), a Sanepar perdeu sua referência em eficiência, conforme análises realizadas entre os anos de 2016 e 2018. De acordo com Carmo (2003), a Sanepar, em 2000, apresentava eficiência de 100% quando analisada pela metodologia DEA. Entretanto, os autores complementam que “a eficiência da metodologia DEA depende do número de variáveis aplicadas ao modelo”, sugerindo que variações nos resultados podem ocorrer conforme as variáveis consideradas na análise.

Os mapas 2 e 3 mostram os escores de eficiência em relação ao abastecimento de água por municípios nos anos de 2007 e 2022.

Mapa 2 - Eficiência em relação ao abastecimento de água no ano de 2007 por município do Paraná

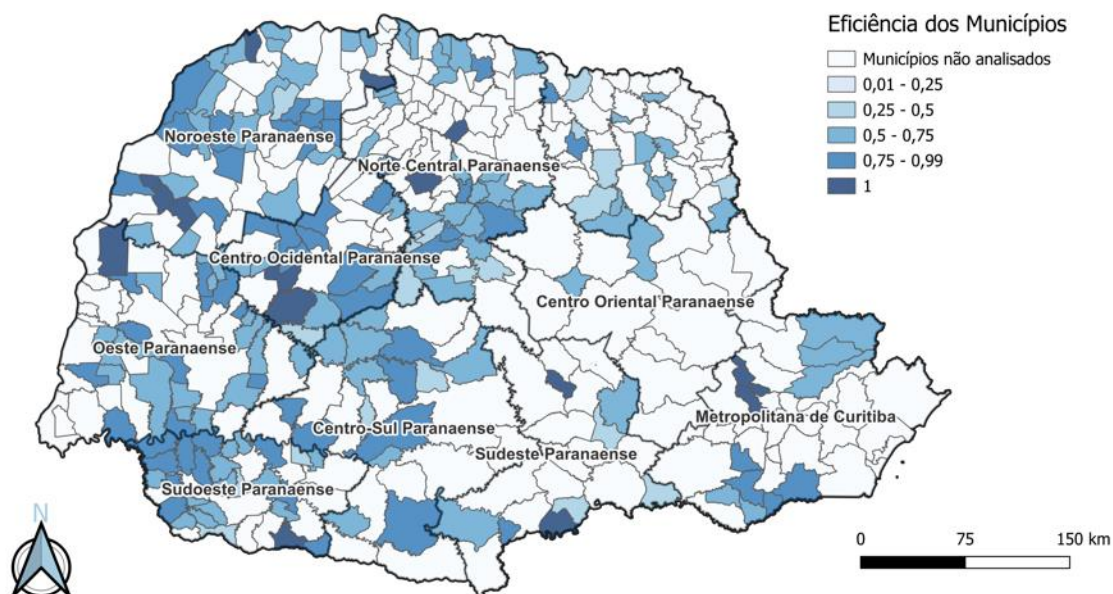


Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Análise dos 194 municípios atendidos pela Sanepar com exclusividade no abastecimento de água. Os demais municípios não analisados e atendidos pela Sanepar contemplam tanto o abastecimento de água como a coleta de esgoto.

⁶ Campina da Lagoa, Campo Magro, Esperança Nova e Marilena.

Mapa 3 - Eficiência em relação ao abastecimento de água no ano de 2022 por município do Paraná



Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Análise dos 194 municípios atendidos pela Sanepar com exclusividade no abastecimento de água. Os demais municípios não analisados e atendidos pela Sanepar contemplam tanto o abastecimento de água como a coleta de esgoto.

Conforme observado, a região Noroeste se destacou como a mais eficiente do período analisado. No entanto, apesar do seu desempenho superior, é possível que existam desafios que impactaram sua evolução. As regiões Leste e Oeste apresentaram eficiências semelhantes, enquanto a região Norte mostrou as menores eficiências entre todas as regiões do Estado. Essas diferenças regionais podem estar associadas a fatores financeiros e políticos, incluindo desigualdades sociais e econômicas.

Os resultados obtidos salientam que, no âmbito do saneamento básico, as desigualdades regionais intensificam a complexidade do desafio de universalizar os serviços, mesmo que o fornecimento de água seja amplamente reconhecido por sua relevância sanitária e econômica (Martellet; Andrade; Mattos, 2024).

A Tabela 4 ilustra as médias dos escores estimados de eficiência das DMU's no período de 2007 a 2022, em relação aos serviços de água e esgoto. O Anexo III apresenta os resultados detalhados por município.

Tabela 4 – Escores de eficiência do modelo DEA em relação à água e esgoto

Variáveis	Período	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Resultados 2007 e 2022 (água e esgoto)	2007	0,755297	0,16115	0,355512	1
	2022	0,768151	0,14574	0,402844	1

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Foram utilizados dados de 149 municípios do Paraná atendidos pela Sanepar.

Com base nos dados apresentados, a média dos escores de eficiência dos municípios no período de 2007 e 2022 foi de 0,75 e 0,77, respectivamente. Essa ligeira evolução é acompanhada pela diminuição do desvio padrão, indicando uma tendência de aprimoramento coletivo na gestão dos municípios analisados ao longo do período. Houve aumento no valor mínimo, indicando melhoria nas unidades menos eficientes.

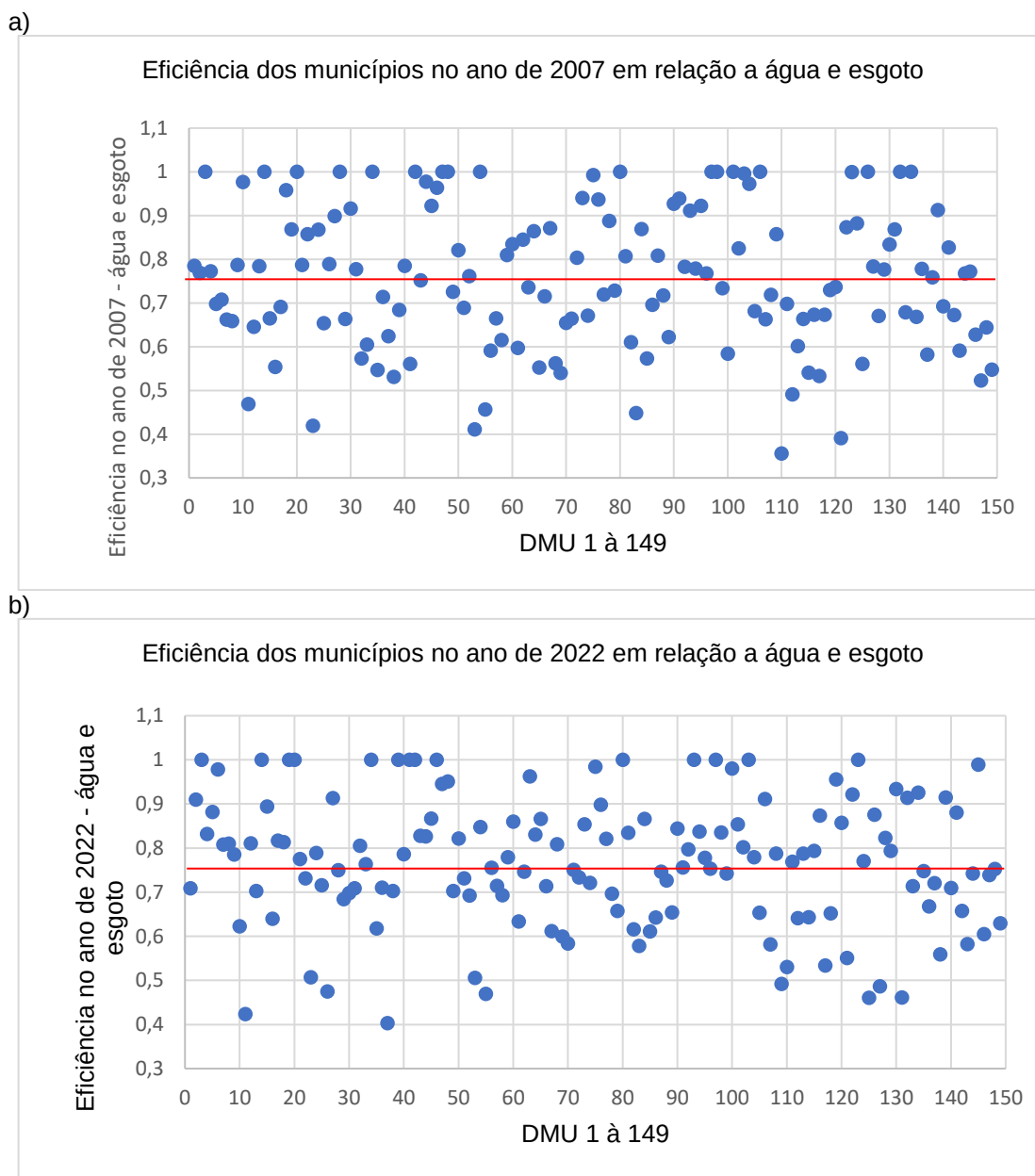
Os resultados obtidos evidenciam a ineficiência na prestação dos serviços de saneamento básico, com ênfase no abastecimento de água e no tratamento de esgoto.

De forma geral, a análise dos serviços de água e esgoto revelou resultados superiores em comparação à análise dos municípios apenas atendidos com os serviços de abastecimento de água, (Tabela 3). Esse resultado pode ter ocorrido levando em consideração que a empresa tem aprimorado e expandido a gestão de esgoto. Dados do Instituto Trata Brasil (2024) demonstravam que, em 2007, o país tratou 32,5% do esgoto gerado, percentual que aumentou para 52,2% em 2022. Essa constatação é consistente com os dados históricos, que mostram que o tratamento de esgoto recebeu menos prioridade nas políticas públicas em comparação ao abastecimento de água.

Barbosa e Bastos (2014) utilizando o mesmo *input* (despesas de exploração) e três *outputs* idênticas (ligações ativas de água, extensão da rede de água, ligações ativas de esgoto) através do modelo BCC (*output*), identificaram uma eficiência técnica de 1 para a Sanepar em 2010. Contudo, os resultados atuais não corroboram esse estudo, uma vez que a eficiência técnica foi menor que 1.

A Figura 7 mostra a eficiência dos municípios no que diz respeito ao abastecimento de água e ao tratamento de esgoto para o período avaliado.

Figura 7 - Eficiência dos municípios em relação à água e esgoto para os anos de 2007 (a) e 2022 (b)



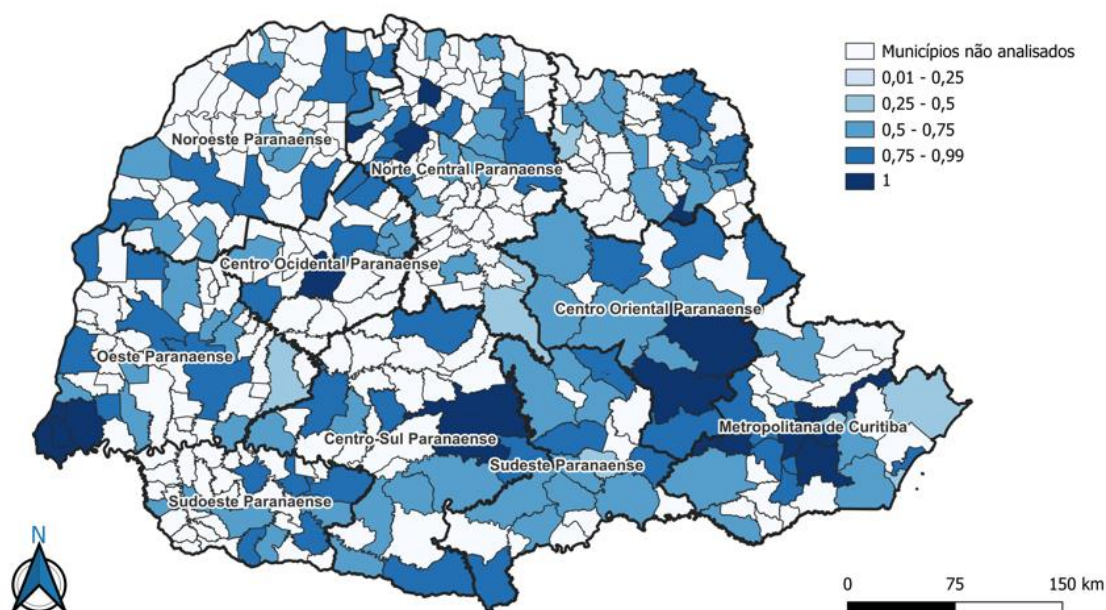
Fonte: Resultados da pesquisa.

A avaliação da eficiência dos municípios no que tange à oferta de abastecimento de água e ao tratamento de esgoto nos anos de 2007 e 2022 indica uma tendência de redução no número de municípios classificados como eficientes. Em 2007, 17 municípios alcançaram esse status, o que representava 11% do total analisado. Contudo, em 2022, esse número caiu para 14 municípios, correspondendo a 9% do total. Essa queda de 18% sugere a presença de desafios na manutenção e na ampliação da eficiência dos serviços de saneamento ao longo do tempo.

Apesar dessa redução, sete municípios conseguiram manter-se eficientes em

ambos os períodos analisados: Alto Paraíso, Balsa Nova, Campina Grande do Sul, Colombo, Curitiba, Maringá e Pinhais. Esse resultado sugere que, em certas localidades, houve uma continuidade na gestão eficiente dos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto, possivelmente relacionada a investimentos sustentados e a políticas públicas bem-sucedidas. Em contrapartida, a exclusão de alguns municípios da lista dos considerados eficientes indica a presença de dificuldades na manutenção dos padrões anteriormente propostos, enquanto a inclusão de novos municípios em 2022 pode sinalizar avanços específicos em determinadas regiões. Para uma melhor visualização das informações gráficas da Figura 7, os mapas 4 e 5 destacam os municípios eficientes em formato de mapa.

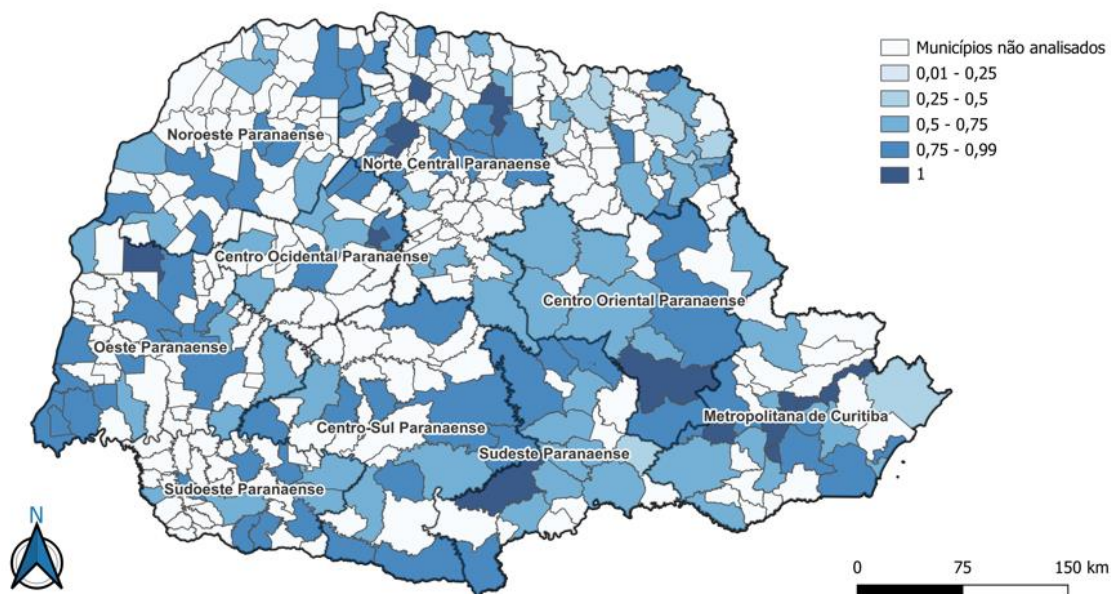
Mapa 4 - Eficiência média em relação à água e esgoto no ano de 2007 por região do Paraná



Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: foram utilizados dados de 149 municípios do Paraná atendidos pela Sanepar.

Mapa 5 - Eficiência média em relação a água e esgoto no ano de 2022 por região do Paraná



Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: foram utilizados dados de 149 municípios do Paraná atendidos pela Sanepar.

A redução do número de municípios eficientes reflete os desafios persistentes no setor de saneamento. Azevedo (2023) destaca a importância de melhorar o desempenho das companhias de saneamento, especialmente no que se refere à ampliação das ligações de esgoto ativas. Além disso, conforme recomendado por Rasera (2014), a ineficiência dos serviços prestados está diretamente relacionada ao alto número de pessoas em situação de vulnerabilidade, o que torna mais complexa a oferta de serviços adequados de água e esgoto.

A comparação entre os municípios é importante para compreender as variações que afetam a eficiência no setor. As análises das Tabelas 3 e 4 mostram que a eficiência média é maior quando se considera tanto o fornecimento de água quanto o tratamento de esgoto, reforçando a necessidade de uma abordagem integrada sobre essas duas dimensões do saneamento. Diante desse contexto, é relevante pensar em estudos para se avaliar a efetividade das políticas públicas implementadas e buscar estratégias que promovam melhorias contínuas na infraestrutura e na gestão dos serviços de água e esgoto.

5.3 COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA – ÍNDICE DE *MALMQUIST*

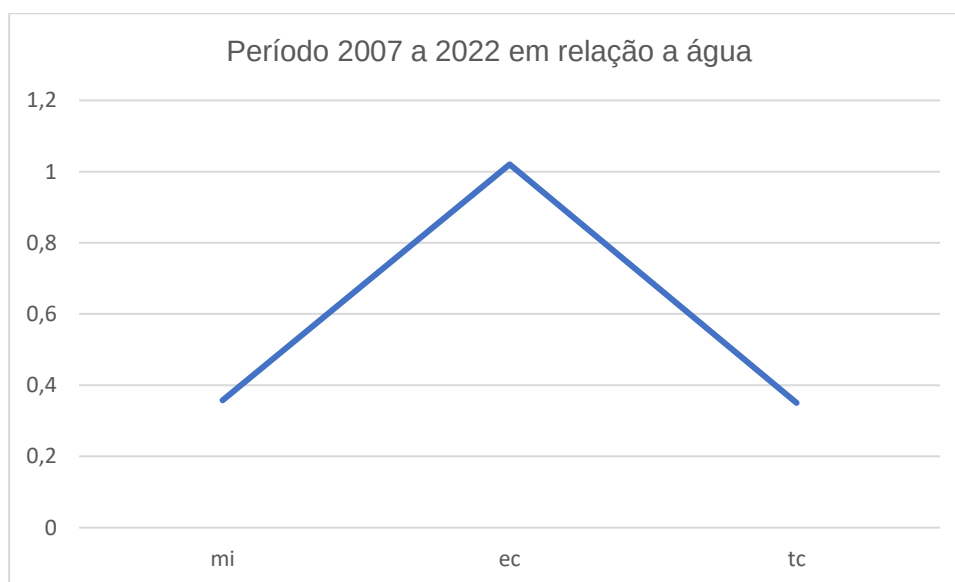
O Anexo II apresenta de forma detalhada os resultados do índice de *Malmquist*

em relação aos 194 municípios no que diz respeito ao abastecimento de água, efeito emparelhamento e efeito deslocamento, que refletem as variações de produtividade ao longo do tempo.

Em 2007, constatou-se que 90 municípios tinham valores inferiores a 1 no índice *Malmquist* (46,39% do total analisado). Já em 2022, 104 municípios obtiveram valores superiores a 1 do Índice de *Malmquist* (53,61% do total), indicando que, após o PNSB houve um aumento da eficiência das DMUs nesses municípios.

A Figura 8 mostra uma relação dos valores de produtividade, eficiência técnica e mudança tecnológica dos municípios do Paraná atendidos pela Sanepar no que se refere a água nos anos de 2007 a 2022.

Figura 8 - Análise da eficiência nos anos de 2007 e 2022, utilizando o índice de Malmquist em relação ao abastecimento de água



Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: mi= produtividade, ec= mudança na eficiência, tc= mudança tecnológica. Foram utilizados dados de 194 municípios do Paraná atendidos pela Sanepar.

A análise da eficiência no abastecimento de água nos anos de 2007 e 2022, utilizando o índice de Malmquist, revela uma tendência preocupante no setor de saneamento no Paraná. Os resultados indicam uma queda geral na produtividade média, assim como uma queda na eficiência tecnológica ao longo do período estudado. Esse panorama sugere desafios na modernização e no aprimoramento dos processos de abastecimento de água nos municípios atendidos pela Sanepar.

O índice de Malmquist, conforme destacado por Cardoso (2023), permite avaliar a evolução da eficiência produtiva ao longo do tempo, identificando os fatores

que influenciam as mudanças na produtividade. No contexto analisado, observa-se que, apesar da queda na produtividade e na tecnologia, houve um aumento na eficiência média. Esse crescimento pode indicar que, mesmo diante de limitações tecnológicas e produtivas, algumas melhorias na gestão dos recursos e na otimização dos processos contribuíram para um melhor aproveitamento dos insumos disponíveis.

O efeito de emparelhamento, que analisa a evolução da eficiência técnica produtiva, não foi suficiente para compensar a redução no efeito de deslocamento, que mede o avanço da produtividade impulsionado por inovações tecnológicas (Ferreira e Gomes, 2020). Diferentemente do estudo de Macedo (2018), que identificou progressos tecnológicos no setor de saneamento entre 2004 e 2015, os resultados desta pesquisa apontam para um cenário oposto, com redução na produtividade e na inovação tecnológica. A falta de progresso tecnológico, evidenciada pelo índice inferior a 1 no gráfico, sugere possíveis fatores limitantes, como a ausência de planejamento estratégico, investimentos insuficientes e baixa qualidade técnica dos projetos, conforme já indicado por Ferreira e Dias (2015).

Além disso, os achados deste estudo estão alinhados com a pesquisa de Cardoso (2023), que também constatou queda na produtividade e mudanças tecnológicas ao avaliar a eficiência dos serviços de água e esgoto em municípios do Ceará. Esse alinhamento sugere que o problema pode não ser isolado, mas sim uma tendência mais ampla dentro do setor de saneamento básico no Brasil.

Diante desse cenário, os resultados sugerem a necessidade de investimentos em tecnologia e planejamento estratégico para reverter a tendência de queda na produtividade e estimular a inovação no setor. Melhorias na infraestrutura, capacitação técnica e desenvolvimento de projetos eficientes são essenciais para garantir um abastecimento de água mais sustentável e eficiente no futuro.

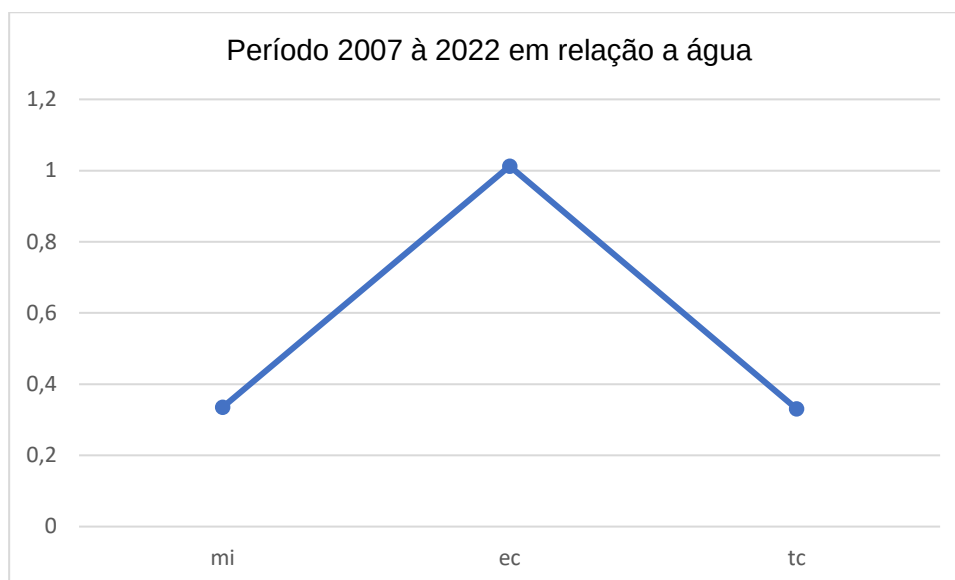
O Anexo IV apresenta de maneira detalhada os resultados do índice de *Malmquist* para os 149 municípios analisados em relação ao abastecimento de água e esgoto, assim como os efeitos de emparelhamento e deslocamento, que refletem as variações de produtividade ao longo do tempo.

Observou-se no ano de 2007, que 72 municípios apresentaram valores abaixo de 1 no índice *Malmquist*, representando 48,32% do total estudado. Em 2022, 77 municípios registraram valores maiores que 1 (51,68% do total), gerando um aumento da eficiência das DMUs durante o período.

A Figura 9 mostra a relação entre produtividade, eficiência técnica e mudança

tecnológica dos municípios do Paraná atendidos pela Sanepar, considerando os serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto nos anos de 2007 a 2022.

Figura 9 - Análise da eficiência, utilizando o índice de Malmquist em relação aos serviços de água e esgoto para os anos de 2007 e 2022



Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: mi= produtividade, ec= mudança na eficiência, tc= mudança tecnológica.

Os dados indicam que, entre 2007 e 2022, houve uma queda na produtividade e na mudança de eficiência tecnológica. No entanto, observa-se um aumento na eficiência média ao longo do período analisado. Isso sugere que, apesar da queda na produtividade, os municípios conseguiram utilizar melhor os recursos disponíveis, maximizando sua eficiência relativa.

A queda na produtividade demonstra que a relação entre *inputs* e *outputs* resultou em uma produção relativa menor. Além disso, o ritmo de inovação foi reduzido ou a empresa não conseguiu implementar novas tecnologias de maneira eficaz. No entanto, a unidade ainda se encontra na fronteira de eficiência, ou seja, operando com o melhor o desempenho possível dentro das condições recursos disponíveis.

De acordo com Ferreira e Gomes (2020), as empresas podem adotar três estratégias principais: reduzir o volume de produção, implementar tecnologias mais avançadas ou promover melhorias na qualidade da gestão do setor. A primeira alternativa, no entanto, é inviável tanto social quanto legalmente, uma vez que a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) tem como objetivo fundamental a universalização do acesso à água potável e ao tratamento de esgoto. Assim, conforme sugerem Procópio et al. (2014), a modernização do setor é a estratégia mais

adequada, o que exige investimentos contínuos em infraestrutura física e a capacitação de profissionais qualificados.

De acordo com Ferreira e Gomes (2020), as empresas podem optar por três estratégias principais: reduzir o volume de produção, implementar tecnologias mais avançadas ou promover melhorias na qualidade da gestão do setor. A primeira alternativa, no entanto, é inviável tanto social quanto legalmente, uma vez que a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) tem como objetivo a universalização do acesso a água potável e tratamento de esgoto. Assim, conforme sugerem Procópio et al. (2014), a modernização do setor é a estratégia mais adequada, o que exige investimentos contínuos em infraestrutura física e a capacitação de profissionais qualificados.

6 CONCLUSÃO

O objetivo principal dessa pesquisa foi avaliar a eficiência técnica associada à gestão dos serviços de saneamento básico prestados pela Sanepar em vários municípios do Estado do Paraná durante os anos de 2007 e 2022. Para isso, foram investigadas as eficiências nos períodos e as variações de produtividade e eficiência ao longo do período, empregando a metodologia DEA e o índice de *Malmquist*. A análise realizada possibilitou responder à questão de pesquisa sobre o desempenho das unidades da Sanepar na prestação de serviços de saneamento básico, evidenciando tendências para a empresa em suas diversas unidades distribuídas pelo estado do Paraná.

O trabalho se fundamenta em um referencial teórico que discute a relação entre eficiência técnica e gestão do saneamento, ressaltando a importância de melhorar a eficiência operacional e administrativa para elevar a qualidade do serviço e a satisfação dos usuários.

Ao analisar dados secundários do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) referentes ao período em questão, a pesquisa oferece uma comparação da eficiência entre diversos municípios do Paraná, tanto aqueles que fornecem abastecimento exclusivamente de água, como para aqueles que fornecem o abastecimento de água e coleta com tratamento de esgoto. Essa abordagem longitudinal permite uma compreensão mais aprofundada das tendências e melhorias na prestação de serviços por parte dos municípios.

Os resultados indicam que a eficiência dos serviços de água e esgoto é superior quando ambos os serviços são analisados em conjunto, atendendo um maior número de municípios, em comparação com a análise que considera apenas os serviços de abastecimento de água. Isso pode sugerir que uma gestão integrada de recursos resulta em melhores resultados.

Uma variável exógena que pode ter exercido um impacto importante nos resultados é o período de crises hídricas enfrentadas pelo estado nos anos recentes. A crise hídrica ocorrida entre 2019 e 2021, considerada uma das mais severas dos últimos noventa anos, pode ter afetado níveis de eficiência da gestão, contribuindo para a manutenção de índices de ineficiência em diversos municípios, o que exige uma análise mais aprofundada.

De acordo com o resultado obtido nota-se que alguns municípios de pequeno

porte segue mais eficientes em ambos períodos em relação a água, o que pode estar relacionado a exploração da água que pode ser mais eficiente em municípios de pequeno porte devido à menor complexidade da infraestrutura, com redes de distribuição mais curtas e simples, o que reduz custos de manutenção e perdas hídricas. Além disso, a demanda por água é menor, exigindo menos investimentos em captação, tratamento e distribuição. A gestão local também é mais eficiente devido à proximidade entre gestores e população, enquanto o uso de fontes locais, como poços artesianos, reduz custos operacionais. Com redes menores, há menos desperdício e perdas, e as pequenas localidades podem operar com estruturas mais simples, demandando menos investimentos.

Embora a implementação de políticas públicas, como o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB), tenha representado um marco no setor, os dados sugerem que essas iniciativas não foram suficientes para promover mudanças significativas na eficiência operacional, especialmente no que diz respeito ao abastecimento de água. As disparidades regionais também são evidentes, com algumas regiões do estado apresentando desempenhos superiores, enquanto outras, em particular o Norte do Paraná, que enfrentaram desafios mais significativos, o que poderia gerar maior atenção política-financeira à região, acarretando em maior quantidade e qualidade de acesso a captação de água potável, por exemplo.

Os escores de eficiência indicaram uma leve melhoria, com uma média geral variando de 0,75 a 0,77, o que representa uma evolução modesta no período analisado. Apesar do aumento da eficiência média ao longo do tempo, observou-se uma diminuição na produtividade e na mudança tecnológica, sinalizando desafios para a modernização do setor. Em 2007, 48,32% dos municípios analisados apresentaram valores inferiores a 1 no índice de Malmquist, enquanto em 2022 esse percentual aumentou para 51,68%, refletindo uma melhoria na eficiência das DMUs. Contudo, a redução na mudança tecnológica sugere dificuldades na adoção de inovações e na otimização dos processos operacionais.

A queda na produtividade demonstra que a relação entre *inputs* e *outputs* resultou em uma menor produção relativa, indicando que a Sanepar não conseguiu expandir proporcionalmente os serviços prestados sem aumentar significativamente os recursos empregados. Além disso, a redução na mudança tecnológica sugere um ritmo de inovação mais lento no setor, o que compromete a modernização dos serviços de saneamento.

A comparação entre os dois anos analisados não reflete apenas um tímido progresso, mas também ressalta a necessidade de um planejamento contínuo para alcançar os objetivos de sustentabilidade e proporcionar melhores condições de saúde pública à população. A implementação do novo Marco Legal do Saneamento Básico, com suas diretrizes externas para a universalização e eficiência, configura-se como um instrumento relevante; no entanto, a concretização das metas ainda requer um esforço concentrado tanto por parte do governo quanto das prestadoras de serviços.

Nesse contexto, é pertinente que novas políticas públicas e investimentos privados sejam direcionados à modernização do saneamento básico. A adoção de novas tecnologias, a melhoria da infraestrutura e a capacitação de profissionais são algumas das estratégias que podem garantir maior eficiência e sustentabilidade no fornecimento de água e no tratamento de esgoto.

Assim, este estudo contribuiu para a compreensão dos fatores (variáveis) que influenciam a eficiência dos serviços prestados pela Sanepar nos municípios paranaenses, oferecendo subsídios para a formulação de estratégias que promovam melhorias no setor. Para estudos futuros, recomenda-se a ampliação da análise para outros estados e a inclusão de variáveis que considerem aspectos ambientais e sociais, possibilitando uma abordagem mais abrangente sobre a eficiência do saneamento básico no estado do Paraná ou em outras regiões.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS. 4,6 milhões de paranaenses passaram a ter coleta de esgoto nos últimos anos, aponta estudo. In: **Agência Estadual de Notícias; Governo do Estado do Paraná**, 26 de março de 2024. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/46-milhoes-de-paranaenses-passaram-ter-coleta-de-esgoto-nos-ultimos-anos-aponta-estudo#:~:text=Em%202022%2C%2096%2C1%25,3%2C6%25%20ao%20ano>. Acesso em: 29 de setembro de 2024.

AVILA, A. F. D.; GARAGORRY, F. L.; CARDOSO, C. C. Produção e produtividade da agricultura brasileira: taxas de crescimento, comparações regionais e seus determinantes. In: ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; GOMES, E. G., (orgs.) **Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 87-124.

AZEVEDO, A. M. S. **Avaliação da eficiência técnica das companhias de saneamento básico da região nordeste utilizando a análise envoltória de dados**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W.; SWARTS, J.; THOMAS, D. A. An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of its Models and Their Uses. **Research in Governmental and Non-Profit Accounting**, v. 5, p. 125-163, 1989.

BARBOSA, A. L. S.; TOMAZ, D. A.; AZEVEDO, A. A. Análise da eficiência dos serviços de saneamento prestados nos municípios da região metropolitana de Belo Horizonte com a utilização do método análise envoltória de dados. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 5, n. 1, p. 101-121, 2019.

BARBOSA, F. C.; FUCHIGAMI, H. Y. **Análise envoltória de dados: teoria e aplicações**. Itumbiara: ULBRA, 2018.

BARBOSA, R. P.; BASTOS, A. P. V. Utilização da Análise Por Envoltória De Dados (DEA) na mensuração da eficiência das prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário: um enfoque no desempenho da Companhia de Saneamento do Estado do Pará (COSANPA). **Revista Economia & Gestão**, v. 14, n. 35, p. 151-181, 2014.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 5 de janeiro de 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm#:~:text=L11445compilado&text=LEI%20N%C2%BA%2011.445%2C%20DE%205%20DE%20JANEIRO%20DE%202007.&text=Art.,pol%C3%ADtica%20federal%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico. Acesso em: 13 maio 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial da

União: Brasília, DF, 15 de julho de 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 13 maio de 2024.

BRITO, A. Saneamento rural – desafios e oportunidades na medição e controle de água. In: **NIVETEC**, 23 de novembro de 2023. Disponível em: <https://www.nivetec.com.br/saneamento-rural/>. Acesso em:

BROON, C.; BROON, P. S. Reputation and organizational efficiency: a data envelopment analysis study. In: Berens, G. **Corporate Reputation Review**. The Netherlands: Corporate Reputation Review, 2005. p. 45-58.

CAMARGO, F. O.; GUIMARÃES, K. M. S. O princípio da eficiência na gestão pública. **Revista CEPPG**, v. 28, n. 1, p.133-145, 2013.

CARDOSO, P. H. G. **A eficiência dos serviços de água e esgoto do Estado do Ceará**. Tese (Doutorado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Economia, Fortaleza, 2023.

CARMO, C. M. **Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Engenharia de Produção, Recife, 2003.

CARVALHO, A. E. C.; SAMPAIO, L. M. B. Caminhos para a universalização dos serviços de água e esgotos no Brasil: a atuação das entidades reguladoras para indução da eficiência dos prestadores de serviços. **Anpec**, v. 1, n. s/n, p. 1-20, 2019.

CAVALCANTI, A.; TEIXEIRA, A.; PONTES, K. Evaluation of the efficiency of basic sanitation integrated management in Brazilian municipalities. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. s/n, p. 1-29, 2020.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. New York: Springer, 2005.

COSTA, G. R.; SILVA, M. H.; CORRÊA, R. I. L.; RIBAS, E. B. Saneamento básico: sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. **Revista Paramétrica**, v. 14, n. 1, p. 1-70, 2022.

CRUZ, F. P. Análise dinâmica da eficiência técnica dos serviços de água e esgotos no Brasil após a lei nacional de saneamento. In: **Congresso ABES, FENSAN**, 2017, Online. Anais [...]. Online: ABES, 2017.

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

FARE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG, Z. Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. **American Economic Review**, v. 84, n. s/n, p. 66-83, 1994.

FARRELL, M. J. The measurement of productivity efficiency. **Journal of Royal**

Statistical Society, v. 120, n. s/n, p. 253-290, 1957.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teorias, modelos e aplicações**, 2. ed. Viçosa: UFV, 2020.

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

FICARELLI, T. R. A.; RIBEIRO, H. **A geografia do saneamento básico: aplicações multiescalares e multidisciplinares de sistemas de informação geográfica (SIG)**. Barueri: Manole, 2017.

FREIRE, A. L. **Saneamento básico: competências constitucionais para criar, organizar e prestar os serviços públicos**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2020.

GUERREIRO, A. S. **Análise da eficiência de empresas de comércio eletrônico usando técnicas da análise envoltória de dados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica, Departamento de Engenharia Industrial, Rio de Janeiro, 2006.

GUIMARÃES, P. S.; CARVALHO, C. R. R. Saneamento básico goiano: uma proposta de intervenção regulatória para o aumento da eficiência e eficácia dos serviços oferecidos à população. **Gestão & Regionalidade**, v. 36, n. 108, p. 50-72, 2020.

HORA, A. L. B.; SHIMODA, E.; HORA, H. R. M.; COSTA, H. G. Análise da eficiência dos serviços de saneamento básico nos municípios do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 7, n. 1, p. 55-81, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2022**. 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 13 maio 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/index.html>. Acesso em: 13 maio 2024.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Anuário Estatístico 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.ipardes.pr.gov.br/Noticia/IPARDES-divulga-o-Anuario-Estatistico-2022#:~:text=O%20IPARDES%20organiza%20e%20disponibiliza,at%C3%A9%20o%20in%C3%ADcio%20deste%20ano>. Acesso em: 09 jul. 2024.

JUIZ, P. J. L.; FRANÇA, F. V. P.; SILVA, T. E. S. Índices de saneamento básico para avaliação de saúde pública: um estudo comparativo entre Feira de Santana e outros municípios baianos. **Revista Scientia**, v. 9, n. 1, p. 112-137, 2024.

KISTNER, S. P.; FERREIRA, D. D. M.; KAZMIRCZAK, G. J. Eficiência em empresas públicas e privadas do setor de saneamento básico: um estudo com aplicação da Data Envelopment Analysis (DEA). **Gestão & Regionalidade**, v. 38, n. 115, p. 264-282, 2022.

LEIVA, J. R. L. Saneamento básico na região Oeste do Paraná. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 510-524, 2018.

MACEDO, J. A. B. **Águas & águas**. 3. ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007.

MACEDO, J. J. **Avaliação do setor de saneamento no Brasil, período 2004 a 2015: usando a Análise da Fronteira Estocástica (SFA), Análise Envolvória de Dados (DEA), Índice de Malmquist**. 2018. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 210, 2018.

MACEDO, J. J.; SAMPAIO, A. V. Avaliação do setor de saneamento no Brasil período 2015 usando o método análise envoltória de dados (DEA). In: OLIVEIRA, E. J.; FIGUEIREDO, S. C. G.; REDIN, E.; ROSA, A. A. S. **Tópicos em Administração**. Belo Horizonte: Poisson, 2021. p. 247.

MARGULIES, B. N. **Desempenho das empresas de saneamento básico brasileiras: uma análise dos setores públicos e privados**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, São Paulo, 2018.

MARIANO, E. B. **Sistematização e comparação de técnicas, modelos e perspectivas não-paramétricas de análise de eficiência produtiva**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. Eficiência pela técnica dos números índices: uma aplicação em aeroportos. In: **XVI Simpósio de Engenharia de Produção**, XVI. Botucatu: UNESP, 2009.

MARTELLET, L. G.; ANDRADE, N. L. R.; MATTOS, J. C. P. Análise da vulnerabilidade dos serviços de abastecimento de água potável e saneamento no município de Rio Branco-Acre aplicada ao modelo de Regulação Sunshine. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 1-24, 2024.

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

MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de análise de envoltória de dados. In: **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, XXXVII, Gramado: SBPO, 2005.

MONCAYO-MARTÍNEZ, L. A.; RAMÍREZ-NAFARRATE, A.; HERNÁNDEZ-BALDERRAMA, M. G. Evaluation of public HEI on teaching, research, and knowledge dissemination by Data Envelopment Analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 69, n. s/n, p. 100718, 2020.

MOUZAS, S. Efficiency versus effectiveness in business networks. **Journal of Business Research**, v. 59, n. 10-11, p. 1124-1132, 2006.

NASCIMENTO, E. L.; BITTENCOURT, S.; MIKOWSKI, A. A. B.; ANDREOLI, F. N. expansão de redes coletoras e de ligações prediais na universalização do

esgotamento sanitário no Paraná. In: **Congresso ABES**, 30º, 2019, Natal: ABES, 2019.

NOGUEIRA, M. A. **Eficiência técnica na agropecuária das microrregiões brasileiras**. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. 2024. Nações unidas Brasil. Os objetivos do desenvolvimento sustentável no Brasil. **Água potável e saneamento, 2024**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em: 03 jun. 2024.

PARANÁ. **Decreto nº 7258, de 4 de setembro de 2024**. Declara Situação de Emergência nas áreas dos municípios atingidos por Estiagem - 1.4.1.1.0, de acordo com a Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE. Curitiba: Diário Oficial do Estado: 2024. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/pr/decreto-n-7258-2024-parana-declara-situacao-de-emergencia-nas-areas-dos-municipios-atingidos-por-estiagem-1-4-1-1-0-de-acordo-com-a-codificacao-brasileira-de-desastres-cobrade>. Acesso em: 12 de dezembro de 2024.

PEREIRA, C. E.; SATO, G. P. O saneamento básico e o papel das empresas estatais no novo marco regulatório. **Revista Foco**, v. 16, n. 12, p. 1-21, 2023.

PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PLANSAB. 2013. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.do wnload&id=20384. Acesso em: 13 maio 2024.

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

PROCÓPIO, D. P.; MAIA, M. S.; TOYOSHIMA, S. H.; GOMES, A. P. Eficiência produtiva das empresas prestadoras de serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto nos municípios mineiros. **Gestão & Regionalidade**, v. 30, n. 90, p. 50-66, 2014.

QUIROGA-MARTÍNEZ, F.; FERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, E.; ALBERTO, C. L. Efficiency in public higher education on Argentina 2004–2013: institutional decisions and university-specific effects. **Latin American Economic Review**, v. 27, n. 1, p. 1–18, 2018.

RASERA, D. **Indicadores de universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em áreas com populações em vulnerabilidade socioambiental: estudo de caso no município de Cubatão/SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

REIS, L. D.; ARAÚJO, R. C.; ARAÚJO, J. A.; LIMA, J. R. Eficiência técnica da produção agrícola dos países da América Latina e do Caribe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 4, p. 1-15, 2020.

ROSA, F. S.; DÍAZ-BECERRA, O. A.; LUNKES, R. J. Saneamento básico: análise da

relação entre gastos públicos e atendimento à população em cidades brasileiras e peruanas. **Revista Científica General José María Córdova**, v. 14, n. 18, p. 195-213, 2016.

SAMPAIO, B.; SAMPAIO, Y. Influências políticas na eficiência de empresas de saneamento brasileiras. **Economia Aplicada**, v. 11, n. 3, p. 369-386, 2007.

SANEPAR – COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Crise hídrica**. 2022. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/noticias/categoria-desta-noticia/crise-hidrica>. Acesso em: 14 jan. 2025.

SANTOS, M. A. Águas e saneamento básico: apontamentos sobre a evolução futura no Paraná. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 43, n. 143, p. 209-230, 2022.

SILVA FILHO, E. C.; FERREIRA, M. A. P. Saneamento básico: o novo marco legal. In: SILVA, J. I. A. O. **O problema da água e do saneamento** - algumas respostas. Campina Grande: EDUEPB, 2021.

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

SILVA, J. S.; FREITAS, C. O. de; COSTA, L. V. Effects of pluriactivity of Brazilian rural establishments on technical efficiency. **Italian Review of Agricultural Economics**, v. 73, n. 2, p. 147-169, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2019**. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/agua-e-esgotos-1/2019/2-Diagnostico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf. Acesso em: 11 maio 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2022**. 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/03/Relatorio-Completo-Ranking-do-Saneamento-de-2024-TRATA-BRASIL-GO-ASSOCIADOS.pdf>. Acesso em: 11 maio 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Panorama do saneamento básico no Brasil 2021**. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICNO_BRASIL_SNIS_2021compactado.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 14 jan. 2025.

SOARES MELLO J. C. C. B; GOMES E. G.; BIOND NETO L.; LINS M. P. E. Suavização da fronteira DEA: o caso BCC tridimensional. **Investigação Operacional**, v. 24, n. s/n, p. 89-107, 2004.

TOURINHO, M.; ROSA-SANTOS, P.; TAVEIRA-PINTO, F.; CAMANHO, A. M. O

Impacto de variáveis contextuais no desempenho dos serviços de água no Brasil: uma abordagem DEA. In: **15º Congresso da Água**, XV, Lisboa: APRH, 2021.

TRATA BRASIL. **Coleta de esgoto sobe apenas 0,2 ponto percentual no país. Veja os melhores e os piores municípios destacados pelo Ranking do Saneamento 2024.** 2024. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/04/Release-Ranking-do-Saneamento-de-2024-TRATA-BRASIL-GO-ASSOCIADOS-V2.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 14 jan. 2025.

TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento Instituto Trata Brasil 2022.** 2022. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_do_RS_2022.pdf. Acesso em: 13 maio 2024.

VARELA, P. S.; MARTINS, G. A.; FÁVERO, L. P. Desempenho dos municípios paulistas: uma avaliação de eficiência da atenção básica à saúde. **Revista de Administração**, v. 47, n. 4, p. 624-637, 2012.

VARIAN, H. R. **Microeconomia**. Princípios básicos. Uma abordagem moderna. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

VICECONTI, P. E. V.; NEVES, S. **Introdução à economia**. Rio de Janeiro: Saraiva, 2013.

ZHOU, X; LI, Z.; ZHENG, T.; YAN, Y.; LI, P.; ODEY, E. A.; MANG, H. P.; UDDIN, S. M. N. Review of global sanitation development. **Environment international**, v. 120, n. s/n, p. 246-261, 2018.

ANEXO I

Análise da eficiência dos municípios abastecidos com água pela Sanepar no ano de 2007 e 2022.

DMU	Municípios	Eficiência - 2007	Eficiência - 2022
1	Adrianópolis	0,770135382	0,558945666
2	Agudos do Sul	1	0,754795088
3	Altamira do Paraná	0,572631993	0,415546559
4	Amaporã	0,988035803	0,433152664
5	Anahy	0,580711517	0,861274977
6	Antônio Olinto	0,596384247	0,465731123
7	Arapuã	0,796461377	0,556109985
8	Araruna	1	0,945087563
9	Ariranha do Ivaí	0,473551742	0,460560726
10	Atalaia	0,801368169	0,736412715
11	Barra do Jacaré	0,457783381	0,550400058
12	Bela Vista da Caroba	0,74791024	0,90416582
13	Bituruna	0,678186203	0,689402946
14	Boa Esperança	0,689473308	0,813906538
15	Boa Esperança do Iguaçu	0,371682016	0,741258558
16	Boa Vista da Aparecida	0,637047487	0,503699179
17	Bocaiúva do Sul	0,674948522	0,669244097
18	Bom Jesus do Sul	0,391985469	0,54250225
19	Bom Sucesso	0,80804621	1
20	Bom Sucesso do Sul	0,643140676	0,545208243
21	Borrazópolis	0,545324419	0,590256539
22	Braganey	0,602805976	0,747780709
23	Brasilândia do Sul	0,815816028	0,726599047
24	Cafeara	0,67258814	0,502236682
25	Cafezal do Sul	0,771888259	0,994181544
26	Califórnia	0,650028189	0,582378647
27	Cambira	0,604376846	0,707779189
28	Campina da Lagoa	1	1
29	Campina do Simão	0,675717284	0,393619298
30	Campo Bonito	0,708643007	0,622823186
31	Campo do Tenente	0,786628193	0,685371986
32	Campo Magro	1	1
33	Candói	1	0,82337847
34	Capanema	0,998303083	0,958969641
35	Capitão Leônidas Marques	0,803129168	0,965178236
36	Catanduvas	0,572074964	0,570731678
37	Centenário do Sul	0,761293584	0,682935424

38	Céu Azul	0,663095091	0,683201113
39	Congonhinhas	0,463188312	0,423850187
40	Contenda	0,858375929	0,896101409
41	Coronel Domingos Soares	0,72806062	0,90569982
42	Cruzeiro do Iguaçu	0,469088044	0,572148326
43	Cruzeiro do Sul	0,668482611	1
44	Cruzmalina	0,349948918	0,638454442
45	Curiúva	0,660559478	0,740218502
46	Diamante D Oeste	1	0,617997414
47	Diamante do Norte	0,49161935	0,588113549
48	Diamante do Sul	0,612326327	0,689178295
49	Douradina	0,843713858	0,775981414
50	Enéas Marques	0,387552251	0,486166774
51	Esperança Nova	1	1
52	Espigão Alto do Iguaçu	1	0,846155384
53	Farol	0,76538099	0,75038118
54	Faxinal	0,916157824	0,851587068
55	Fênix	0,818126768	0,667197754
56	Fernandes Pinheiro	0,830828523	0,446777317
57	Figueira	0,704395406	0,630661638
58	Flor da Serra do Sul	0,491142751	0,402676596
59	Floresta	0,827447319	1
60	Florestópolis	0,872684983	0,86548795
61	Formosa do Oeste	0,656911037	0,729212703
62	Foz do Jordão	0,614676939	0,554324404
63	Francisco Alves	0,811582128	0,664557604
64	Godoy Moreira	0,470558122	0,441347223
65	Goioxim	0,459521912	0,773644957
66	Grandes Rios	0,524942152	0,615369928
67	Guairaçá	0,957285259	0,748911274
68	Guamiranga	0,895827847	1
69	Guapirama	0,742630737	0,605458895
70	Guaporema	0,998718401	0,909661041
71	Guaraci	0,649845229	0,672222214
72	Honório Serpa	0,758319891	0,540964216
73	Ibema	0,748124698	0,788349825
74	Icaraíma	0,840419221	0,827588034
75	Iguatu	0,451043085	0,587017702
76	Imbaú	0,575994834	0,659885033
77	Inajá	0,903539948	0,648533758
78	Indianópolis	0,744845346	0,797803535
79	Iracema do Oeste	0,826526584	0,638558122
80	Iretama	0,826143127	0,694923223
81	Itaguajé	0,797745006	0,715182481
82	Itapejara D Oeste	0,718247074	0,80910513

83	Itaperuçu	0,905840985	1
84	Itaúna do Sul	0,598313612	0,634053247
85	Ivaté	0,944528797	0,659268966
86	Ivatuba	0,896098797	0,743654381
87	Jaboti	0,552811536	0,712069566
88	Janiópolis	0,786836866	0,917043319
89	Japira	0,770615094	0,718337437
90	Jardim Alegre	0,741618769	0,761009507
91	Jesuítas	0,616237614	0,794451666
92	Jundiá do Sul	0,604887184	0,559678423
93	Juranda	0,854088928	1
94	Laranjal	0,694058175	0,585919076
95	Leópolis	0,680652368	0,490817167
96	Lidianópolis	0,554982464	0,803057291
97	Lindoeste	0,782930623	0,669038978
98	Luiziana	0,911508388	0,956421688
99	Lunardelli	0,371997377	0,318752696
100	Lupionópolis	0,864214079	0,682559441
101	Manfrinópolis	0,600545926	0,622856183
102	Manoel Ribas	0,876507311	0,732908216
103	Maria Helena	0,913977079	0,759569862
104	Marilândia do Sul	1	0,675718905
105	Marilena	1	1
106	Mariópolis	0,71393897	0,853253367
107	Maripá	0,704091473	0,73402947
108	Marquinho	0,399027835	0,511097094
109	Mato Rico	0,605742745	0,598572334
110	Mauá da Serra	0,760501444	0,741551467
111	Mirador	0,690211085	0,898064587
112	Missal	0,665923853	0,83231057
113	Moreira Sales	1	0,847617254
114	Nova Aliança do Ivaí	0,621362157	0,611105645
115	Nova América da Colina	0,507802371	0,414090977
116	Nova Aurora	0,671433078	0,765006163
117	Nova Cantu	0,761506871	0,723531633
118	Nova Esperança do Sudoeste	0,727756588	0,63439617
119	Nova Olímpia	0,807595941	0,734776751
120	Nova Prata do Iguaçu	0,651551619	0,839972217
121	Nova Santa Rosa	0,88930832	0,884101772
122	Nova Tebas	0,536501173	0,452074471
123	Novo Itacolomi	0,465752744	0,780036412
124	Ourizona	0,808949335	0,694399091
125	Ouro Verde do Oeste	0,850001016	0,81660323
126	Palmital	0,805790278	0,687606527
127	Paraíso do Norte	0,905116956	0,774877726

128	Paula Freitas	0,939644672	1
129	Paulo Frontin	0,536457003	0,382825549
130	Perobal	0,80316643	0,823849775
131	Pérola	0,816127497	1
132	Pérola D Oeste	0,660456374	0,646320751
133	Piên	1	0,730811329
134	Pinhal de São Bento	0,475547041	0,562599546
135	Planaltina do Paraná	0,816951169	0,679707253
136	Planalto	0,727907232	0,765356677
137	Porto Rico	0,582208153	0,667969838
138	Porto Vitória	0,653161746	0,944996769
139	Primeiro de Maio	0,952507494	0,742170877
140	Quarto Centenário	0,658644843	0,705051814
141	Querência do Norte	0,989072427	0,837786177
142	Quinta do Sol	0,707816729	0,751594518
143	Quitandinha	0,669975139	0,826938174
144	Ramilândia	0,686063636	0,507967902
145	Rancho Alegre	0,738589504	0,818840084
146	Rancho Alegre D Oeste	0,577551405	0,70933784
147	Realeza	0,810218817	0,967273624
148	Rio Bom	0,628848932	0,608413257
149	Rio Bonito do Iguaçu	0,693327193	0,761607401
150	Rio Branco do Ivaí	0,354589826	0,432126409
151	Roncador	0,895772597	0,910610923
152	Sabáudia	0,990830808	1
153	Salgado Filho	0,672431102	0,5534663
154	Salto do Lontra	0,926588488	0,701710674
155	Santa Amélia	0,650508689	0,701956475
156	Santa Cruz de Monte Castelo	0,939081752	0,686393156
157	Santa Inês	0,395311268	0,583393408
158	Santa Izabel do Oeste	0,66472329	0,761609724
159	Santa Lúcia	0,651718908	0,691683129
160	Santa Maria do Oeste	1	0,915025131
161	Santana do Itararé	0,594395551	0,487278565
162	Santa Tereza do Oeste	0,922941583	0,899959268
163	Santo Antônio do Caiuá	0,765871195	0,65900201
164	Santo Antônio do Sudoeste	0,821523892	0,877500497
165	São Carlos do Ivaí	0,84768377	0,957776459
166	São João do Ivaí	0,658703284	0,702787777
167	São Jorge D Oeste	0,820014336	0,774913481
168	São Jorge do Patrocínio	0,870490945	0,857538616
169	São José da Boa Vista	0,587368539	0,526642364
170	São José das Palmeiras	0,55356643	0,620745746
171	São Manoel do Paraná	0,842829304	0,796973844
172	São Pedro do Iguaçu	0,776677726	0,749720157

173	São Pedro do Paraná	0,737998099	0,709773149
174	São Sebastião da Amoreira	0,746333897	0,853757433
175	São Tomé	0,878651228	0,636083173
176	Sapopema	0,502744524	0,373755267
177	Saudade do Iguaçu	0,385141487	0,612971422
178	Serranópolis do Iguaçu	0,775094145	0,954494193
179	Sulina	0,60715226	0,440020606
180	Tamarana	0,698725166	0,686375918
181	Tamboara	0,877209171	0,847447272
182	Tapira	0,67816457	0,683199039
183	Teixeira Soares	0,563846057	0,644106757
184	Terra Roxa	0,994322593	1
185	Tijucas do Sul	1	0,78166508
186	Tunas do Paraná	0,494391286	0,554988577
187	Tuneiras do Oeste	0,803406676	0,600680317
188	Turvo	0,70351882	0,712963827
189	Uniflor	0,735353771	0,679262696
190	Ventania	1	0,637244099
191	Verê	0,552137033	0,645049141
192	Virmond	0,551881601	0,341750361
193	Vitorino	0,924865164	1
194	Xambrê	0,862702594	0,605021646

ANEXO II

Resultado análise DEA-Malmquist em relação a água nos períodos de 2007 e 2022.

Period	DMU	Produtividade - mi	Mudança na eficiência - ec	Mudança Tecnológica - tc
Period.2	Adrianópolis	0,333121	0,828494	0,402081
Period.2	Agudos do Sul	0,297789	0,74585	0,399262
Period.2	Altamira do Paraná	0,27	0,807627	0,334312
Period.2	Amaporã	0,151732	0,393955	0,38515
Period.2	Anahy	0,601782	1,788013	0,336565
Period.2	Antônio Olinto	0,294808	0,801754	0,367703
Period.2	Arapuã	0,238967	0,756084	0,316059
Period.2	Araruna	0,259181	0,726966	0,356524
Period.2	Ariranha do Ivaí	0,335277	1,06923	0,313568
Period.2	Atalaia	0,359284	1,137531	0,315845
Period.2	Barra do Jacaré	0,491474	1,540862	0,318961
Period.2	Bela Vista da Caroba	0,470423	1,209921	0,388805
Period.2	Bituruna	0,333878	0,936049	0,356689
Period.2	Boa Esperança	0,483891	1,344424	0,359925
Period.2	Boa Esperança do Iguaçu	0,775856	2,036436	0,380987
Period.2	Boa Vista da Aparecida	0,275277	0,733302	0,375394
Period.2	Bocaiúva do Sul	0,289865	0,85171	0,340333
Period.2	Bom Jesus do Sul	0,550026	1,490858	0,368932
Period.2	Bom Sucesso	0,463273	1,520668	0,304651
Period.2	Bom Sucesso do Sul	0,348295	0,884183	0,393917
Period.2	Borrazópolis	0,376491	1,122486	0,335408
Period.2	Braganey	0,482137	1,406737	0,342734
Period.2	Brasilândia do Sul	0,36132	1,087159	0,332353
Period.2	Cafeara	0,259822	0,824968	0,314948
Period.2	Cafezal do Sul	0,52817	1,594279	0,331291
Period.2	Califórnia	0,266088	0,80964	0,32865
Period.2	Cambira	0,363645	1,163301	0,312597
Period.2	Campina da Lagoa	0,344615	0,91405	0,37702
Period.2	Campina do Simão	0,215133	0,580703	0,370469
Period.2	Campo Bonito	0,337201	1,041034	0,32391
Period.2	Campo do Tenente	0,362105	0,910899	0,397525
Period.2	Campo Magro	0,261768	0,820346	0,319094
Period.2	Candói	0,234071	0,563794	0,415171
Period.2	Capanema	0,245944	0,714879	0,344035
Period.2	Capitão Leônidas Marques	0,488579	1,325378	0,368634

Period.2	Catanduvas	0,366824	1,059919	0,346087
Period.2	Centenário do Sul	0,352084	1,046298	0,336505
Period.2	Céu Azul	0,347094	0,994509	0,349011
Period.2	Congonhinhas	0,285421	0,875157	0,326137
Period.2	Contenda	0,298216	0,835959	0,356735
Period.2	Coronel Domingos Soares	0,495329	1,377161	0,359674
Period.2	Cruzeiro do Iguaçu	0,540385	1,44275	0,374552
Period.2	Cruzeiro do Sul	0,610793	1,78286	0,342592
Period.2	Cruzmalina	0,747809	2,21679	0,337339
Period.2	Curiúva	0,356847	1,079705	0,330505
Period.2	Diamante D Oeste	0,256894	0,648769	0,395972
Period.2	Diamante do Norte	0,45602	1,220935	0,373501
Period.2	Diamante do Sul	0,39247	1,145207	0,342706
Period.2	Douradina	0,290777	0,907117	0,320551
Period.2	Enéas Marques	0,533699	1,404913	0,37988
Period.2	Esperança Nova	0,317795	0,956368	0,332294
Period.2	Espigão Alto do Iguaçu	0,311711	0,832846	0,374272
Period.2	Farol	0,371973	1,119575	0,332244
Period.2	Faxinal	0,314904	1,029625	0,305844
Period.2	Fênix	0,339858	0,895738	0,379416
Period.2	Fernandes Pinheiro	0,202268	0,539034	0,375241
Period.2	Figueira	0,320422	0,911655	0,351472
Period.2	Flor da Serra do Sul	0,326754	0,915944	0,356741
Period.2	Floresta	0,393259	1,148259	0,342483
Period.2	Florestópolis	0,287407	0,928887	0,30941
Period.2	Formosa do Oeste	0,399553	1,168254	0,342009
Period.2	Foz do Jordão	0,367804	1,007069	0,365222
Period.2	Francisco Alves	0,270929	0,749463	0,361498
Period.2	Godoy Moreira	0,396265	1,104738	0,358696
Period.2	Goioxim	0,66629	2,03136	0,328002
Period.2	Grandes Rios	0,46235	1,301303	0,355298
Period.2	Guairaçá	0,253967	0,737934	0,344159
Period.2	Guamiranga	0,549149	1,23181	0,445807
Period.2	Guapirama	0,267479	0,836918	0,3196
Period.2	Guaporema	0,330535	0,911615	0,362582
Period.2	Guaraci	0,373615	1,192124	0,313403
Period.2	Honório Serpa	0,283291	0,747677	0,378894
Period.2	Ibema	0,387328	1,151466	0,336378
Period.2	Icaraíma	0,310229	0,979561	0,316703
Period.2	Iguatu	0,540315	1,562432	0,345817
Period.2	Imbaú	0,307029	0,942515	0,325755
Period.2	Inajá	0,279252	0,774076	0,360755
Period.2	Indianópolis	0,41198	1,220187	0,337637
Period.2	Iracema do Oeste	0,299657	0,815327	0,36753
Period.2	Iretama	0,307322	0,819851	0,374852

Period.2	Itaguajé	0,331	1,016671	0,325572
Period.2	Itapejara D Oeste	0,441849	1,175767	0,375797
Period.2	Itaperuçu	0,304762	1,005038	0,303234
Period.2	Itaúna do Sul	0,436059	1,234214	0,353309
Period.2	Ivaté	0,246536	0,743352	0,331655
Period.2	Ivatuba	0,315634	0,855825	0,368806
Period.2	Jaboti	0,468251	1,413434	0,331286
Period.2	Janiópolis	0,506467	1,411986	0,358692
Period.2	Japira	0,367205	0,985528	0,372597
Period.2	Jardim Alegre	0,340499	1,016213	0,335067
Period.2	Jesuítas	0,469393	1,391801	0,337256
Period.2	Jundiá do Sul	0,351109	1,058069	0,331839
Period.2	Juranda	0,509653	1,378236	0,369786
Period.2	Laranjal	0,302537	0,96539	0,313383
Period.2	Leópolis	0,274509	0,832576	0,32971
Period.2	Lidianópolis	0,614737	1,855262	0,331348
Period.2	Lindoeste	0,352347	0,979089	0,359872
Period.2	Luiziana	0,423332	1,23763	0,34205
Period.2	Lunardelli	0,250636	0,759371	0,330058
Period.2	Lupionópolis	0,303409	0,822679	0,368806
Period.2	Manfrinópolis	0,399329	0,957521	0,417045
Period.2	Manoel Ribas	0,255793	0,775038	0,330039
Period.2	Maria Helena	0,302982	0,838058	0,361528
Period.2	Marilândia do Sul	0,2459	0,641095	0,383563
Period.2	Marilena	0,367068	1,086599	0,337814
Period.2	Mariópolis	0,532962	1,401933	0,380162
Period.2	Maripá	0,411512	1,122481	0,366609
Period.2	Marquinho	0,539786	1,438669	0,375198
Period.2	Mato Rico	0,377306	1,037196	0,363775
Period.2	Mauá da Serra	0,324731	0,963507	0,33703
Period.2	Mirador	0,509606	1,339086	0,380563
Period.2	Missal	0,473759	1,425353	0,33238
Period.2	Moreira Sales	0,246242	0,740072	0,332727
Period.2	Nova Aliança do Ivaí	0,371706	1,009211	0,368314
Period.2	Nova América da Colina	0,321509	0,92843	0,346293
Period.2	Nova Aurora	0,350573	1,071421	0,327204
Period.2	Nova Cantu	0,383867	1,060627	0,361925
Period.2	Nova Esperança do Sudoeste	0,346159	0,947482	0,365347
Period.2	Nova Olímpia	0,326786	0,91304	0,35791
Period.2	Nova Prata do Iguaçu	0,391588	1,056384	0,370687
Period.2	Nova Santa Rosa	0,377481	1,105784	0,34137
Period.2	Nova Tebas	0,341744	0,934456	0,365715
Period.2	Novo Itacolomi	0,669045	2,002242	0,334148
Period.2	Ourizona	0,330946	0,98829	0,334867

Period.2	Ouro Verde do Oeste	0,372022	1,09238	0,340561
Period.2	Palmital	0,269586	0,787278	0,342427
Period.2	Paraíso do Norte	0,247416	0,72542	0,341066
Period.2	Paula Freitas	0,476973	1,133332	0,420859
Period.2	Paulo Frontin	0,326325	0,839198	0,388853
Period.2	Perobal	0,351651	1,085676	0,323901
Period.2	Pérola	0,438879	1,278353	0,343316
Period.2	Pérola D Oeste	0,396021	1,092997	0,362326
Period.2	Piên	0,296636	0,741178	0,400222
Period.2	Pinhal de São Bento	0,455813	1,203342	0,378789
Period.2	Planaltina do Paraná	0,323679	0,910786	0,355384
Period.2	Planalto	0,403842	1,07552	0,375485
Period.2	Porto Rico	0,392185	1,147548	0,341759
Period.2	Porto Vitória	0,61132	1,641204	0,372483
Period.2	Primeiro de Maio	0,243867	0,741534	0,328869
Period.2	Quarto Centenário	0,460008	1,375576	0,334411
Period.2	Querência do Norte	0,31671	0,863003	0,366986
Period.2	Quinta do Sol	0,414447	1,28907	0,321509
Period.2	Quitandinha	0,506922	1,37137	0,369646
Period.2	Ramilândia	0,279706	0,829599	0,337158
Period.2	Rancho Alegre	0,450285	1,242578	0,36238
Period.2	Rancho Alegre D Oeste	0,51294	1,448364	0,354152
Period.2	Realeza	0,265453	0,784674	0,338298
Period.2	Rio Bom	0,372502	1,136573	0,327741
Period.2	Rio Bonito do Iguaçu	0,479108	1,232224	0,388816
Period.2	Rio Branco do Ivaí	0,462329	1,400587	0,330097
Period.2	Roncador	0,338486	1,025493	0,330072
Period.2	Sabáudia	0,37267	1,051407	0,354448
Period.2	Salgado Filho	0,347902	0,882276	0,394323
Period.2	Salto do Lontra	0,23952	0,654357	0,366038
Period.2	Santa Amélia	0,417274	1,371442	0,304259
Period.2	Santa Cruz de Monte Castelo	0,246926	0,683789	0,361115
Period.2	Santa Inês	0,6016	1,673269	0,359536
Period.2	Santa Izabel do Oeste	0,413214	1,152387	0,358572
Period.2	Santa Lúcia	0,450847	1,240011	0,363583
Period.2	Santa Maria do Oeste	0,334528	0,903274	0,37035
Period.2	Santana do Itararé	0,243934	0,804442	0,303234
Period.2	Santa Tereza do Oeste	0,292686	0,849491	0,344543
Period.2	Santo Antônio do Caiuá	0,335853	1,039003	0,323246
Period.2	Santo Antônio do Sudoeste	0,286288	0,847334	0,337869
Period.2	São Carlos do Ivaí	0,419791	1,304685	0,321756
Period.2	São João do Ivaí	0,332096	1,005502	0,330279
Period.2	São Jorge D Oeste	0,376843	0,941633	0,400202
Period.2	São Jorge do Patrocínio	0,379478	1,145743	0,331207

Period.2	São José da Boa Vista	0,283135	0,931873	0,303835
Period.2	São José das Palmeiras	0,458436	1,397858	0,327956
Period.2	São Manoel do Paraná	0,335171	0,962727	0,348147
Period.2	São Pedro do Iguaçu	0,394526	1,056787	0,373326
Period.2	São Pedro do Paraná	0,35586	1,071189	0,33221
Period.2	São Sebastião da Amoreira	0,394019	1,240988	0,317504
Period.2	São Tomé	0,252387	0,735156	0,343311
Period.2	Sapopema	0,247622	0,68808	0,359873
Period.2	Saudade do Iguaçu	0,69326	1,954248	0,354745
Period.2	Serranópolis do Iguaçu	0,519784	1,42673	0,364319
Period.2	Sulina	0,292233	0,800857	0,3649
Period.2	Tamarana	0,334496	1,022742	0,327058
Period.2	Tamboara	0,400467	1,039481	0,385257
Period.2	Tapira	0,426669	1,103918	0,386504
Period.2	Teixeira Soares	0,344951	0,911449	0,378465
Period.2	Terra Roxa	0,226811	0,674486	0,336272
Period.2	Tijucas do Sul	0,207818	0,524867	0,395944
Period.2	Tunas do Paraná	0,408155	1,224833	0,333234
Period.2	Tuneiras do Oeste	0,237923	0,710527	0,334855
Period.2	Turvo	0,334464	0,97295	0,343762
Period.2	Uniflor	0,31515	1,08669	0,290009
Period.2	Ventania	0,201523	0,582891	0,345729
Period.2	Verê	0,494108	1,276415	0,387106
Period.2	Virmond	0,212213	0,629964	0,336865
Period.2	Vitorino	0,422592	1,133594	0,372789
Period.2	Xambrê	0,271697	0,732378	0,370979

ANEXO III

Análise da eficiência dos municípios abastecidos com água e esgoto pela Sanepar no ano de 2007 e 2022.

DMU	Município	Eficiência 2007	Eficiência 2022
1	Almirante Tamandaré	0,784952	0,708607
2	Altônia	0,768556	0,909763
3	Alto Paraíso	1	1
4	Alto Paraná	0,77203	0,831564
5	Alto Piquiri	0,697831	0,881908
6	Ampére	0,707201	0,978497
7	Apucarana	0,661713	0,808053
8	Arapongas	0,658608	0,809762
9	Arapoti	0,786514	0,785205
10	Araucária	0,97642	0,62256
11	Assaí	0,468904	0,423579
12	Assis Chateaubriand	0,645441	0,810701
13	Astorga	0,783821	0,702521
14	Balsa Nova	1	1
15	Barbosa Ferraz	0,664298	0,894123
16	Bela Vista do Paraíso	0,553745	0,639477
17	Cafelândia	0,690731	0,817075
18	Cambará	0,957743	0,813561
19	Cambé	0,867985	1
20	Campina Grande do Sul	1	1
21	Campo Largo	0,786655	0,774834
22	Campo Mourão	0,856866	0,73136
23	Cândido de Abreu	0,41885	0,506809
24	Cantagalo	0,867426	0,789023
25	Carambeí	0,653454	0,715547
26	Carlópolis	0,788648	0,474731
27	Cascavel	0,898681	0,913009
28	Castro	1	0,750153
29	Cerro Azul	0,663554	0,683907
30	Chopinzinho	0,915751	0,698119
31	Cianorte	0,776753	0,708582
32	Cidade Gaúcha	0,5726	0,805234
33	Clevelândia	0,604646	0,763372
34	Colombo	1	1
35	Conselheiro Mairinck	0,546929	0,617592
36	Corbélia	0,713355	0,71018
37	Cornélio Procópio	0,624049	0,402844

38	Coronel Vivida	0,530979	0,70237
39	Corumbataí do Sul	0,683638	1
40	Cruzeiro do Oeste	0,784625	0,786082
41	Cruz Machado	0,560149	1
42	Curitiba	1	1
43	Dois Vizinhos	0,751579	0,827604
44	Doutor Camargo	0,977471	0,826334
45	Engenheiro Beltrão	0,922083	0,866673
46	Fazenda Rio Grande	0,963077	1
47	Floraí	1	0,945292
48	Foz do Iguaçu	1	0,950625
49	Francisco Beltrão	0,725657	0,702677
50	General Carneiro	0,820822	0,821965
51	Goioerê	0,688579	0,731231
52	Guaíra	0,761009	0,692656
53	Guaraniaçu	0,410974	0,5054
54	Guarapuava	1	0,847583
55	Guaraqueçaba	0,456038	0,469759
56	Guaratuba	0,590888	0,755232
57	Ibaiti	0,664609	0,714581
58	Imbituva	0,614705	0,693295
59	Inácio Martins	0,809419	0,779214
60	Ipiranga	0,834693	0,859682
61	Iporã	0,596702	0,633235
62	Irati	0,844584	0,746409
63	Itaipulândia	0,735998	0,962195
64	Itambé	0,864003	0,830341
65	Ivaí	0,551912	0,86597
66	Ivaiporã	0,715213	0,713296
67	Jacarezinho	0,870995	0,611772
68	Jandaia do Sul	0,561897	0,808306
69	Joaquim Távora	0,539599	0,599154
70	Lapa	0,654269	0,583556
71	Laranjeiras do Sul	0,663622	0,750453
72	Loanda	0,803497	0,733381
73	Londrina	0,940027	0,853699
74	Mallet	0,671131	0,721207
75	Mamborê	0,992627	0,984122
76	Mandaguaçu	0,936341	0,89802
77	Mandaguari	0,719461	0,820833
78	Mandirituba	0,887199	0,696652
79	Mangueirinha	0,727767	0,657583
80	Maringá	1	1
81	Marmeleiro	0,806758	0,834853
82	Matelândia	0,609806	0,616108

83	Matinhos	0,448072	0,578171
84	Medianeira	0,868978	0,866416
85	Morretes	0,573211	0,611197
86	Nova Esperança	0,695935	0,64242
87	Nova Laranjeiras	0,808001	0,746232
88	Nova Londrina	0,717375	0,726829
89	Ortigueira	0,622183	0,654189
90	Paiçandu	0,926845	0,843979
91	Palmas	0,938485	0,756303
92	Palmeira	0,78254	0,796859
93	Palotina	0,911036	1
94	Paranacity	0,778713	0,837435
95	Paranavaí	0,921768	0,77813
96	Pato Branco	0,767221	0,753445
97	Pinhais	1	1
98	Pinhalão	1	0,835416
99	Pinhão	0,733506	0,742284
100	Piraí do Sul	0,58381	0,980426
101	Piraquara	1	0,8536
102	Pitanga	0,824507	0,801697
103	Ponta Grossa	0,99576	1
104	Pontal do Paraná	0,972535	0,779028
105	Porecatu	0,680943	0,653074
106	Porto Amazonas	1	0,911329
107	Pranchita	0,662443	0,581332
108	Prudentópolis	0,718117	0,787265
109	Quatiguá	0,857409	0,491976
110	Quatro Barras	0,355512	0,530022
111	Quedas do Iguaçu	0,697692	0,768642
112	Rebouças	0,49081	0,641048
113	Renascença	0,601304	0,78772
114	Reserva	0,663509	0,643156
115	Reserva do Iguaçu	0,540384	0,793798
116	Ribeirão do Pinhal	0,673195	0,873611
117	Rio Azul	0,532934	0,533628
118	Rio Negro	0,672602	0,652123
119	Rolândia	0,729598	0,955735
120	Rondon	0,736501	0,857319
121	Rosário do Ivaí	0,390826	0,551062
122	Salto do Itararé	0,873319	0,921528
123	Santa Fé	0,999395	1
124	Santa Helena	0,882241	0,770194
125	Santa Mariana	0,560362	0,460469
126	Santa Terezinha de Itaipu	1	0,87571
127	Santo Antônio da Platina	0,783232	0,486585

128	Santo Inácio	0,670294	0,823039
129	São João	0,776122	0,793493
130	São João do Caiuá	0,833746	0,933987
131	São João do Triunfo	0,868019	0,461007
132	São José dos Pinhais	1	0,913988
133	São Mateus do Sul	0,67819	0,713561
134	São Miguel do Iguaçu	1	0,925693
135	São Pedro do Ivaí	0,668121	0,747533
136	Sengés	0,777731	0,66767
137	Siqueira Campos	0,581798	0,720699
138	Telêmaco Borba	0,758442	0,559042
139	Terra Boa	0,912527	0,914765
140	Tibagi	0,692558	0,709356
141	Toledo	0,826493	0,880774
142	Tomazina	0,672108	0,657601
143	Três Barras do Paraná	0,590466	0,582352
144	Ubiratã	0,76777	0,74242
145	Umuarama	0,771745	0,988848
146	União da Vitória	0,627634	0,60491
147	Uraí	0,522248	0,738873
148	Vera Cruz do Oeste	0,644093	0,752655
149	Wenceslau Braz	0,547269	0,62925

ANEXO IV

Resultado análise DEA-Malmquist em relação à água e esgoto nos períodos de 2007 e 2022.

Period	DMU	Produtividade - mi	Mudança na eficiência - ec	Mudança Tecnológica - tc
Period.2	Almirante Tamandaré	0,295848	0,869994	0,340057
Period.2	Altônia	0,354553	1,156167	0,306662
Period.2	Alto Paraíso	0,270181	0,857993	0,314899
Period.2	Alto Paraná	0,325785	1,064155	0,306145
Period.2	Alto Piquiri	0,390969	1,244477	0,314163
Period.2	Ampére	0,414181	1,343012	0,308397
Period.2	Apucarana	0,3222	0,943754	0,341402
Period.2	Arapongas	0,28542	0,872425	0,327157
Period.2	Arapoti	0,323521	1,012529	0,319518
Period.2	Araucária	0,274951	0,54771	0,502
Period.2	Assaí	0,281464	0,891878	0,315586
Period.2	Assis Chateaubriand	0,370166	1,143472	0,323721
Period.2	Astorga	0,269723	0,845423	0,319039
Period.2	Balsa Nova	0,336285	1	0,336285
Period.2	Barbosa Ferraz	0,442831	1,331384	0,332609
Period.2	Bela Vista do Paraíso	0,332136	1,0586	0,31375
Period.2	Cafelândia	0,378712	1,172704	0,322939
Period.2	Cambará	0,364815	1,004777	0,36308
Period.2	Cambé	0,539178	1,470982	0,366543
Period.2	Campina Grande do Sul	0,3087	1	0,3087
Period.2	Campo Largo	0,328925	1,019851	0,322523
Period.2	Campo Mourão	0,329768	0,921411	0,357895
Period.2	Cândido de Abreu	0,352773	1,203664	0,293083
Period.2	Cantagalo	0,27489	0,917807	0,299508
Period.2	Carambeí	0,35407	1,085518	0,326176
Period.2	Carlópolis	0,20882	0,603383	0,346082
Period.2	Cascavel	0,342897	0,929842	0,368769
Period.2	Castro	0,312386	0,979278	0,318997
Period.2	Cerro Azul	0,300317	0,985935	0,304601
Period.2	Chopinzinho	0,21825	0,737091	0,296096
Period.2	Cianorte	0,28461	0,795435	0,357804
Period.2	Cidade Gaúcha	0,457746	1,385873	0,330295
Period.2	Clevelândia	0,384827	1,272899	0,302323
Period.2	Colombo	0,270575	0,815437	0,331816
Period.2	Conselheiro Mairinck	0,364767	1,132429	0,32211

Period.2	Corbélia	0,302778	0,982795	0,308079
Period.2	Cornélio Procopio	0,335253	0,946788	0,354095
Period.2	Coronel Vivida	0,385671	1,236129	0,311999
Period.2	Corumbataí do Sul	0,473502	1,58149	0,299402
Period.2	Cruzeiro do Oeste	0,31069	0,984996	0,315423
Period.2	Cruz Machado	0,573081	1,787347	0,320632
Period.2	Curitiba	0,434018	0,722428	0,600777
Period.2	Dois Vizinhos	0,326568	0,99944	0,326751
Period.2	Doutor Camargo	0,295258	0,881573	0,334921
Period.2	Engenheiro Beltrão	0,304679	0,884094	0,344622
Period.2	Fazenda Rio Grande	0,376733	1,113532	0,338323
Period.2	Floraí	0,304011	0,932973	0,325852
Period.2	Foz do Iguaçu	0,310751	0,737427	0,421399
Period.2	Francisco Beltrão	0,297856	0,842934	0,353357
Period.2	General Carneiro	0,306887	1,009857	0,303891
Period.2	Goioerê	0,309157	0,988986	0,312599
Period.2	Guaíra	0,286799	0,794902	0,360799
Period.2	Guaraniaçu	0,362892	1,226947	0,295768
Period.2	Guarapuava	0,295655	0,878784	0,336436
Period.2	Guaraqueçaba	0,34301	1,063988	0,322381
Period.2	Guaratuba	0,494938	1,566415	0,315968
Period.2	Ibaiti	0,311584	1,015225	0,306911
Period.2	Imbituva	0,312737	1,074205	0,291133
Period.2	Inácio Martins	0,286938	0,952031	0,301396
Period.2	Ipiranga	0,313883	1,074071	0,292237
Period.2	Iporã	0,316786	1,002603	0,315964
Period.2	Irati	0,382726	1,230398	0,311059
Period.2	Itaipulândia	0,434831	1,296933	0,335277
Period.2	Itambé	0,321555	1,001014	0,321229
Period.2	Ivaí	0,486249	1,603623	0,303219
Period.2	Ivaiporã	0,304813	0,946807	0,321938
Period.2	Jacarezinho	0,350902	0,920949	0,381023
Period.2	Jandaia do Sul	0,469767	1,389379	0,338113
Period.2	Joaquim Távora	0,345123	1,113666	0,309898
Period.2	Lapa	0,356261	1,164104	0,306039
Period.2	Laranjeiras do Sul	0,3337	1,113375	0,29972
Period.2	Loanda	0,276511	0,859117	0,321855
Period.2	Londrina	0,333048	0,644096	0,517078
Period.2	Mallet	0,351475	1,068604	0,32891
Period.2	Mamborê	0,296228	0,97267	0,304551
Period.2	Mandaguaçu	0,274706	0,842949	0,325887
Period.2	Mandaguari	0,350937	1,139925	0,30786
Period.2	Mandirituba	0,235225	0,739126	0,318248
Period.2	Mangueirinha	0,276358	0,914473	0,302204
Period.2	Maringá	0,305183	0,776793	0,392876

Period.2	Marmeleiro	0,316869	1,035292	0,306067
Period.2	Matelândia	0,335499	1,002151	0,334779
Period.2	Matinhos	0,459176	1,403424	0,327183
Period.2	Medianeira	0,323022	0,942449	0,342747
Period.2	Morretes	0,338821	1,017749	0,332912
Period.2	Nova Esperança	0,290938	0,872299	0,333531
Period.2	Nova Laranjeiras	0,463529	1,520096	0,304934
Period.2	Nova Londrina	0,334498	0,999716	0,334593
Period.2	Ortigueira	0,317388	1,074891	0,295274
Period.2	Paiçandu	0,303918	0,910028	0,333966
Period.2	Palmas	0,256261	0,789136	0,324737
Period.2	Palmeira	0,363873	1,130346	0,321913
Period.2	Palotina	0,336533	1,002575	0,335669
Period.2	Paranacity	0,361127	1,063797	0,33947
Period.2	Paranavaí	0,330131	0,985639	0,334941
Period.2	Pato Branco	0,298776	0,831156	0,359471
Period.2	Pinhais	1,016787	1,010623	1,006099
Period.2	Pinhalão	0,25729	0,824686	0,311985
Period.2	Pinhão	0,295652	0,998663	0,296048
Period.2	Piraí do Sul	0,520827	1,643715	0,31686
Period.2	Piraquara	0,359368	1,045532	0,343718
Period.2	Pitanga	0,28889	0,971785	0,297277
Period.2	Ponta Grossa	0,351407	0,980522	0,358388
Period.2	Pontal do Paraná	0,29022	0,897462	0,323379
Period.2	Porecatu	0,333826	0,934652	0,357166
Period.2	Porto Amazonas	0,273245	0,846236	0,322894
Period.2	Pranchita	0,263245	0,84165	0,312772
Period.2	Prudentópolis	0,352373	1,151647	0,305973
Period.2	Quatiguá	0,172797	0,565803	0,305402
Period.2	Quatro Barras	0,524784	1,660782	0,315986
Period.2	Quedas do Iguaçu	0,317945	1,040365	0,305609
Period.2	Rebouças	0,38466	1,2942	0,297218
Period.2	Renascença	0,415721	1,380457	0,301147
Period.2	Reserva	0,29408	0,976821	0,301058
Period.2	Reserva do Iguaçu	0,453236	1,43237	0,316424
Period.2	Ribeirão do Pinhal	0,397287	1,285113	0,309146
Period.2	Rio Azul	0,318366	1,002833	0,317467
Period.2	Rio Negro	0,316558	0,974029	0,324999
Period.2	Rolândia	0,351304	1,028548	0,341553
Period.2	Rondon	0,377277	1,141859	0,330406
Period.2	Rosário do Ivaí	0,398171	1,354548	0,293951
Period.2	Salto do Itararé	0,298408	0,978933	0,30483
Period.2	Santa Fé	0,350472	1,006863	0,348083
Period.2	Santa Helena	0,288198	0,877684	0,328362
Period.2	Santa Mariana	0,24449	0,801573	0,305012

Period.2	Santa Terezinha de Itaipu	0,29368	0,866117	0,339077
Period.2	Santo Antônio da Platina	0,335814	0,941518	0,356672
Period.2	Santo Inácio	0,389048	1,163728	0,334312
Period.2	São João	0,348227	1,07832	0,322935
Period.2	São João do Caiuá	0,3402	1,02417	0,332172
Period.2	São João do Triunfo	0,186918	0,591547	0,315982
Period.2	São José dos Pinhais	0,428739	0,834698	0,513645
Period.2	São Mateus do Sul	0,366611	1,072653	0,34178
Period.2	São Miguel do Iguaçu	0,291484	0,899251	0,324141
Period.2	São Pedro do Ivaí	0,355869	1,113426	0,319616
Period.2	Sengés	0,2585	0,861798	0,299954
Period.2	Siqueira Campos	0,389007	1,226939	0,317055
Period.2	Telêmaco Borba	0,330273	0,930738	0,354851
Period.2	Terra Boa	0,314192	0,919874	0,34156
Period.2	Tibagi	0,308445	1,023538	0,301351
Period.2	Toledo	0,293489	0,839159	0,349742
Period.2	Tomazina	0,32148	1,025086	0,313612
Period.2	Três Barras do Paraná	0,296109	0,983071	0,301208
Period.2	Ubiratã	0,285506	0,8684	0,328773
Period.2	Umuarama	0,377021	1,079522	0,349248
Period.2	União da Vitória	0,394584	0,935572	0,421758
Period.2	Uraí	0,449988	1,367824	0,328981
Period.2	Vera Cruz do Oeste	0,356991	1,126099	0,317016
Period.2	Wenceslau Braz	0,351991	1,173906	0,299846

ANEXO V

Scripts utilizados para obtenção dos dados rodados no RStudio em relação a água.

Modelo 1 – Script: eficiência dos municípios no ano de 2007-2022 e malmquist.

#Eficiência dos municípios no ano de 2007.

```
install.packages(deaR)
```

```
dados_DEA <- make_deadata(X2007_R_Água,
  dmus = 1,
  inputs = 5,
  outputs = 2:4)
```

```
resultadosAgua_2007 <- model_basic(dados_DEA,
  dmu_ref = 1:343,
  dmu_eval = 1:343,
  orientation = "oo",
  rts = "vrs")
```

```
efficiencias(resultadosAgua_2007)
```

```
eff <- efficiencias(resultadosAgua_2007)
```

```
1/eff
```

```
summary(resultadosAgua_2007, exportExcel = TRUE, filename = NULL)
```

#Eficiência dos municípios no ano de 2022.

```
install.packages(deaR)
```

```
dados_DEA <- make_deadata(X2022_R_Água,
  dmus = 1,
  inputs = 5,
  outputs = 2:4)
```

```
resultadosAgua_2022 <- model_basic(dados_DEA,
  dmu_ref = 1:343,
  dmu_eval = 1:343,
  orientation = "oo",
  rts = "vrs")
```

```
efficiencias(resultadosAgua_2022)
```

```
eff <- efficiencias(resultadosAgua_2022)
```

```
1/eff
```

```
summary(resultadosAgua_2022, exportExcel = TRUE, filename = NULL)
```

Script Modelo DEA-malmquist

Script malmquist – agua 2007-2022

```
library(deaR)
```

```
dados_malmquist <- make_malmquist(malmquist_agua,
  nper = 2,
  arrangement = "horizontal",
  ni = 1,
  no = 3)
```

```
resultado_malmquist <- malmquist_index(dados_malmquist,  
                                       orientation = "oo")  
summary(resultado_malmquist)  
summary(resultado_malmquist, exportExcel = TRUE, filename = NULL)
```



```
      ni = 1,  
      no = 4)  
resultado_malmquist <- malmquist_index(dados_malmquist,  
                                       orientation = "oo")  
summary(resultado_malmquist)  
summary(resultado_malmquist, exportExcel = TRUE, filename = NULL)
```