



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**BRUNO RHANDRER SILVA DE ARAÚJO**

**SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA: EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO E  
SEU IMPACTO NA SAÚDE (2019-2021)**

**JOÃO PESSOA**

**2023**

**BRUNO RHANDRER SILVA DE ARAÚJO**

**SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA: EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO E SEU IMPACTO NA SAÚDE (2019-2021)**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Ciências Econômicas do Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Campus João Pessoa da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do título de Economista.

Orientador: Professor Doutor Adriano Nascimento da Paixão

JOÃO PESSOA

2023

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

A663s Araujo, Bruno Rhandrer Silva de.

Saneamento e saúde pública: eficiência do saneamento básico e seu impacto na saúde (2019-2021) / Bruno Rhandrer Silva de Araujo. - João Pessoa, 2023.

45 f. : il.

Orientação: Adriano Nascimento da Paixão.  
TCC (Graduação) - UFPB/CCSA.

1. Eficiência - serviços de saneamento básico. 2. Benchmarking. 3. Saneamento básico. 4. Saúde pública.

5. Data Envelopment Analysis (DEA). I. Paixão, Adriano Nascimento da. II. Título.

UFPB/CCSA

CDU 33

## AVALIAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Comunicamos à Coordenação do Curso de Graduação em Ciências Econômicas (Bacharelado) que o trabalho de conclusão de curso (TCC) do(a) aluno(a) **Bruno Rhandrer Silva de Araújo**, matrícula **20170129523**, intitulada **SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA: EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO E SEU IMPACTO NA SAÚDE (2019-2021)**, foi submetido à apreciação da Comissão Examinadora, composta pelos professores: Dr. Adriano Nascimento da Paixão, Dra. Mércia Santos da Cruz e Dr. Paulo Amilton Maia Leite Filho no dia 13/11/2023 às 19:30, no período letivo 2023.1. O TCC foi **Aprovado** pela Comissão Examinadora e obteve nota (10,0).

Reformulações sugeridas:

Sim(  )Não(X)

Atenciosamente,

Documento assinado digitalmente  
 **ADRIANO NASCIMENTO DA PAIXAO**  
 Data: 14/11/2023 18:12:58-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Professor Doutor Adriano Nascimento da Paixão (Orientador)

Documento assinado digitalmente  
 **MERCIA SANTOS DA CRUZ**  
 Data: 14/11/2023 19:16:26-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Professora Doutora Mércia Santos da Cruz (Examinadora)

Documento assinado digitalmente  
 **PAULO AMILTON MAIA LEITE FILHO**  
 Data: 14/11/2023 19:52:06-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Professor Doutor Paulo Amilton Maia Leite Filho (Examinador)

Documento assinado digitalmente  
 **BRUNO RHANDRER SILVA DE ARAUJO**  
 Data: 14/11/2023 21:03:07-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ciente:

---

Bruno Rhandrer Silva de Araújo (Aluno)

Documento assinado digitalmente  
 **HELIO DE SOUSA RAMOS FILHO**  
 Data: 16/11/2023 11:42:44-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Hélio de Sousa Ramos Filho  
 (Coordenador da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso)

JOÃO PESSOA  
 2023

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, desejo expressar minha profunda gratidão a Deus, cuja constante presença tem sido um alicerce de fortaleza em todos os momentos, tanto nos prósperos quanto nos adversos. É inegável que devo a Ele o êxito da minha trajetória acadêmica, sempre mantendo minha saúde e plena capacidade de avançar, que culminou com a conclusão bem-sucedida do curso universitário.

Em segundo lugar, não posso deixar de agradecer meu orientador, o Professor Adriano Paixão, por sua inestimável contribuição ao meu desenvolvimento acadêmico. Suas orientações, correções, ensinamentos e paciência foram fundamentais para que eu pudesse extrair o melhor de mim mesmo, trilhando o caminho rumo à excelência profissional no campo da economia. Expresso minha sincera gratidão à banca examinadora por ter aceitado a responsabilidade de avaliar minha monografia, o que representou um marco importante nesta jornada acadêmica.

Minha eterna gratidão vai para minha namorada, Adaili, cujo apoio incondicional e encorajamento foram pilares essenciais durante todo o processo de desenvolvimento da minha monografia. Não poderia esquecer minha família, notadamente minha mãe, pai e irmão, que são a base da minha existência e me ampararam em todas as fases da vida. E também, um obrigado para meu cunhado Igor, que me ajudou bastante no manejo de software.

Além disso, quero estender meus agradecimentos aos meus colegas e amigos, Alan, Erick, Giuseppe e Victor, que compartilharam comigo os desafios e as conquistas ao longo dos cinco anos do curso de graduação em Ciências Econômicas. Sua presença e apoio foram muito importantes, especialmente nos momentos mais difíceis onde me vi sem forças para prosseguir. Por fim, devo expressar minha profunda gratidão à Universidade Federal da Paraíba, pois sem sua existência e dedicação à educação, eu não teria sido capaz de realizar meu sonho de concluir o ensino superior. Neste contexto, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho.

## RESUMO

A presente monografia tem como objetivo central descrever a eficiência dos serviços de saneamento básico em todos os estados do Brasil, no período de 2019 a 2021, sob uma perspectiva econômica. Além disso, busca estabelecer relações entre essa eficiência e os dados relativos a internamentos e óbitos decorrentes de doenças transmitidas pela água. O estudo não se limita a avaliar a eficiência, mas procura identificar estados que possam ser considerados "benchmarking" em termos de excelência na prestação de serviços de saneamento básico. Esses estados de referência são aqueles que demonstram o mais alto grau de eficiência em comparação com os demais, representando um padrão a ser seguido. Outro objetivo da pesquisa é determinar o tipo de rendimento de escala aplicável a cada estado em cada um dos três anos sob análise. A pesquisa utiliza o Método de Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA) e tem como unidades de decisão (DMUs) os estados da federação brasileira. Os dados foram coletados a partir do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Painel de Saneamento Brasil, fornecido pelo Instituto Trata Brasil. Para a análise, o software R foi empregado como ferramenta. Os resultados obtidos ao longo do estudo revelam que determinados estados se destacaram por seu desempenho eficiente. No ano de 2019, os estados Acre, Amapá, Pará, Pernambuco, Rondônia, Roraima e Tocantins se destacaram como referência em eficiência relativa. Em 2020, foram os estados Acre, Amapá, Pará, Rio Grande do Norte, Rondônia e Roraima que obtiveram esse reconhecimento. Já em 2021, os estados de Acre, Alagoas, Amapá, Bahia, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins mantiveram altos níveis de eficiência. Destaca-se, de maneira significativa, o estado de Roraima, que manteve de forma consistente a posição de "benchmarking" durante todo o período da análise. A constância em alcançar um escore de eficiência de escala igual a 1 nos três anos enfatiza a otimização contínua de seus recursos, o que resulta na redução do número de internamentos e óbitos na mesma proporção do aumento dos insumos. As principais conclusões deste estudo ressaltam a importância da eficiência na alocação de recursos e na gestão operacional. O estado de Roraima emerge como um exemplo notável de como um estado pode manter padrões elevados de eficiência, mesmo em um cenário de diversidade regional. A consistência de Roraima como estado de referência sugere a presença de práticas de gestão eficazes e uma administração habilidosa das economias de escala, que podem servir de inspiração para outros estados em busca de aprimoramento na área de saneamento básico.

**Palavras-chave:** Eficiência; Benchmarking; Saneamento Básico; Saúde pública; DEA.

## ABSTRACT

The current monograph aims to centralize the description of the efficiency of basic sanitation services in all states of Brazil from 2019 to 2021 from an economic perspective. Additionally, it seeks to establish connections between this efficiency and data related to hospitalizations and deaths resulting from waterborne diseases. The study goes beyond merely evaluating efficiency; it aims to identify states that can be considered benchmarks for excellence in providing basic sanitation services. These benchmark states demonstrate the highest degree of efficiency compared to others, representing a standard to be followed. Another research goal is to determine the type of scale efficiency applicable to each state in each of the three years under analysis. The study employs the Data Envelopment Analysis (DEA) method, with the states of the Brazilian federation as Decision Making Units (DMUs). Data were collected from the “Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento” (SNIS) and the “Painel de Saneamento Brasil”, provided by the “Instituto Trata Brasil”. The R software was used for analysis. Results obtained throughout the study reveal that certain states stood out for their efficient performance. In 2019, the states of Acre, Amapá, Pará, Pernambuco, Rondônia, Roraima, and Tocantins excelled as benchmarks in relative efficiency. In 2020, the states of Acre, Amapá, Pará, Rio Grande do Norte, Rondônia, and Roraima received this recognition. In 2021, the states of Acre, Alagoas, Amapá, Bahia, Pará, Rondônia, Roraima, and Tocantins maintained high levels of efficiency. Remarkably, Roraima consistently held the benchmark position throughout the analysis period. The consistency in achieving a scale efficiency score of 1 in all three years emphasizes the continuous optimization of its resources, resulting in a proportional reduction in hospitalizations and deaths with the increase in inputs. The key findings underscore the importance of efficiency in resource allocation and operational management. The state of Roraima emerges as a notable example of how a region can maintain high efficiency standards, even in a scenario of regional diversity. Roraima's consistency as a benchmark state suggests the presence of effective management practices and skillful administration of economies of scale, serving as inspiration for other states seeking improvement in the field of basic sanitation.

**Keywords:** Efficiency; Benchmarking; Basic Sanitation; Public Health; DEA.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 O SANEAMENTO BÁSICO.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 SANEAMENTO COMO POLÍTICA PÚBLICA E SOCIAL .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 A RELAÇÃO ENTRE SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE PÚBLICA .....</b>	<b>12</b>
<b>3.4 UMA VISÃO GERAL SOBRE SANEAMENTO NO BRASIL .....</b>	<b>13</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (MODELO BBC).....</b>	<b>16</b>
<b>4.3 BASE DE DADOS .....</b>	<b>19</b>
<b>4.4 SOFTWARE R.....</b>	<b>21</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os serviços de saneamento básico envolvem um conjunto de ações e infraestruturas destinadas a garantir o acesso a água potável, a coleta e tratamento de esgoto, a coleta e disposição adequada de resíduos sólidos e a gestão das águas pluviais em áreas urbanas. Os serviços de saneamento básico desempenham um papel crucial na vida cotidiana, exercendo significativos impactos na saúde da população e no meio ambiente (NOCERA; ZWEIFEL, 1998). A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é a responsável, em todo o território nacional brasileiro, por regular a utilização de recursos hídricos, por efetuar a Política Nacional desses recursos, pela prestação dos serviços sociais de irrigação e adução de água bruta, pela instituição de normas e pela segurança de barragens.

É importante destacar que o avanço da urbanização no mundo não ocorreu simultaneamente ao desenvolvimento da infraestrutura de saneamento. Isso resultou na degradação do meio ambiente, desafios sociais, problemas de saúde pública, favelização, condições habitacionais precárias e o surgimento de doenças. Existem três modalidades de contrair doenças de transmissão hídrica, a primeira ocorre pelo contato da pele com água contaminada, resultando em diversas formas de dermatite; a segunda advém da ingestão de água contaminada, ocasionando diversos tipos de infecções; e a terceira surge a partir da presença de água estagnada, propiciando a proliferação de insetos vetores de doenças. Devido à ausência de saneamento adequado e condições mínimas de higiene, a população fica suscetível a diversas enfermidades. É evidente que a falta de condições adequadas de saneamento, especialmente no que diz respeito à água e ao esgotamento sanitário, considerada como uma das principais causas de mortalidade infantil (NOCERA; ZWEIFEL, 1998; DA MOTTA et al., 1994; DA MOTTA; REZENDE, 1999).

Apesar do notável aumento na abrangência dos serviços de abastecimento de água, é evidente que o acesso das camadas mais desfavorecidas da população ainda se encontra significativamente muito abaixo daquele usufruído pelos mais ricos. Em trabalho realizado por Mendonça (2005) demonstra, que em termos internacionais, o Brasil ainda apresenta um estágio incipiente no que diz respeito ao tratamento de esgoto. A cobertura nas áreas rurais permanece substancialmente limitada.

Os conceitos de rendimento de escala são fundamentais para a análise, os rendimentos crescentes indicam que um aumento nos insumos resulta em um aumento na produção de forma mais ampliada. Rendimentos constantes sugerem que um aumento nos insumos se reflete em um aumento na produção na mesma proporção. Por outro lado, rendimentos decrescentes apontam que um aumento nos insumos gera um aumento na produção de forma mais moderada (GUERREIRO, 2006). Entretanto, no contexto deste estudo, o produto está relacionado inversamente com o número de internamentos e óbitos, tornando a pesquisa uma valiosa ferramenta na análise da eficiência dos serviços de saneamento básico em cada estado brasileiro.

A abordagem da eficiência do saneamento neste estudo corresponde a apresentar a eficiência relativa do serviço de cada estado por meio do Modelo de Análise Envoltória de Dados, onde são atribuídos pesos aos inputs e outputs das Unidades de Tomada de Decisão (Decision Making Units - DMUs). Este estudo tem a intenção de abordar a seguinte indagação: Quais estados são identificados como referência para os demais no que diz respeito aos serviços de saneamento básico, considerando cada um dos anos em questão?

Além deste capítulo introdutório, o trabalho está organizado em mais cinco seções distintas. A Seção 2 delinea os objetivos gerais e específicos da pesquisa. Na Seção 3, realizamos uma revisão abrangente da literatura, enfocando o panorama do saneamento no Brasil e suas implicações para a saúde pública. A metodologia adotada é detalhada na Seção 4, com uma análise minuciosa do Modelo de Análise Envoltória de Dados implementado no software R, bem como a descrição dos bancos de dados utilizados. A Seção 5 apresenta os resultados obtidos durante o estudo, e, por fim, a Seção 6 engloba as conclusões da pesquisa.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL.**

- Identificar quais foram os estados considerados benchmarking para o período de 2019 à 2021.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Descrever a eficiência relativa do serviço de saneamento básico de cada estado do Brasil em 2019, 2020 e 2021
- Relacionar as informações de saneamento com dados de internamentos e óbitos.
- Descrever, por meio da eficiência de escala, o tipo de rendimento de escala que cada estado opera em cada um dos três anos estudados.
- Identificar quais foram os estados considerados benchmarking em 2019, 2020 e 2021.

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1 O SANEAMENTO BÁSICO**

O abastecimento e tratamento de água, coleta e esgotamento sanitário, limpeza e drenagem urbana, manejo de águas pluviais e de resíduos sólidos compõem o serviço de saneamento básico, que é crucial para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental de qualquer região (CABEDO JÚNIOR; et al., 2018).

O saneamento, baseado na formulação da Organização Mundial da Saúde (OMS), tem como definição “controle de todos os fatores que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre o estado de bem-estar físico, mental ou social do homem” essa definição mais clássica evidenciada por Heller (1998). Uma definição mais completa sobre o saneamento básico é vista pela Lei nº 11.445/2007 onde apresenta como:

Conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas (BRASIL, 2007).

O saneamento básico deve ser abordado como uma política pública essencial, uma vez que está intrinsecamente ligado às necessidades cotidianas da população. As diretrizes de garantir acesso igualitário, progressivo e adequado estão alinhadas com o conceito de segurança hídrica. É imperativo que, cada vez mais, consideremos o saneamento básico como um fator determinante para a saúde e o bem-estar das pessoas. A ausência desses serviços impacta diversas áreas da vida, afetando as condições para o estudo, o trabalho e o desenvolvimento. Essa lacuna divide a sociedade em dois grupos: aqueles que têm acesso adequado e aqueles que não têm. (WHATELY, 2021).

#### **3.2 SANEAMENTO COMO POLÍTICA PÚBLICA E SOCIAL**

Em estudos realizados por Moraes e Borja (2005) foi efetuado uma pesquisa sobre o papel do saneamento básico como política social tanto em países desenvolvidos quanto em países subdesenvolvidos, e trouxeram como resultado que locais onde há ineficiência no saneamento deveriam considerar as atividades de

saneamento ambiental como uma medida de saúde pública, de forma a encurtar a distância entre as políticas de saneamento às políticas sociais.

De acordo com Ferreira (2020), uma forma simples de definir políticas públicas é dizer que são planos, projetos, programas e ações impostas pelas diversas instâncias de governo, com a finalidade de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, respeitando os diferentes contextos socioeconômicos e culturais.

Aqui no Brasil ainda é uma grande problemática a garantia do acesso universal e de qualidade ao saneamento básico. Para Peixoto (2009), o financiamento dos serviços de saneamento básico no Brasil vem sendo viabilizado por diversas fontes, sendo as subvenções ou subsídios públicos principal fonte de financiamento dos serviços públicos de água e esgoto no país, predominantes até hoje nos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos e de drenagem urbana.

### **3.3 A RELAÇÃO ENTRE SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE PÚBLICA**

De acordo com Ferreira (2020), a palavra sanear tem o significado de tornar algo são, saudável ou sadio. Siqueira, et al (2017) corroborando com estudo de Who (2015) demonstra que a falta de saneamento provoca muitos impactos negativos, principalmente quando se trata da saúde da população, consequentemente aumentando os gastos com o tratamento de enfermidades ocasionadas pela ineficiência do saneamento e falta de programas governamentais, é demonstrado que a cada R\$10,00 investido em saneamento gera economia de R\$ 40,00 na saúde.

O aparecimento das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) são resultado da oferta ineficiente dos serviços de saneamento e as más condições de moradia, que tem o local como potencial determinante (PRÜSS et al., 2002; GONDIM, 2008; FONSECA; VASCONCELOS, 2011).

Na pesquisa realizada por Teixeira et al. (2014) eles buscaram observar os impactos a saúde relacionando o déficit de saneamento básico para a população brasileira do período de 2001 a 2009 por meio dos dados do DATASUS e IBGE, trazem como resultado o exagerado gasto com saúde pública devido a quantidade de internações decorrente de doenças diarreicas, como podemos também associar a

outros estudos como os de Paiva e Souza (2018), e Siqueira et al. (2017) que também trazem o mesmo resultado.

Levando em consideração a ocorrência de doenças devido a ineficiência governamentais para essa causa. A Organização Mundial da Saúde expõe que as mortes diarreicas decorrentes da falta de saneamento, ou o saneamento inadequado foram reduzidas em 50% durante o período dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) (1990–2015), com desempenho significativo no fornecimento de água e serviços de saneamento (WHO, 2018).

Nas pesquisas realizadas por Cabedo Junior (2018) ele percebe que há um desequilíbrio entre o saneamento básico fornecido e a demanda nas nações subdesenvolvidas, devido à expansão demográfica das zonas urbanas. Esse desequilíbrio tem como efeito um déficit no atendimento à população que necessita desse serviço essencial. Com isso, surgem os problemas de saúde, visto que os efeitos de um saneamento eficiente são inibidos, trazendo fragilidade ao combate a propagação de doenças.

### **3.4 UMA VISÃO GERAL SOBRE SANEAMENTO NO BRASIL**

No Brasil, o primeiro grande esforço para estabelecer serviços de água e saneamento em larga escala ocorreu na década de 1970 com a criação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA). Esse período testemunhou a criação das companhias estaduais de saneamento, que ainda hoje desempenham um papel central na prestação de serviços de água e saneamento, consolidando o setor que anteriormente era predominantemente gerenciado apenas em nível local. Durante a vigência do PLANASA, houve significativos investimentos em abastecimento de água, em particular, e em saneamento básico em geral. O plano contribuiu para o aumento dos investimentos e da cobertura dos serviços de água e saneamento, no entanto, a partir da década de 1980, houve uma redução acentuada nos recursos, devido à crise de financiamento que afetou o Estado brasileiro. Essa crise resultou da diminuição dos recursos externos disponíveis, conhecida como a "crise da dívida", que interrompeu o progresso nesses serviços.

No entanto, em 2007, a promulgação da Lei nº 11.445 representou um novo marco legal para o saneamento no Brasil, estabelecendo que a União deveria desenvolver um Plano de Saneamento Básico (PLANSAB). O texto final desse plano foi aprovado em 2013, marcando o retorno do planejamento setorial após um hiato de 22 anos. O PLANSAB definiu metas e objetivos a serem alcançados até 2030, com metas intermediárias em 2015 e 2020 para avaliação. Uma das metas mais importantes é a universalização do acesso à água potável e saneamento básico.

O quadro 1 apresenta, em detalhes, números acerca do saneamento básico no Brasil no ano de 2020:

Quadro 1 – Números acerca do saneamento básico, 2020.

<b>Indicador</b>	<b>Percentual / Valor</b>
População urbana com rede de abastecimento de água	93,4%
População urbana com rede de coleta de esgotos	63,2%
Esgoto gerado no país que é tratado	50,8%
População urbana com coleta domiciliar de resíduos sólidos	98,7%
Municípios com coleta seletiva	36,3%
Municípios com sistema exclusivo de drenagem	45,3%
Municípios com tratamento de águas pluviais	4,6%
Água potável não contabilizada/perdida na distribuição	40,1%
Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) dispostos em lixões	14,6%
Número de lixões ativos	1.545
Domicílios em risco de inundação	3,9%
Municípios com Plano Diretor de Drenagem	17,4%
Abastecimento de água da população total brasileira	84,1%
Toneladas em coleta seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)	1,90 milhão
Toneladas recuperadas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)	1,07 milhão

Fonte: SNIS, 2020.

Com base nos dados apresentados no Quadro 1, destacam-se algumas informações de relevância. O dado mais alarmante reside na constatação de que apenas 50,8% dos esgotos gerados no país passam por tratamento adequado. Em contrapartida, merece destaque o indicador positivo de que 98,7% da população urbana desfruta do serviço de coleta domiciliar de resíduos sólidos.

Segundo dados de 2023 do Instituto Trata Brasil, atualmente, cerca de 84,2% da população brasileira tem acesso a água tratada, com um consumo médio de 150,7 litros de água por habitante por dia. No entanto, 7,5% das crianças e adolescentes têm água em casa que não é filtrada ou proveniente de uma fonte segura. Além disso, 55,8% da população tem acesso a redes de esgoto, mas 3,1% das crianças e adolescentes não possuem banheiros em suas residências. Apenas 51,2% dos esgotos no país são tratados, indicando a necessidade contínua de melhorias nos serviços de saneamento básico no Brasil.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Esta pesquisa tem os estados do território brasileiro como unidade básica de análise, de processamento e de espacialização de informações. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é a principal instituição responsável pela coleta, análise e disseminação de dados estatísticos no Brasil. De acordo com dados do IBGE de 2021, o Brasil é o quinto país mais populoso do mundo, com uma população diversificada de mais de 210 milhões de habitantes. A população brasileira é composta por uma mistura de etnias, incluindo pessoas de ascendência europeia, africana, indígena e outras. O Brasil é o maior país da América do Sul e o quinto maior do mundo em área terrestre, com uma área territorial de 8.515.759 quilômetros quadrados. É conhecido por sua diversidade geográfica, incluindo a Floresta Amazônica, o Pantanal, o Cerrado, a Caatinga, a Mata Atlântica e a região costeira. O Brasil é composto por 26 estados e o Distrito Federal, totalizando 27 unidades federativas, que se dividem em Acre, Alagoas, Amapá, Amazonas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e Tocantins.

### **4.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (MODELO BBC)**

Para realização do presente trabalho se usou o Método de Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA), uma técnica de programação matemática amplamente utilizada na avaliação da eficiência produtiva de diversas empresas. O método, conforme Pizzolato e Guedes (2007), corroborando com Miranda (2015), oferece a capacidade de analisar o desempenho de várias unidades tomadoras de decisão (Decision Making Units - DMU's) ao levar em conta os recursos disponíveis (inputs) e os resultados alcançados (outputs).

O princípio fundamental dessa abordagem é a medição e comparação do desempenho entre as unidades tomadoras de decisão, que desempenham tarefas

semelhantes. Isso é feito mediante a análise da relação entre os insumos (inputs) e os produtos (outputs). Pizzolato e Guedes (2007) descrevem como a DEA oferece uma perspectiva valiosa para avaliar e comparar a eficiência operacional de diferentes organizações, sendo uma ferramenta essencial para a análise de desempenho em vários contextos econômicos.

O DEA é uma técnica de programação matemática que se destaca por sua capacidade de avaliar organizações de natureza complexa por meio da comparação de sua eficiência relativa, a qual é representada de maneira concreta na fronteira de eficiência (FAÇANHA; MARINHO, 2001).

A fronteira de eficiência é conceituada de acordo com o princípio de Pareto-Koopmans, que representa o nível máximo de produção para um dado nível de insumos. O conceito de Pareto-Koopmans para a eficiência é caracterizado por um vetor de input-output, no qual uma Unidade de Tomada de Decisão (Decision Making Unit) é considerada eficiente somente se, primeiro, não for possível aumentar nenhum dos outputs sem que seja necessário aumentar algum input ou reduzir algum outro output, ou segundo, se não for possível reduzir nenhum dos inputs sem que seja necessário aumentar algum input ou reduzir algum outro output (PIZZOLATO; GUEDES, 2007).

O modelo utilizado no presente trabalho é o modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984), conhecido como VRS (Variable Return Scale), que aborda a situação de retornos variáveis de escala, evitando problemas inerentes à competição imperfeita. No BCC (VRS), os escores de eficiência são influenciados pela orientação escolhida, pois considera retornos crescentes, decrescentes ou constantes de escala na fronteira eficiente. Esse modelo pressupõe que um aumento nos insumos pode resultar em um aumento nos produtos, não necessariamente proporcional, ou até mesmo em uma diminuição.

Conforme descrito por Casado (2007), se a intenção for maximizar  $h_1$ , a formulação do modelo é a seguinte:

$$Max H_0 = \sum_{r=1}^s u_r Y_{r0} + w$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{i0} \leq 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{i0} + w \leq 0, \text{ para todo } j = 1, 2, \dots, n$$

$$-u_r \leq -e, r = 1, 2, \dots, s$$

$$-v_i \leq -e, i = 1, 2, \dots, m$$

Além disso, no modelo BCC, conforme explicado pelo mesmo autor, existe a forma dual, dada pela formulação a seguir:

$$\text{Min } H_0 = \theta - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r - \varepsilon \sum_{i=1}^m e_i$$

Sujeito a:

$$X_{i0}\theta - e_i - \sum_{j=1}^n X_{ij}\lambda_j = 0, \text{ para todo } i = 1, 2, \dots, m$$

$$-s_r + \varepsilon \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j = Y_{r0}, \text{ para todo } r = 1, 2, \dots, s$$

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

$$\lambda_j > 0, \text{ para todo } j = 1, 2, \dots, n$$

$$s_r > 0, \text{ para todo } r = 1, 2, \dots, s$$

$$e_i > 0, \text{ para todo } i = 1, 2, \dots, m$$

Através da aplicação desses modelos, torna-se viável a avaliação da eficiência das Unidades de Tomada de Decisão (DMUs), resultando na construção da fronteira de produção que engloba as unidades que alcançaram o nível máximo de produtividade, comumente referidas como "benchmarks". O modelo mais adequado para este trabalho demonstrou ser o modelo BCC-O (orientado para a maximização

dos outputs), uma vez que o propósito é avaliar a eficiência, visando alcançar os resultados ótimos, sem a possibilidade de atingir a eficiência pela redução dos insumos.

### **4.3 BASE DE DADOS**

O presente trabalho utiliza a base de dados do SNIS, ou Sistema Nacional de Informações sobre saneamento, um sistema de coleta, tratamento e disseminação de informações relacionadas aos serviços de saneamento básico no Brasil. Ele foi criado pelo Governo Federal por meio da Lei nº 11.445/2007, também conhecida como a Lei do Saneamento Básico, que estabelece as diretrizes nacionais para o setor.

O SNIS é uma iniciativa datada de 1996 e está sob a jurisdição da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), pertencente ao Ministério das Cidades (MCidades). Este sistema, de alcance nacional, tem como finalidade compilar informações abrangentes que abarcam aspectos institucionais, administrativos, operacionais, gerenciais, econômico-financeiros, contábeis e de qualidade referentes à prestação de serviços de saneamento básico em áreas urbanas. Essas informações contemplam os quatro pilares essenciais do saneamento básico. Os objetivos fundamentais do SNIS abarcam:

- i. Contribuir para o planejamento e a implementação de políticas públicas relacionadas ao saneamento;
- ii. Direcionar a alocação de recursos de forma eficiente;
- iii. Fornecer subsídios para a compreensão e avaliação do setor de saneamento;
- iv. Avaliar o desempenho dos serviços de saneamento;
- v. Promover o aprimoramento da gestão no setor;
- vi. Orientar atividades regulatórias e de fiscalização;
- vii. Facilitar o exercício do controle social.

Anualmente, o SNIS coleta dados provenientes dos municípios e dos prestadores de serviços de saneamento, organizando e disponibilizando essas informações à sociedade por meio dos Diagnósticos, que englobam tópicos como Água e Esgotos, Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Além disso, desde o ano de 2019, o SNIS implementou o Painel de

Informações sobre Saneamento, que oferece uma visão abrangente do setor e permite o acesso interativo aos principais indicadores e dados (SNIS, 2022).

Este trabalho também contará com dados do Painel de Saneamento Brasil, fornecida pelo Instituto Trata Brasil, uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), que é constituído por empresas com um profundo interesse no avanço do saneamento básico e na preservação dos recursos hídricos do Brasil. Sua atuação remonta a 2007, empenhando-se na conscientização da população para a busca da universalização de um serviço fundamental: o saneamento básico. A missão do instituto é informar e capacitar os cidadãos a reivindicarem o acesso à água potável, à coleta e ao tratamento de esgotos, visando a construção de um Brasil mais igualitário, especialmente nas regiões mais carentes (Instituto Trata Brasil).

No intuito de conferir maior eficácia a suas iniciativas, o Instituto Trata Brasil desenvolve projetos em comunidades que enfrentam carências no saneamento básico, onde a escassez de água e a exposição constante a esgotos a céu aberto são parte da realidade cotidiana das famílias. Seu escopo de trabalho compreende três eixos principais: "Água e Cidadania pela Vida", "Trata Brasil na Comunidade" e "Apoio ao Saneamento Rural e em Áreas Isoladas".

Além disso, o Trata Brasil estabelece colaborações com figuras públicas que emprestam seu prestígio à causa do saneamento, incluindo campeões olímpicos, juristas, atores, atrizes, promotores públicos, engenheiros e professores. O instituto também mantém parcerias com entidades vinculadas a diversas áreas, tais como engenharia, arquitetura, saúde infantil, meio ambiente, turismo, direito sanitário, entre outras.

No modelo adotado para a obtenção dos resultados apresentados na seção 5, as unidades de decisão (DMUs) consideradas foram os estados da federação do Brasil. Tanto os inputs/insumos quanto os outputs/produtos empregados na elaboração do modelo foram escolhidos a partir da revisão da literatura previamente referenciada sobre a eficiência no setor de saneamento. Estas variáveis foram adquiridas na base de dados do SNIS e no Painel de Saneamento Brasil, fornecidos pelo Instituto Trata Brasil, abrangendo os fatores apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Variáveis de entrada (inputs/insumos).

Inputs (X) / Outputs (Y)	Descrição	Unidade
X1	Despesa com pessoal próprio	R\$/Ano
X2	Despesa com produtos químicos	R\$/Ano
X3	Despesa com energia elétrica	R\$/Ano
X4	Despesa com serviços de terceiros	R\$/Ano
X5	Despesa com água importada (bruta ou tratada)	R\$/Ano
X6	Despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX	R\$/Ano
X7	Despesas fiscais ou tributárias não computadas na DEX	R\$/Ano
X8	Volume de água produzido	1000 m <sup>3</sup> /ano
X9	Volume de água tratada em Estações de Tratamento de Água (ETAs)	1000 m <sup>3</sup> /ano
X10	Volume de esgotos coletado	1000 m <sup>3</sup> /ano
X11	Volume de esgotos tratados	1000 m <sup>3</sup> /ano
Y1	Número de internações por doenças associadas à falta de saneamento	1/n
Y2	Número de óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas	1/n

Fonte: Elaboração própria (2023).

#### 4.4 SOFTWARE R

Para a realização desta pesquisa será feita utilização do Software R, uma ferramenta de análise estatística de código aberto amplamente utilizada em diversas áreas, desde a ciência de dados até a pesquisa acadêmica. Desenvolvido inicialmente por Ross Ihaka e Robert Gentleman na Universidade de Auckland, Nova Zelândia, em 1995, o R é a linguagem de programação estatística mais utilizada em publicações acadêmicas, demonstrando seu impacto significativo na pesquisa científica.

Uma das principais razões para o sucesso do R é a sua extensa coleção de pacotes e bibliotecas, que oferecem uma ampla gama de funcionalidades estatísticas e de visualização gráfica. O R também é conhecido por sua capacidade de manipulação de dados, permitindo que os analistas explorem e apresentem dados de maneira eficaz. A flexibilidade do R é evidente em sua linguagem de programação.

O presente trabalho fez uso dos seguintes pacotes:

- i. **Benchmarking**: ferramenta para a análise comparativa de eficiência entre diferentes unidades ou entidades. Esse pacote é frequentemente utilizado em análises de desempenho e produtividade, auxiliando na identificação de benchmarks e na avaliação da eficiência relativa. Com ele, os pesquisadores e analistas podem realizar análises robustas e aprofundadas, o que é fundamental em diversos campos, desde economia até gestão de saúde (BOGETOFT; OTTO, 2022).
- ii. **Dyplr**: ferramenta capaz de realizar operações de transformação, filtragem, agregação, tarefas de limpeza e preparação de dados de forma eficaz, economizando tempo e minimizando erros. A sintaxe clara e coerente do "dplyr" torna a programação de análises de dados mais acessível, facilitando a criação de pipelines de manipulação de dados (WICKHAM, et al. 2021).
- iii. **Readxl**: Ferramenta de importação e leitura de planilhas do Excel (arquivos .xls e .xlsx) diretamente no ambiente R. Esse pacote oferece uma interface simples e eficaz para a importação de dados tabulares, tornando-o especialmente útil em tarefas de análise de dados e pesquisa que envolvem a manipulação de informações do Excel. (WICKHAM, 2020).

## 5. RESULTADOS

Conforme delineado no contexto do Modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA), foi possível obter os desdobramentos relativos a diferentes estados no período abrangendo os anos de 2019 a 2021. A aplicação do modelo trouxe não apenas as eficiências de escala, mas também abrangeu a identificação do padrão de rendimento pelo qual a Unidade de Tomada de Decisão (DMU) está operando.

No entanto, no contexto deste estudo, é crucial destacar a relação inversa entre o insumo e o número de internamentos e óbitos. Nesse cenário, um aumento no insumo está diretamente associado a um menor número de internamentos e óbitos, evidenciando a importância de entender como o aumento da produção pode impactar positivamente a saúde pública.

Ao maximizar os resultados de saída, que neste caso se trata do inverso do número de internações por doenças associadas à falta de saneamento e do inverso do número de óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas, esta abordagem visa aprimorar a eficiência e a qualidade dos serviços de saneamento, contribuindo assim para a redução desses indicadores críticos de saúde pública.

Para a análise das tabelas a seguir é relevante reforçar o ponto anteriormente abordado em relação aos conceitos de rendimentos de escala. Os rendimentos crescentes indicam que um aumento nos insumos leva a uma diminuição no número de internamentos e óbitos de forma ampliada, ou seja, uma expansão significativa. Por outro lado, os rendimentos constantes sugerem que um aumento nos insumos resulta em uma diminuição no número de internamentos e óbitos na mesma proporção, mantendo uma relação de equilíbrio. Por fim, os rendimentos decrescentes indicam que um aumento nos insumos gera uma diminuição no número de internamentos e óbitos de forma mais moderada, mostrando uma desaceleração no crescimento.

Tabela 1: Eficiência de escala por estado brasileiro e seu tipo de rendimento, no ano de 2019.

<b>Estado</b>	<b>Eficiência de Escala</b>	<b>Rendimentos</b>
Acre (AC)	1	Constante
Alagoas (AL)	1.397	Crescente
Amapá (AP)	1	Constante
Amazonas (AM)	1.445	Crescente
Bahia (BA)	7.756	Crescente
Ceará (CE)	4.994	Crescente
Distrito Federal (DF)	3.644	Crescente
Espírito Santo (ES)	2.000	Crescente
Goiás (GO)	3.264	Crescente
Maranhão (MA)	1.472	Crescente
Mato Grosso (MT)	1.261	Crescente
Mato Grosso do Sul (MS)	1.004	Crescente
Minas Gerais (MG)	14.884	Crescente
Pará (PA)	3.070	Crescente
Paraíba (PB)	2.165	Crescente
Paraná (PR)	10.457	Crescente
Pernambuco (PE)	1	Constante
Piauí (PI)	1.154	Crescente
Rio de Janeiro (RJ)	13.548	Crescente
Rio Grande do Norte (RN)	1.044	Crescente
Rio Grande do Sul (RS)	8.955	Crescente
Rondônia (RO)	1.665	Crescente
Roraima (RR)	1	Constante
Santa Catarina (SC)	5.041	Crescente
São Paulo (SP)	46.956	Crescente
Sergipe (SE)	2.237	Crescente
Tocantins (TO)	1	Constante

Fonte: Elaboração própria (2023).

A tabela 1 proporciona valiosas percepções sobre a relação entre retornos à escala e o número de internamentos e óbitos nos estados brasileiros em 2019. Constatou-se que 19% dos estados do Brasil (Acre, Amapá, Pernambuco, Roraima e Tocantins) operam sob retornos constantes à escala, o que significa que um aumento nos insumos resulta em uma redução no número de internamentos e óbitos na mesma proporção. Os restantes 81% demonstram estar sujeitos a retornos crescentes à escala, ou seja, um aumento nos insumos está associado a uma diminuição no número de internamentos e óbitos de forma mais ampliada.

Tabela 2: Eficiência de escala por estado brasileiro e seu tipo de rendimento, no ano de 2020.

Estado	Eficiência de Escala	Rendimentos
Acre (AC)	1	Constante
Alagoas (AL)	1.246	Crescente
Amapá (AP)	1	Constante
Amazonas (AM)	1.778	Crescente
Bahia (BA)	8.119	Crescente
Ceará (CE)	2.940	Crescente
Distrito Federal (DF)	1.509	Crescente
Espírito Santo (ES)	1.707	Crescente
Goiás (GO)	4.137	Crescente
Maranhão (MA)	1.960	Crescente
Mato Grosso (MT)	1.268	Crescente
Mato Grosso do Sul (MS)	1.081	Crescente
Minas Gerais (MG)	16.082	Crescente
Pará (PA)	1	Constante
Paraíba (PB)	2.301	Crescente
Paraná (PR)	10.432	Crescente
Pernambuco (PE)	2.074	Crescente
Piauí (PI)	1.436	Crescente
Rio de Janeiro (RJ)	10.104	Crescente
Rio Grande do Norte (RN)	1.483	Crescente
Rio Grande do Sul (RS)	6.690	Crescente
Rondônia (RO)	1.825	Crescente
Roraima (RR)	1	Constante
Santa Catarina (SC)	5.085	Crescente
São Paulo (SP)	34.008	Crescente
Sergipe (SE)	1.765	Crescente
Tocantins (TO)	1.052	Crescente

Fonte: Elaboração própria (2023).

A Tabela 2 revela que, durante o ano de 2020, 15% dos estados analisados (Acre, Amapá, Pará e Roraima) operam sob o regime de retornos constantes à escala, o que implica que um aumento nos insumos resulta em uma redução no número de internamentos e óbitos na mesma proporção. Além disso, a maioria expressiva, correspondendo a 85%, está sujeita a retornos crescentes à escala, o que significa que um aumento nos insumos está associado a uma diminuição no número de internamentos e óbitos de forma mais ampla.

Tabela 3: Eficiência de escala por estado brasileiro e seu tipo de rendimento, no ano de 2021.

<b>Estado</b>	<b>Eficiência de Escala</b>	<b>Rendimentos</b>
Acre (AC)	2.009	Crescente
Alagoas (AL)	1	Constante
Amapá (AP)	1	Constante
Amazonas (AM)	1.661	Crescente
Bahia (BA)	1	Constante
Ceará (CE)	5.997	Crescente
Distrito Federal (DF)	3.716	Crescente
Espírito Santo (ES)	2.815	Crescente
Goiás (GO)	4.194	Crescente
Maranhão (MA)	1.660	Crescente
Mato Grosso (MT)	1.804	Crescente
Mato Grosso do Sul (MS)	1.290	Crescente
Minas Gerais (MG)	15.547	Crescente
Pará (PA)	1	Constante
Paraíba (PB)	2.506	Crescente
Paraná (PR)	11.273	Crescente
Pernambuco (PE)	4.343	Crescente
Piauí (PI)	1.223	Crescente
Rio de Janeiro (RJ)	20.891	Crescente
Rio Grande do Norte (RN)	1.118	Crescente
Rio Grande do Sul (RS)	11.358	Crescente
Rondônia (RO)	1.931	Crescente
Roraima (RR)	1	Constante
Santa Catarina (SC)	7.101	Crescente
São Paulo (SP)	56.563	Crescente
Sergipe (SE)	1.708	Crescente
Tocantins (TO)	0.999	Decrescente

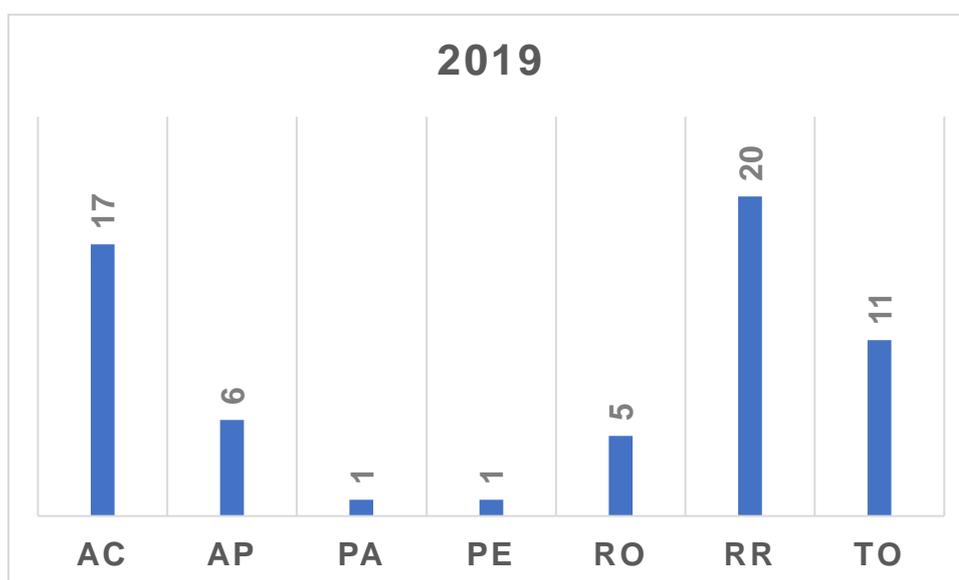
Fonte: Elaboração própria (2023).

A análise apresentada na Tabela 3, referente ao ano de 2021, revela que 19% dos estados (Alagoas, Amapá, Bahia, Pará e Roraima) operam sob o regime de retornos constantes à escala, o que implica que um aumento nos insumos resulta em uma redução no número de internamentos e óbitos na mesma proporção. Adicionalmente, a grande maioria, representando 78% dos estados, está sujeita a retornos crescentes à escala, indicando que um acréscimo nos insumos está associado a uma diminuição no número de internamentos e óbitos de forma mais significativa. É relevante ressaltar que 3% dos estados, representados apenas pelo estado de Tocantins, operam sob o regime de retornos decrescentes à escala,

sugerindo que um aumento nos insumos gera uma diminuição nos números de internamentos e óbitos, porém, de maneira mais moderada.

Da mesma forma, por meio do modelo de Análise Envoltória de Dados, tornou-se viável a identificação dos estados que foram considerados como "benchmarking" para os demais estados em cada um dos três anos abordados. Benchmarking é uma abordagem metódica e em andamento que envolve a análise e comparação do desempenho, procedimentos e métodos de uma organização com aquelas consideradas líderes em seu setor ou em setores distintos (CAMP, 1989).

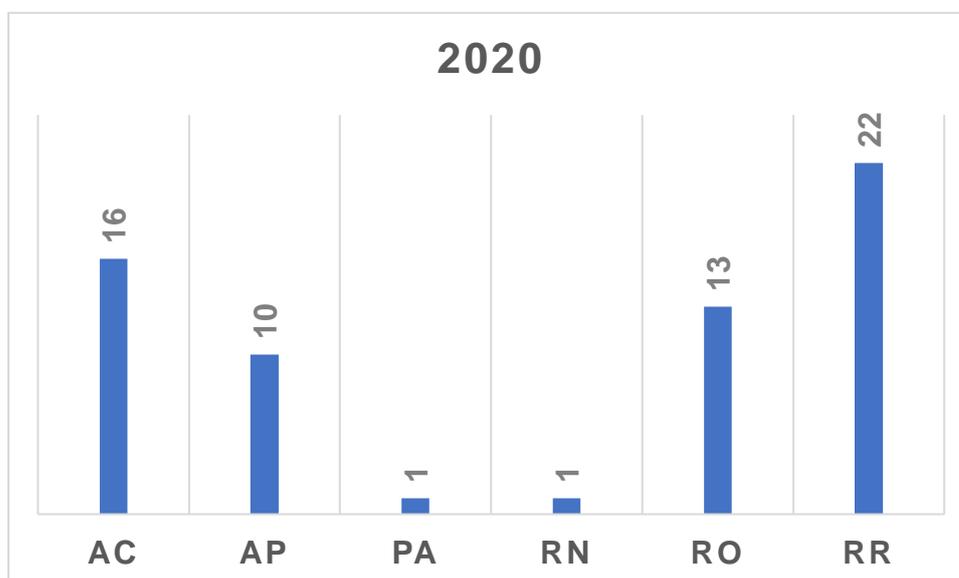
Figura 1: Estados considerados "benchmarkings", 2019.



Fonte: Elaboração própria (2023).

Apenas sete estados, em relação aos 27 estados brasileiros, foram identificados como "benchmarking" no ano de 2019. O estado do Acre, serviu como referência não apenas para ele próprio, mas também para 16 outros estados. Da mesma maneira, o estado do Amapá foi uma referência para si próprio e para outros cinco estados, enquanto os estados do Pará e Pernambuco foram referências apenas para eles próprios. Rondônia demonstrou ser uma referência para ele próprio e mais quatro estados. Roraima foi o grande destaque por ser "benchmarking" para 20 estados, incluindo a si próprio. Por sua vez, Tocantins atuou como referência para 10 estados, juntamente com sua própria referência.

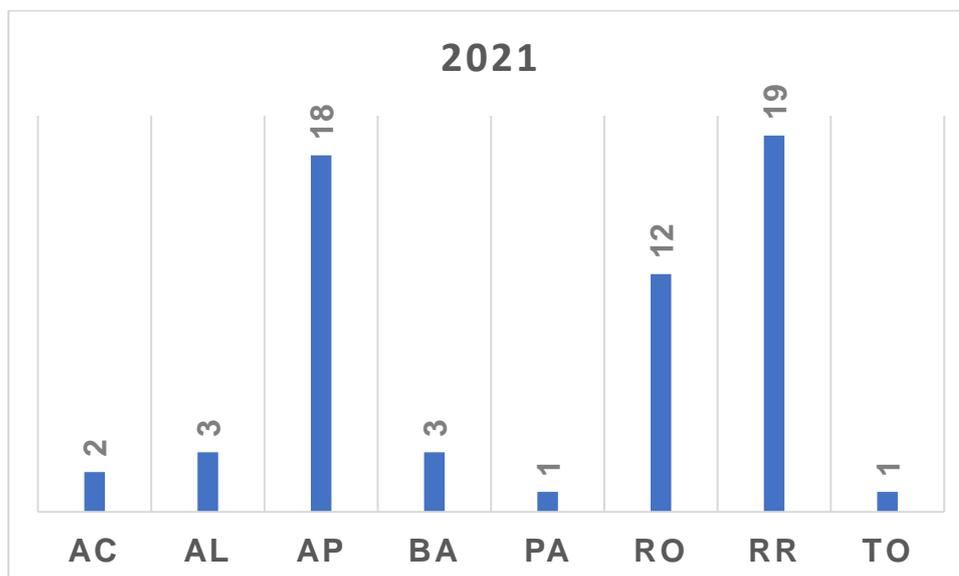
Figura 2: Estados considerados "benchmarks", 2020.



Fonte: Elaboração própria (2023).

Apenas seis estados, no ano de 2020, foram identificados como "benchmarking" frente aos demais estados brasileiros. O estado do Acre serviu como referência para 15 outros estados, além de ser uma referência para si próprio. O Amapá também exerceu influência ao ser referência para nove estados, juntamente com sua própria referência. O Pará e o Rio Grande do Norte foram reconhecidos apenas como referência para si próprios. Rondônia se destacou como referência para 12 outros estados, além de ser uma referência para si mesmo. Roraima, mais uma vez, ocupou uma posição de destaque, atuando como benchmarking para 22 estados, incluindo ele mesmo.

Figura 3: Estados considerados "benchmarks", 2021.



Fonte: Elaboração própria (2023).

O ano de 2020 se destacou em relação aos demais, identificando oito estados como "benchmarking". O estado do Acre serviu como referência para si próprio e para mais outro estado no território brasileiro. Tanto o estado de Alagoas quanto o estado da Bahia exerceram influência, sendo referência para dois outros estados, além de serem referência para si mesmos. O Amapá se destacou ao ser referência para 17 estados e para si próprio. O estado do Pará foi reconhecido exclusivamente como referência para ele mesmo. Rondônia atuou como referência para 11 outros estados, além de ser uma referência para si mesmo. Roraima, novamente superou os demais estados-referência, desempenhando o papel de benchmarking para outros 19 estados, incluindo ele próprio.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo se propôs a analisar a eficiência relativa dos estados brasileiros no contexto dos serviços de saneamento básico, estabelecendo relação com os dados de internamentos e óbitos ligados a doenças de veiculação hídrica no período de 2019 a 2021, por meio da aplicação do modelo de Análise Envoltória de Dados.

No ano de 2019, os estados Acre, Amapá, Pará, Pernambuco, Rondônia, Roraima e Tocantins demonstraram um desempenho eficiente e foram referência para outros estados. Em 2020, foram Acre, Amapá, Pará, Rio Grande do Norte, Rondônia e Roraima. No ano subsequente, em 2021, foram os estados Acre, Alagoas, Amapá, Bahia, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins que alcançaram tal patamar.

Com base nessa análise dos estados brasileiros durante o período de 2019 a 2021, emergiu um destaque notável em termos de eficiência: o estado de Roraima. Roraima manteve de maneira consistente a posição de "benchmarking" para os demais estados, superando as outras observações ao longo dos três anos. Roraima manteve um escore de eficiência de escala igual a 1 ao longo do período analisado, caracterizando que um aumento nos insumos resulta em uma redução no número de internamentos e óbitos na mesma proporção.

Esses resultados enfatizam a importância da eficiência na alocação de recursos e na gestão operacional. Roraima se destaca como um exemplo notável de como um estado pode atingir e manter altos padrões de eficiência, mesmo em um cenário de diversidade regional. A consistência de Roraima como um estado de referência durante os anos abordados sugere a existência de práticas de gestão eficazes e uma administração habilidosa das economias de escala, que podem servir de modelo para os demais estados.

A expectativa é que, no futuro, cada estado brasileiro busque aproximar-se progressivamente da alocação eficiente de recursos, com o objetivo de reduzir internamentos e óbitos causados por doenças de veiculação hídrica. Essa análise destaca a necessidade de otimizar a gestão de recursos no setor de saneamento para melhorar a qualidade de vida e a saúde da população em todo o país.

## REFERÊNCIAS

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER W. W., Some Models for Estimating Technical and Scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**. vol. 30, nº 9, p. 1078-1092.

BOGETOFT, P., OTTO, L. Benchmark and Frontier Analysis Using DEA and SFA. R package version 0.31 (2022), <https://cran.r-project.org/web/packages/Benchmarking/index.html>).

BORJA, P. C. Política pública de saneamento básico: uma análise da recente experiência brasileira. **Saúde e Sociedade**, v. 23, p. 432-447, 2014.

CABEDO JUNIOR, F. C. S.; CUNHA, K. B. S; AGUIAR, A. L. S.; ARAÚJO, F. D. N. Saneamento: interferência na saúde pública e no desenvolvimento socioeconômico. **Revista da FAESF**, v. 2, n. 3, 2018.

CAMP, R. C. Benchmarking: The Search for Industry Best Practices That Lead to Superior Performance. **ASQC Quality Press**, 1989.

CASADO, F. L. Análise envoltória de dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na educação superior. **Revista Sociais e Humanas**, v. 20, n. 1, p. 59-71, 2007.

CORREIA, M. L. S. F; ESPERIDIÃO, F.; MELO, R. L. Evolução das Políticas Públicas de Saneamento Básico do Brasil, do Planasa ao PAC-Saneamento. **ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, XXV**, 2020.

DA MOTTA, R. S., MENDES, A. P. F., MENDES, F. E. YOUNG, C. E. F. Perdas e Serviços ambientais do recurso água para uso doméstico. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 24, n.1, p. 35-72, 1994

DA MOTTA, R. S., REZENDE, L. The impact of sanitation on waterborne diseases in Brazil. In: May, P. H. (ed.). **Natural Resource valuation and policy in Brazil: methods and cases**. Columbia University Press, 1999.

FAÇANHA, L. O.; MARINHO, A. IPEA. Texto para discussão n. 813, 2001.

FERREIRA, Y. B. C. **Proposição de um índice de vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a experiência do Estado da Paraíba**. 2020.

FONSECA, F. R.; VASCONCELOS, C. H. Análise espacial das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 19, p. 448-453, 2011.

GONDIM, G. M. M. Espaço e saúde: uma interação provável nos processos de adoecimento e morte em populações. In: MIRANDA, A. C.; BARCELLOS, C.; MOREIRA, J. C., MONKEN, M. Território, ambiente e saúde. Rio de Janeiro: **Editora Fiocruz**, 2008.

GUERREIRO, A. S. Análise da Eficiência de Empresas de Comércio Eletrônico usando Técnicas da Análise Envoltória de Dados. **Tese de Doutorado**. PUC-Rio. 2006.

HELLER, L. Associação entre cenários de saneamento e diarreia em Betim-MG: o emprego do delineamento epidemiológico caso-controle na definição de prioridades de intervenção. 1995.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).** Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS). Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão: Rio de Janeiro, 2010.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).** Dados geográficos, 2021. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio/dados-geograficos.html>. Acesso em: 31/10/2023.

**INSTITUTO TRATA BRASIL,** <https://tratabrasil.org.br/quem-somos> Acesso em: 30/10/2023.

**INSTITUTO TRATA BRASIL,** Principais estatísticas. <https://tratabrasil.org.br/principais-estatisticas>. Acesso em: 30/10/2023.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República. 2007.

MENDONÇA, M. J. C. de; MOTTA, R. S. da. Saúde e saneamento no Brasil. 2005.

MIRANDA, M. G. Análise da Eficiência de Unidades de Negócio do Varejo Utilizando DEA. Fortaleza. 80p. Dissertação (Mestrado Profissional) – Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual do Ceará, 2015.

MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. Política de saneamento ambiental como uma política pública e social. In: BRASIL. Ministério das Cidades. Organização Pan-Americana da Saúde. Política e plano municipal de saneamento ambiental: experiências e recomendações. Brasília, DF: Organização Pan-Americana de Saúde: Ministério das Cidades, 2005.

NOCERA, S., ZWEIFEL, P. Demand for health: an empirical test of the Grossman model using panel data. In: ZWEIFEL, P. (ed.). **Health, the medical profession and regulation.** Boston: Kluwer, p. 35-49, 1998.

PAIVA, R. F. P.; SOUZA, M. F. D. P. D. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, 2018.

PEIXOTO, J. B. Sustentabilidade econômica e remuneração da prestação dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário: regulação econômica e fontes de financiamento. In: **BRASIL. Ministério das Cidades. Coletânea sobre saneamento básico e a Lei 11.445/2007** Brasília, DF, 2009. Livro III, p. 497-508.

PIZZOLATO, N., D.; GUEDES, L., E., M. Análise da eficiência de empresas de comércio eletrônico usando técnicas da análise envoltória de dados. In: **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO).** 2007.

PRÜSS, A. et al. Estimando a carga de doenças da água, saneamento e higiene em nível global. **Perspectivas de saúde ambiental**, v. 110, n. 5, pág. 537-542, 2002.

SIQUEIRA, M. S., ROSA, R. S., BORDIN, R., NUGEM, R. C. Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014. **Epidemiologia e Serviços de saúde**, v. 26, n. 4, p. 795-806, 2017.

**SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**, <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/snis>, 2022, Acesso em: 31/10/23.

TEIXEIRA, J. C., OLIVEIRA, G. S., VIALI, A. M., MUNIZ, S. S.; Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Eng. sanit. Ambient.** v. 19, n. 1, p. 87-96, 2014.

WHATELY, M. Saneamento básico tem solução. Entrevista concedida a Aline Souza. Instituto Democracia e Sustentabilidade, São Paulo, 2021.

WHO- WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO Water, Sanitation and Hygiene strategy 2018-2025. World Health Organization: Geneva, Switzerland (WHO/CED/PHE/WSH/18.03), 2018.

WICKHAM, H. (2020). readxl: Read Excel Files, R package version 1.3.1, <https://cran.r-project.org/package=readxl>).

WICKHAM, H., FRANÇOIS, R., HENRY, L., MÜLLER, K., Dplyr: A Grammar of Data Manipulation, R package version 1.0.7 (2021), <https://cran.r-project.org/package=dplyr>).

## ANEXOS

### Anexo 1: Script desenvolvido no software R.

```

#Análise Envoltória de Dados

##Análise da eficiência dos serviços de saneamento de cada estado da
federação brasileira
## e sua relação com a saúde pública

#Pacotes

install.packages("readxl")
library(readxl)
install.packages("dplyr")
library(dplyr)
install.packages("Benchmarking")
library(Benchmarking)

#Usaremos a função "dea" desse pacote e seus padrões
## dea(X, Y, RTS="vrs", ORIENTATION="in", XREF=NULL, YREF=NULL,
##   FRONT.IDX=NULL, SLACK=FALSE, DUAL=FALSE, DIRECT=NULL, param=NULL,
##   TRANSPOSE=FALSE, FAST=FALSE, LP=FALSE, CONTROL=NULL, LPK=NULL)

#X Matriz de insumos das firmas que serão analisadas,
## matriz de ordem K x m, sendo m insumos e k firmas.

#Y Matriz dos produtos incluídos na análise.
## matriz de ordem k x n, sendo n produtos e k firmas.

#RTS: texto ou número definindo o modelo DEA a ser estimado/retornos à
escala
## 0 fdh: Free disposability hull, não é assumido convexidade;
## 1 vrs: Retornos variáveis à escala, convexidade e free disposability
## 2 drs: Retornos decrescentes à escala, convexidade, down-scaling e
## "free disposability" (disponibilidade fraca);
## 3 crs: Retornos constantes à escala, convexidade e free disposability
## 4 irs: Retornos crescentes à escala,
## (up-scaling, mas não down-scaling), convexidade e free disposability
## 5 irs2: Retornos crescentes à escala
## (up-scaling, mas não down-scaling), aditividade e free disposability
## 6 add: Aditividade (scaling up e down, mas apenas com inteiros),
## e free disposability; também conhedico uma replicabilidade e free
disposability,

```

```

## a free disposability e replicability hull (frh) - não é assumido
convexidade
# 7 fdh+: Combinação de "free disposability" e restrito ou retornos
constantes à
## escala local
# 10 vrs+ :Retornos variáveis à escala, mas não há restrição sobre os
## lambdas individuais via param

# ORIENTATION: insumo "in" (1), produto "out" (2), e gráfico da eficiência
"graph"

#Importando

dados_sio2019 <- read_excel("Dados Saneamento-Internamentos-Óbitos
(2019).xlsx")
dados_sio2020 <- read_excel("Dados Saneamento-Internamentos-Óbitos
(2020).xlsx")
dados_sio2021 <- read_excel("Dados Saneamento-Internamentos-Óbitos
(2021).xlsx")

#Inverso dos dados de saúde usando a função mutate do pacote dplyr

dados_sio2019 <- dados_sio2019 %>%
  mutate(Y1 = 1/Y1, Y2 = 1/Y2)
dados_sio2020 <- dados_sio2020 %>%
  mutate(Y1 = 1/Y1, Y2 = 1/Y2)
dados_sio2021 <- dados_sio2021 %>%
  mutate(Y1 = 1/Y1, Y2 = 1/Y2)

#Descrição dos dados:

#Y1: Número de internações por doença associada a falta de saneamento
#Y2: Número de óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas

#X1: Despesa com pessoal próprio
#X2: Despesa com produtos químicos
#X3: Despesa com energia elétrica
#X4: Despesa com serviços de terceiros
#X5: Despesa com água importada (bruta ou tratada)
#X6: Despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX
#X7: Despesas fiscais ou tributárias não computadas na DEX
#X8: Volume de água produzido
#X9: Volume de água tratada em ETAs
#X10: Volume de esgotos coletado

```

```

#X11: Volume de esgotos tratado

#Montando a matriz de insumos. Perceba que você deve combinar todos os
insumos via
## função cbind. Os "x" são os nomes dos insumos. Você pode mudar os nomes
## de acordo com a sua base de dados e incluir quando desejar,
acrescentando
## ", variável"
x_2019 <- as.matrix(with(dados_sio2019, cbind(X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7,
X8, X9, X10, X11)))
x_2020 <- as.matrix(with(dados_sio2020, cbind(X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7,
X8, X9, X10, X11)))
x_2021 <- as.matrix(with(dados_sio2021, cbind(X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7,
X8, X9, X10, X11)))

# Mais de um produto, utilizar o mesmo procedimento utilizado dos insumos
y_2019 <- as.matrix(with(dados_sio2019, cbind(Y1, Y2)))
y_2020 <- as.matrix(with(dados_sio2020, cbind(Y1, Y2)))
y_2021 <- as.matrix(with(dados_sio2021, cbind(Y1, Y2)))

# Estimando a eficiência.
## Retornos constantes à escala e orientação insumo
eci_2019 <- dea(x_2019, y_2019, RTS="crs", ORIENTATION = "in")
eci_2020 <- dea(x_2020, y_2020, RTS="crs", ORIENTATION = "in")
eci_2021 <- dea(x_2021, y_2021, RTS="crs", ORIENTATION = "in")

## Retornos constantes à escala e orientação produto
eco_2019 <- dea(x_2019, y_2019, RTS="crs", ORIENTATION = "out")
eco_2020 <- dea(x_2020, y_2020, RTS="crs", ORIENTATION = "out")
eco_2021 <- dea(x_2021, y_2021, RTS="crs", ORIENTATION = "out")

## Retornos variáveis à escala e orientação insumo
evi_2019 <- dea(x_2019, y_2019, RTS="vrs", ORIENTATION = "in")
evi_2020 <- dea(x_2020, y_2020, RTS="vrs", ORIENTATION = "in")
evi_2021 <- dea(x_2021, y_2021, RTS="vrs", ORIENTATION = "in")

## Retornos variáveis à escala e orientação produto
evo_2019 <- dea(x_2019, y_2019, RTS="vrs", ORIENTATION = "out")
evo_2020 <- dea(x_2020, y_2020, RTS="vrs", ORIENTATION = "out")
evo_2021 <- dea(x_2021, y_2021, RTS="vrs", ORIENTATION = "out")

#Combinando os resultados em um banco de dados
#Observe que em "crs_i = eci$eff", estamos criando uma variável de nome
crs_i

```

```

## (você pode utilizar outros nomes), selecionando os escores de eficiência
## (eff)
## dentro do objeto "eci"
res_2019 <- data.frame(crs_i = eci_2019$eff, crs_o = eco_2019$eff, vrs_i =
evi_2019$eff, vrs_o = evo_2019$eff,
                      crs_lo = 1/eco_2019$eff, vrs_lo = 1/evo_2019$eff)
res_2020 <- data.frame(crs_i = eci_2020$eff, crs_o = eco_2020$eff, vrs_i =
evi_2020$eff, vrs_o = evo_2020$eff,
                      crs_lo = 1/eco_2020$eff, vrs_lo = 1/evo_2020$eff)
res_2021 <- data.frame(crs_i = eci_2021$eff, crs_o = eco_2021$eff, vrs_i =
evi_2021$eff, vrs_o = evo_2021$eff,
                      crs_lo = 1/eco_2021$eff, vrs_lo = 1/evo_2021$eff)

res_2019$UF <- dados_sio2019$ESTADO
res_2020$UF <- dados_sio2020$ESTADO
res_2021$UF <- dados_sio2021$ESTADO

#Análise de Benchmarking

peers(evi_2019)
peers(evi_2020)
peers(evi_2021)

get.number.peers(evi_2019)
get.number.peers(evi_2020)
get.number.peers(evi_2021)

#Definições:

## eci -> constantes insumo
## evi -> variáveis insumo
## eco -> constantes produto
## evo -> variáveis produto
## vrs -> retornos variáveis à escala
## drs -> retornos decrescentes à escala
## crs -> retornos constantes à escala
## irs -> retornos crescentes à escala
## iecrs -> eficiência obtida por pressuposição de retornos constantes
(orientação insumos)
## ievrs -> eficiência obtida por pressuposição de retornos variáveis
(orientação insumos)
## eei -> eficiência de escala (orientação insumos)
## ieirs -> retornos não-decrescentes (orientação insumos)
## iedrs -> retornos não-crescentes (orientação insumos)

```

```

## RND -> Retornos não-decrescentes
## RNC -> Retornos não-crescentes
## CRS -> Retornos constantes
## VRS -> Retornos variáveis
## EE -> Eficiência de escala

#Teste estatístico para avaliar se temos ineficiência de escala (produtos-
outputs)

ecrs_2019 <- eco_2019$eff
ecrs_2020 <- eco_2020$eff
ecrs_2021 <- eco_2021$eff

evrs_2019 <- evo_2019$eff
evrs_2020 <- evo_2020$eff
evrs_2021 <- evo_2021$eff

ks.test(ecrs_2019, evrs_2019, alternative = "two.sided", exact = NULL)
ks.test(ecrs_2020, evrs_2020, alternative = "two.sided", exact = NULL)
ks.test(ecrs_2021, evrs_2021, alternative = "two.sided", exact = NULL)

#H0: Ausência de ineficiência de escala
## (o modelo com a pressuposição de retornos constantes é o mais adequado)
#H1: Presença de ineficiência de escala
## (o modelo com a pressuposição de retornos variáveis é o mais adequado)

#Calculando a eficiência de escala

ee_2019 <- ecrs_2019/evrs_2019
View(ee_2019)
ee_2020 <- ecrs_2020/evrs_2020
View(ee_2020)
ee_2021 <- ecrs_2021/evrs_2021
View(ee_2021)

#Determinando a natureza dos rendimentos de escala
## Retornos não decrescentes à escala e orientação insumo
eirs_2019 <- dea(x_2019, y_2019, RTS="irs", ORIENTATION = "in")
eirs_2020 <- dea(x_2020, y_2020, RTS="irs", ORIENTATION = "in")
eirs_2021 <- dea(x_2021, y_2021, RTS="irs", ORIENTATION = "in")
## Retornos não crescentes à escala e orientação insumo
edrs_2019 <- dea(x_2019, y_2019, RTS="drs", ORIENTATION = "in")
edrs_2020 <- dea(x_2020, y_2020, RTS="drs", ORIENTATION = "in")
edrs_2021 <- dea(x_2021, y_2021, RTS="drs", ORIENTATION = "in")

```

```

#Podemos combinar todas as medidas de eficiência em apenas um banco de
dados
r.ee_2019 <- data.frame(RND = eirs_2019$eff, RNC = edrs_2019$eff, CRS =
ecrs_2019, VRS = evrs_2019, EE = ee_2019)
r.ee_2020 <- data.frame(RND = eirs_2020$eff, RNC = edrs_2020$eff, CRS =
ecrs_2020, VRS = evrs_2020, EE = ee_2020)
r.ee_2021 <- data.frame(RND = eirs_2021$eff, RNC = edrs_2021$eff, CRS =
ecrs_2021, VRS = evrs_2021, EE = ee_2021)

#Podemos criar uma nova variável de nome "Rendimentos" no banco de dados
r.ee
## usaremos a função mutate do pacote dplyr para criar uma variável de nome
Rendimentos
## e também a função ifelse (disponível na base R) para testar as condições
## se trata de algo equivalente a concatenar mais de uma função "se" do
Excel

r.ee_2019 <- mutate(r.ee_2019, Rendimentos = ifelse(CRS == VRS,
"Constante",
                                                    ifelse(RNC == VRS,
"Decrescente", "Crescente")))
r.ee_2020 <- mutate(r.ee_2020, Rendimentos = ifelse(CRS == VRS,
"Constante",
                                                    ifelse(RNC == VRS,
"Decrescente", "Crescente")))
r.ee_2021 <- mutate(r.ee_2021, Rendimentos = ifelse(CRS == VRS,
"Constante",
                                                    ifelse(RNC == VRS,
"Decrescente", "Crescente")))

write.csv(r.ee_2019, file = "r.ee_2019.csv", row.names = FALSE)
write.csv(r.ee_2020, file = "r.ee_2020.csv", row.names = FALSE)
write.csv(r.ee_2021, file = "r.ee_2021.csv", row.names = FALSE)

#####

```

**Anexo 2: Glossário do banco de dados.**

- X1: Despesa com pessoal próprio
- X2: Despesa com produtos químicos
- X3: Despesa com energia elétrica
- X4: Despesa com serviços de terceiros
- X5: Despesa com água importada (bruta ou tratada)
- X6: Despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX
- X7: Despesas fiscais ou tributárias não computadas na DEX
- X8: Volume de água produzido
- X9: Volume de água tratada em ETAs
- X10: Volume de esgotos coletado
- X11: Volume de esgotos tratado
- Y1: Número de internações por doença associada a falta de saneamento
- Y2: Número de óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas

**Anexo 3: Dados Saneamento-Internamentos-Óbitos fornecidos pelo SNIS e Instituto Trata Brasil (2019).**

ANO	ESTADO	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4
2019	ACRE (AC)	1.362	7	41865198,79	14107719,98	22096302,28	2142614,68
2019	ALAGOAS (AL)	4.923	59	209323712,2	10866007,88	88201463,87	143456580,3
2019	AMAPÁ (AP)	861	10	40863832,95	8535081,27	11506219,42	3917237
2019	AMAZONAS (AM)	4.519	30	60053832,04	20967873,89	74720575,75	58014668,3
2019	BAHIA (BA)	23.387	300	849894006,5	109904682,1	300039378,1	742547418,5
2019	CEARÁ (CE)	15.604	163	340479883,2	64438448,12	146238195,6	236557109,1
2019	DISTRITO FEDERAL (DF)	3.650	27	756794611,6	47952506,44	143974840,6	242839997,6
2019	ESPÍRITO SANTO (ES)	6.115	42	283831349	22567198,69	129934688,9	199081613,9
2019	GOIÁS (GO)	13.224	105	613735038,6	35948155,43	271517323,7	189367498
2019	MARANHÃO (MA)	38.237	107	397433327,1	19771472,55	138540050,2	92871929,22
2019	MATO GROSSO (MT)	4.545	27	114361766,1	16376196,37	116680695	98332985,66
2019	MATO GROSSO DO SUL (MS)	6.319	54	199039985,9	8634272,74	107248235	179101897,6
2019	MINAS GERAIS (MG)	24.712	330	1897942418	129054888,1	728223234,7	651361876,7
2019	PARÁ (PA)	28.063	110	214055745,1	23870821,22	133410842	97663629,93
2019	PARAÍBA (PB)	5.827	80	393312870,7	35948683,96	44237675,68	115620361,1
2019	PARANÁ (PR)	12.217	86	1157992271	124575251,5	511353632	642118450,2
2019	PERNAMBUCO (PE)	9.705	215	374604754,2	39581133,3	195941549,2	513898059,1
2019	PIAUI (PI)	9.702	53	242517837,5	14255235,69	100997679,4	88807488,55
2019	RIO DE JANEIRO (RJ)	4.911	83	1470196602	132053322,5	837340386,4	787388724,4
2019	RIO GRANDE DO NORTE (RN)	3.534	42	275043110,4	5234706,95	135949169	63597426,24
2019	RIO GRANDE DO SUL (RS)	8.129	152	1593755117	92339442,91	476892398,3	340850331,3
2019	RONDÔNIA (RO)	4.081	18	106268383,5	9115996,81	27051731,23	21857344,79
2019	RORAIMA (RR)	1.350	22	58178468,58	4091314,25	13436478,02	8983294,54
2019	SANTA CATARINA (SC)	7.413	93	614138999,1	62961815,02	219175464,3	386814852,8
2019	SÃO PAULO (SP)	26.059	452	4508863552	504764051,4	2014005471	2858421873
2019	SERGIPE (SE)	2.829	50	258150289,4	27920391,73	86356317,29	119583907,5
2019	TOCANTINS (TO)	2.125	17	110643890,6	5434289,56	40501873,28	41599456,68

X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
0	493679,74	0	59815,77	54977,4	4472,62	4472,62
731987	24743622,05	40101604,81	197156,21	124997,17	21921,2	19945,44
0	0	81330185,48	65815,23	60810,07	3024,74	2871,23
33099109,51	7849855,28	50134827,22	248938,11	196716,84	19754,57	19544,57
23727755,88	329963444,1	64308717,92	853762,26	729151,15	269352,47	227716,03
70232183,37	127080229,8	37760491,33	460753,92	385118,73	99789,28	90935,75
0	159913405,5	14689069,2	246331	227996	129923	129923
0	109252072,3	17739731,55	328796,01	326814,73	121479,1	87216,01
27959507,72	257987725,9	106119974,4	428146,83	355307,76	180014,4	159802,28
266015	4550969,89	57198278,93	472790,71	174883,28	49070,93	21450,99
20000	40316327,77	14551257,8	313395	208844,15	65193,04	55704,38
200	49887245,42	107944915,7	230005,54	93355,86	60951,14	60854,86
129125,14	401361956	330257497,2	1584203,94	1402843,22	800064,27	435892,21
745857,3	21304140,13	-1944507,24	272605,53	138507,44	25389,39	11041,8
28000	90347807,84	19652172,68	211468,36	204207,72	61172,29	54690,97
923748,12	370179997,2	374041756	845570,56	639479,31	405988,29	405477,52
0	169701645,3	17072770,66	595871,41	534867,98	118196,52	89420,35
29409,4	15226848,15	92589638,4	228086,98	135851,9	18060,38	16016,28
78584992,68	404051645,5	249808669,9	2243973,62	1909548,97	801816,63	498972,97
3085	76554239,99	5755032,07	230997,09	80325,78	38602,64	37433,71
2114671,89	272296458,1	338296820	986767,17	863143,49	168772,41	138696,54
0	22170134,18	682022	111830,01	74025,25	3989,32	3073,45
0	9513935,01	16861438,79	66184,99	35921,51	17147,36	17117,36
42948508,45	175987816,8	75004186,81	578761,84	533942,11	100409,77	94631,97
111260645,8	1361031962	1366522637	4464132,02	3699024,17	2197681,03	1789393,38
1477619,65	39022315,98	1412742,86	178638,66	157036,74	26612,75	26213,15
0	42263580,31	-2527534,93	108222,99	56895,33	17835,93	17604,73

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do SNIS 2023.

**Anexo 4: Dados Saneamento-Internamentos-Óbitos fornecidos pelo SNIS e Instituto Trata Brasil Óbitos (2020).**

ANO	ESTADO	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4
2020	ACRE (AC)	1.041	11	42631534,32	15949849,57	21401636,2	5506200,41
2020	ALAGOAS (AL)	2.313	37	170488892,8	12913572,33	93544793,86	148291318,8
2020	AMAPÁ (AP)	457	2	37999112,56	10872329	11915032	2421433
2020	AMAZONAS (AM)	3.734	32	74479651,46	19230507,8	76002808,43	63112665,42
2020	BAHIA (BA)	14.609	215	878133896,5	120353738,7	312505848	799898836,8
2020	CEARÁ (CE)	8.853	75	348029148,9	62616673,4	157989388,2	268095758,4
2020	DISTRITO FEDERAL (DF)	2.206	10	770974403,6	45422872,1	130526673,6	246696731,7
2020	ESPÍRITO SANTO (ES)	2.569	29	299740046,8	27913750,02	127670636,7	205308959,8
2020	GOIÁS (GO)	6.202	54	638801067,6	41429866,16	241987796,7	147770076,4
2020	MARANHÃO (MA)	26.443	53	330548283,1	21307049,85	140089176,6	128635536,3
2020	MATO GROSSO (MT)	3.547	27	129177207,8	16332898,2	124164812,6	110011338,7
2020	MATO GROSSO DO SUL (MS)	5.297	46	205043669,3	10458807,54	116004813,2	211731482,7
2020	MINAS GERAIS (MG)	10.325	202	2154480550	161499243,8	723834515,7	587585375
2020	PARÁ (PA)	18.037	92	248316672,5	31429992,83	147017270,9	143561307,5
2020	PARAÍBA (PB)	3.297	63	411371906,6	44557835,88	98622224,38	98961856,38
2020	PARANÁ (PR)	14.221	98	1285987224	149543350,6	492144361,6	677200846,7
2020	PERNAMBUCO (PE)	5.049	207	394234111,8	39566547,11	224823833,4	540093449,6
2020	PIAUI (PI)	5.679	40	260383711,9	15216481,67	99069288,79	106510221,6
2020	RIO DE JANEIRO (RJ)	3.652	49	1640261806	173048436,8	865369730,7	943813847
2020	RIO GRANDE DO NORTE (RN)	1.812	20	281185253,4	9990280,69	119257007	78682894,74
2020	RIO GRANDE DO SUL (RS)	4.814	111	1648052454	110905869,4	503593779,6	358959532,2
2020	RONDÔNIA (RO)	2.566	19	112229197,3	6537262,83	27630381,44	21037110,72
2020	RORAIMA (RR)	787	8	60703349,02	5743381,81	16360560,77	8531716,61
2020	SANTA CATARINA (SC)	3.841	67	621463965,8	80048507,08	223732014,9	386978472,6
2020	SÃO PAULO (SP)	14.126	296	4526328977	566078162,4	2144779679	2835985348
2020	SERGIPE (SE)	936	25	266643065,7	28473485,58	91114691,11	91000042,58
2020	TOCANTINS (TO)	1.100	10	106104122,1	7072489,59	42142655,02	44166765,19

X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
0	357248,56	0	61012,19	56077,03	5329,65	5227,69
1328896,16	23448030,51	46225508,62	217647,84	132839,18	26504,02	22676,98
0	0	20577527	66944,27	61004,84	3315,2	3161,91
37457203,76	8385230,61	89680753,14	288423,05	193072,15	22615,59	21335,14
4839792,89	366082475,4	110905701,1	886801,12	724850,54	292799,33	234241,72
77413072,55	145580413,6	10036728,76	500023,76	420846,68	109163,84	92367,35
0	30491611,01	22055092,11	251705	233165	140241	140241
282942,02	110031954,3	19640370,93	331960,79	330333,85	125309,97	91725,56
25200055,5	272123409,1	143177803,3	436326,97	358628,55	186376,55	171936,61
3000	6641394,03	55770811,71	493817,11	170566,22	56981,72	22776,44
15000	40124269,66	15840573,87	350669,75	231827,29	72215,38	60364,4
0	49334009,55	124627759,1	241075,32	97046,69	63502,14	63361,45
295023	351041292,2	341940823,6	1663689,63	1463308,58	823986,74	446858,23
7001	21694043,55	-904842,62	332911,06	156273,73	21717,24	12660,02
354832,47	90976768,24	11680868,76	218200,61	209265,56	68969,59	56015,8
369369,03	375273391,7	369556407,9	843859,89	624981,78	408005,95	407469,15
0	79123078,28	16290326,36	647295,92	580215,14	130423,93	95669,34
23080	13187956,09	155195132,5	234554,1	138982,99	20112,87	16370,07
87328462,26	369907889,5	117137646,2	2236696,92	1902808,3	724677,41	501475,97
0	81115582,97	2172059,1	247135,29	91566,08	40097,55	38237,01
2372225,08	304536563	86974630,23	1013472,39	880763,67	183118,18	142357,46
0	13495044,43	4029784,86	120646,95	67375,6	4704,01	3324,11
0	10016416,83	9269067,05	63482,51	33490	19727,88	18750,88
50921592,97	180995309,9	71314483,38	591660,25	554939,17	101634,79	99877,27
115536506,4	1341676249	404178125,1	4557802,13	3774421,45	2304621,28	1958786,04
80013,97	63026981,42	3427128,75	169800,11	150898,5	30747,99	23276,02
0	43138870,39	7966916,11	104655,01	59317,01	18456,85	18174,65

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do SNIS 2023.

**Anexo 5: Dados Saneamento-Internamentos-Óbitos fornecidos pelo SNIS e Instituto Trata Brasil (2021).**

ANO	ESTADO	Y1	Y2	X1	X2	X3	X4
2021	ACRE (AC)	1.116	10	38979014,01	18894510,54	28336634,66	5506200,41
2021	ALAGOAS (AL)	1.791	22	168018293,4	13236712,05	125977986	158128987,6
2021	AMAPÁ (AP)	524	2	41312070,62	12324473,15	12434902,66	3231502,2
2021	AMAZONAS (AM)	4.869	40	68619956,33	21748186,44	79224807,67	83406690,27
2021	BAHIA (BA)	9.269	131	991748338,9	128795128,7	376255389,6	904162814,8
2021	CEARÁ (CE)	8.741	80	377534371,8	67441306,31	177815730,7	281718745
2021	DISTRITO FEDERAL (DF)	2.077	7	826112655,9	45792083,34	157588798	242393784,6
2021	ESPÍRITO SANTO (ES)	1.138	14	307787986,1	27361490,55	173793509,2	126433611,3
2021	GOIÁS (GO)	4.432	52	669611065,4	41102233,15	249456029,8	178134089,1
2021	MARANHÃO (MA)	22.905	52	328517755,8	20458094,79	163106640,5	138211552,9
2021	MATO GROSSO (MT)	2.564	29	138203144,3	19065423,28	145368945,5	113516308
2021	MATO GROSSO DO SUL (MS)	2.279	40	204647699,9	12088412,74	132365307,3	222591905,2
2021	MINAS GERAIS (MG)	7.058	145	2428876995	154161501,4	875945126,9	632456861
2021	PARÁ (PA)	14.992	74	259305381,9	33406381,66	168440639,4	163153819,3
2021	PARAÍBA (PB)	2.872	39	416970506,4	27626782,24	121010651,7	108716530
2021	PARANÁ (PR)	5.973	62	1150719626	147289091,5	616381267,5	691034954,5
2021	PERNAMBUCO (PE)	5.517	200	400889734,1	43055554,96	314527651,6	587062442,9
2021	PIAUI (PI)	5.984	24	174652901,3	14846271,83	113115802,8	104215575,6
2021	RIO DE JANEIRO (RJ)	3.293	31	1805013389	210551024,4	1198134285	1022377360
2021	RIO GRANDE DO NORTE (RN)	1.159	19	352661001,2	8709396,43	128244015,6	94822026,86
2021	RIO GRANDE DO SUL (RS)	3.977	83	1775802080	130388456,7	556985337,7	694365199,6
2021	RONDÔNIA (RO)	2.121	17	120852931,1	5620879,87	31724838,23	31684989,56
2021	RORAIMA (RR)	714	11	72193058,78	6959308,05	14757621,93	34801637,84
2021	SANTA CATARINA (SC)	2.769	77	691239136,5	77842947,36	276481347,1	442903038,8
2021	SÃO PAULO (SP)	9.324	207	4523188103	619692924,6	2594921326	3310685564
2021	SERGIPE (SE)	764	16	262646669,6	18373083,89	110669119,1	105426905,8
2021	TOCANTINS (TO)	690	9	110435465,1	7454342,39	43894891,55	35605083,9

X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
0	435140,01	0	96801,65	83640,44	5405,56	3424,8
		-				
89876379,26	41825514,17	24888450,92	207303,37	133354,74	26077,29	17629,72
0	0	0	66107,97	59768,99	3040,51	2920,15
35228572,81	9030908,99	22852150,66	313927,49	199653,22	20275	19368
		-				
5508372,19	356920403,7	160854020,6	905813,91	762384,21	286717,63	238672,64
75370587,72	217779152,7	39855827,91	518035,42	435172,34	115556,16	95683,52
0	115957848,1	15124039,14	254016,26	234996,51	134901	134901
0	120389818,6	21567581,64	339669,56	338297,39	125304,56	92093,18
23864403,74	281319606	135786752,4	442884,45	361345,43	192519,37	179557,67
0	10180459,26	51845011,72	515402,16	188777,73	47195,11	17326,11
5000	47662203,06	29557972,29	361046,71	247807,36	80947,92	69422,58
0	54141626,04	142373022,7	243491,8	95499,14	65780	65665,38
307199,99	372570220	284481654,9	1669023,61	1305659,02	831508,51	482837,11
		-				
5000	21203025,25	13959405,93	345821,83	164007,61	23458,45	14762
167126,96	99271355,98	30937179,21	199444,23	194943,45	72604,94	57438,37
286351,17	407125828,7	426119325,1	831340,84	612592,68	405940,73	405357,97
0	86849152,48	28555216,74	617904,2	554221,94	139862,68	104955,83
45100	14971986,12	36559066,17	252509,13	149261,72	20299,51	17683,83
403758804,9	544903907	171161694,7	2266214,39	1910284,57	713077,66	502972,31
0	89590299,87	10779562,99	248778,76	92425,05	42918,44	38694,39
		-				
2554021,62	297888255,8	23974236,04	1011381,52	876122,23	178630,82	141269,48
0	27788305,07	5424219,16	115193,03	67159,59	6581,94	3674,73
0	10558957,33	0	70094,09	28525,71	21413,19	20520,19
51893304,28	197075542,3	88722661,88	605218,74	577202,28	110573,78	108810,54
116869711,8	1486523819	902990018	4540274,48	3714454,5	2317502,61	1978653,69
2281030,2	88707488,89	39221,33	164795,6	145641,23	38754,78	28589,38
0	55555920,41	13094379,96	114931,94	62019,8	19954,19	19660,19

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do SNIS 2023.