

## EFICIÊNCIA DOS GASTOS PÚBLICOS MUNICIPAIS COM SANEAMENTO NO CEARÁ E SEUS DETERMINANTES SOCIODEMOGRÁFICOS

Rozilania Rodrigues Chaves<sup>1</sup>  
Manoel Alexandre de Lucena<sup>2</sup>  
Eliane Pinheiro de Sousa<sup>3</sup>

### RESUMO

Diante da relevância de se avaliar a alocação dos recursos públicos com saneamento básico, este estudo se propõe a analisar a eficiência dos gastos públicos municipais com saneamento no Ceará e seus determinantes sociodemográficos. Para construir as fronteiras de eficiência técnica e de escala, utilizou-se o método não paramétrico de *Data Envelopment Analysis* (DEA) com orientação *output* e para aferir os determinantes sociodemográficos da eficiência para os quantis 0,05; 0,50 e 0,95 da distribuição, empregou-se o modelo de regressão quantílica, com base nos dados de 2018 do Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI), do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Os resultados indicam que mais de 95% dos municípios cearenses analisados registraram escores de eficiência técnica com retornos constantes de escala e eficiência de escala abaixo de 0,25. Verifica-se também que a densidade demográfica influencia positivamente o grau de eficiência dos gastos públicos municipais cearenses com saneamento, enquanto a variável que capta o efeito conjunto da densidade demográfica dos municípios da RMF reflete de forma negativa no nível de eficiência dos gastos com saneamento no Ceará.

**Palavras-chaves:** Saneamento básico; DEA; Regressão quantílica.

### EFFICIENCY OF THE MUNICIPAL PUBLIC SPENDING ON SANITATION IN CEARÁ AND ITS SOCIODEMOGRAPHIC DETERMINANTS

### ABSTRACT

Given the importance of evaluating the allocation of public resources in basic sanitation, this study seeks to analyze the efficiency of public municipal spending on sanitation in Ceará and its sociodemographic determinants. To establish the frontiers of technical and scale efficiency, the nonparametric Data Envelopment Analysis (DEA) method with output orientation was used, and to assess the sociodemographic determinants of efficiency for the quantiles 0.05; 0.50 and 0.95 of the distribution, the quantile regression model was used, based on 2018 data from the Brazilian Public Sector Accounting and Tax Information System (SICONFI, acronym in Portuguese), the National System of Information on Sanitation (SNIS, acronym in Portuguese), the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, acronym in Portuguese) and the Institute of Economic Research and Strategy of Ceará (IPECE, acronym in Portuguese). The results indicate that more than 95% of the municipalities of Ceará analyzed exhibited technical efficiency scores with constant returns to scale and scale efficiency below 0.25. It is also verified that the demographic density positively influences the level of efficiency of Ceará's municipalities' public spending on sanitation, whereas the variable that captures the combined effect of the demographic density of the municipalities of the Fortaleza Metropolitan Region (RMF, acronym in Portuguese) negatively reflects the efficiency level of the spending on sanitation in Ceará.

**Keywords:** Basic Sanitation; DEA; Quantile Regression.

<sup>1</sup> Graduanda em Ciências Econômicas na Universidade Regional do Cariri (URCA) e Bolsista de Iniciação Científica PIBIC CNPq. E-mail: rozilaniachaves05@gmail.com

<sup>2</sup> Economista pela Universidade Regional do Cariri (URCA) e Pesquisador do Grupo de Pesquisa em Economia Aplicada (GPEA). E-mail: manoelalex123@gmail.com

<sup>3</sup> Professora da Universidade Regional do Cariri (URCA) e Bolsista de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica (BPI) da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP). E-mail: pinheiroeliane@hotmail.com



JEL: C14; C21; H21.

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2000, a agenda da Organização das Nações Unidas (ONU) anunciava os oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) assumidos pelos países membros que abrangiam ações específicas de combate à fome e à pobreza associadas à implementação de políticas de saúde, saneamento, habitação, dentre outras (ROMA, 2019). Segundo Sherrill (2021), o ano de 2015 marcou o limite para a obtenção dos ODM, estabelecidos, em 2000, pelas Nações Unidas, e, assim, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que são 17 objetivos e 169 metas a serem alcançadas até 2030, foram instituídos em substituição aos ODM, construídos sobre o seu legado e prometendo concluir o que estes não conseguiram alcançar.

Dentre os objetivos da Agenda 2030, o ODS 6 trata do saneamento básico: assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. Nesse quadro, porém, Souza *et al.* (2015) apontam que, no início do século XXI, milhões de pessoas ainda viviam à margem de serviços públicos básicos fundamentais, como o saneamento básico. Esse setor inclui o acesso à água potável, o serviço de coleta e tratamento de esgotos e resíduos sólidos, além do manejo de águas pluviais urbanas.

Não diferente de muitos países em desenvolvimento, o Brasil ainda não difundiu totalmente o acesso a tais serviços. A esse respeito, Rodrigues (2021) destaca que, embora haja uma quase universalização da presença de abastecimento por rede geral de água (99,6%), ainda permanece o grande *déficit* na coleta de esgotamento sanitário, uma vez que apenas 60,3% dos municípios brasileiros informavam que tinham serviço de coleta de esgoto, conforme dados do Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013).

Dentre os diversos problemas associados à ausência ou precariedade de saneamento nas cidades, Lima (2017) ressalta os relacionados ao esgotamento inadequado de águas residuais que acarretam a contaminação de reservas hídricas fluviais, subterrâneas e marinas, além dos solos, ameaçando os seres humanos e o meio ambiente.

Com relação aos instrumentos legais no âmbito do saneamento básico, a Política Nacional de Saneamento Básico foi alterada com a promulgação da Lei nº 14.026, de 15.07.2020, que atribuiu à Agência Nacional de Águas a competência para editar normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento, além dos recursos hídricos. Essa lei consolidou o conceito integrado de saneamento, característico da visão ambiental do desenvolvimento sustentável e inclui o manejo de resíduos sólidos e do lixo urbano, o esgotamento sanitário, o manejo de águas pluviais e o abastecimento de água (SHERRILL, 2021).

Conforme Leoneti, Prado e Oliveira (2011), apesar de o setor ter recebido maior atenção governamental e existir uma quantidade significativa de recursos a ser investido, é necessário que além de gerar os benefícios esperados quanto à melhoria da qualidade da água e dos índices de saúde, estes investimentos atendam os padrões mínimos de qualidade, garantindo a sua sustentabilidade. Além do caráter sustentado, almeja-se que os investimentos sejam eficientes e homogêneos pelo território nacional. Contudo, ao analisar a eficiência das empresas prestadoras de serviços de água e esgoto de acordo com a localização, Carmo e Távora Júnior (2003), constataram que a região Nordeste, onde se localiza o Ceará, objeto deste estudo, é a mais ineficiente entre as cinco grandes regiões.

No que tange ao Ceará, Silva (2009) aponta que existe um elevado esforço do Estado no provimento de condições adequadas ao acesso de água e a rede de esgotos. Entretanto, Bittelbrunn *et al.* (2016) mencionam que o estado cearense registrou eficiência técnica dos gastos com saneamento básico abaixo da média nacional e Nunes, Ferreira e Sousa (2018) ressaltam que ocorrem grandes dispersões nos municípios cearenses no que diz respeito ao nível de desempenho na provisão dos serviços de saneamento básico, sendo necessários estudos com vistas a justificar a referida heterogeneidade e buscar homogeneizar tal desempenho.

Para Barbosa e Bastos (2014), é inegável a importância de um plano com o intuito de ampliar o acesso aos serviços de saneamento básico, mas a análise empírica demonstra que o emprego de vultosos aportes de recursos no setor não resultou em melhorias produtivas na prática e, dessa forma, a busca pela melhoria da eficiência operacional das prestadoras passa a ser um dos desafios para a modernização e ampliação dos serviços deste setor.

Nesta perspectiva, Ohira e Shirota (2005) argumentam que, diante das interrelações existentes entre os sistemas de saúde, saneamento, conservação do recurso e crescimento econômico, a literatura tem sido enfática na necessidade de melhorar a eficiência do segmento. De acordo com Mendes e Sousa (2006), políticas destinadas ao saneamento básico, que sejam capazes de aumentar a esperança de vida, têm ocasionado a redução das despesas médias locais.

Na busca por soluções para tornar as empresas mais produtivas, o estudo da eficiência é imprescindível, tendo em vista que ajuda na escolha de uma conduta ótima e oferece subsídios ao governo para regulamentar o setor (CARMO; TÁVORA JUNIOR, 2003). A esse respeito, Ohira e Shirota (2005) complementam que a análise de eficiência poderá colaborar tanto em termos legais para a regulação do setor e definições de políticas tarifárias, de preços e de subsídios e identificação de deficiências no sistema, quanto em termos sociais, como a abrangência geográfica e a delimitação de prioridades de uma sociedade.

Oliveira e Ervilha (2019) destacam a necessidade de ações governamentais efetivas, para que haja eficiência nas políticas públicas, e, por consequência, promova expressivas melhorias no sistema de saneamento básico e redução das desigualdades. Neste contexto, Vilanova Neta (2021) mencionam que este tipo de avaliação reveste de importância, pois a simples existência do serviço não assegura seu pleno funcionamento, sendo necessário que apresente um grau de eficiência que lhe permita fazer frente à demanda em termos quantitativos e qualitativos.

Diante de sua relevância, esta questão tem ocupado elevado espaço nas agendas de pesquisa. Entre as publicações internacionais recentes considerando como área de estudo o Brasil, destacam-se Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020) e Pereira *et al.* (2022). No que diz respeito às publicações nacionais, podem-se citar estudos realizados nos estados brasileiros (CARMO; TÁVORA JUNIOR, 2003; SAMPAIO; SAMPAIO, 2007; BARBOSA; BASTOS, 2014; BITTELBRUNN *et al.*, 2016; CRUZ; MOTTA; MARINHO, 2019) e em municípios pertencentes a um estado, como São Paulo (OHIRA; SHIROTA, 2005); Tocantins (VALDEVINO *et al.*, 2010); Rio de Janeiro (HORA *et al.*, 2015); Santa Catarina (PORTELLA; SANTOS; BORBA, 2018); Minas Gerais (MEDEIROS; RODRIGUES, 2019; OLIVEIRA; ERVILHA, 2019); Goiás (GUIMARÃES; CARVALHO, 2020); e Rio Grande do Norte (LIMA; CARVALHO; OLIVEIRA, 2020). No caso do Ceará, observa-se que tal discussão

quanto à eficiência dos dispêndios públicos municipais com saneamento básico e seus determinantes sociodemográficos ainda não foram abordados nesta literatura especializada. Estas lacunas são preenchidas neste estudo.

Neste sentido, este estudo se propõe analisar a eficiência dos gastos públicos municipais com saneamento no Ceará e seus determinantes sociodemográficos. Para tal, utiliza-se o método não paramétrico de *Data Envelopment Analysis* (DEA) para construir a fronteira de eficiência técnica e de escala, considerando os gastos públicos com a função saneamento e os indicadores de abastecimento de água; e a regressão quantílica para aferir os determinantes sociodemográficos da eficiência.

Além desta introdução, o presente estudo possui mais quatro seções. Na segunda, apresenta-se a revisão de literatura; a terceira descreve os procedimentos metodológicos adotados, enquanto a quarta e a quinta se dedicam, respectivamente, a análise e discussão dos resultados e as considerações finais.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Conforme descrito, a eficiência dos gastos públicos municipais com saneamento no contexto brasileiro tem sido discutida em publicações internacionais, em que se ressaltam os estudos atuais desenvolvidos por Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020) e Pereira *et al.* (2022) e em publicações nacionais, como realizados por Carmo e Távora Junior (2003); Sampaio e Sampaio (2007); Barbosa e Bastos (2014); Bittelbrunn *et al.* (2016); e Cruz, Motta e Marinho (2019). Ainda se tratando do Brasil, mas em recortes municipais por estados, pode-se citar os estudos de Ohira e Shirota (2005); Valdevino *et al.* (2010); Hora *et al.* (2015); Portella, Santos e Borba (2018); Medeiros e Rodrigues (2019); Guimarães e Carvalho (2020); e Lima, Carvalho e Oliveira (2020).

Carmo e Távora Junior (2003) determinaram o grau de eficiência técnica das 26 companhias estaduais de saneamento básico para o ano 2000 mediante o método DEA, em que calcularam os escores de eficiência técnica e de escala. Os resultados mostraram que a ineficiência técnica foi mais expressiva que a ineficiência de escala.

Ohira e Shirota (2005) estimaram a eficiência das empresas do setor de saneamento básico considerando uma amostra de 179 municípios do estado de São Paulo para 2002, utilizando o método da fronteira estocástica. Os resultados revelam

que é possível reduzir os custos médios dessas empresas, mantendo os níveis atuais de serviços ou melhorar os serviços, mantendo os custos atuais.

Sampaio e Sampaio (2007) mostraram a influência da política na eficiência dos serviços de saneamento no Brasil, considerando 36 empresas localizadas nas cinco regiões brasileiras, nos anos de 1998 a 2003. Para tal, utilizaram o método DEA orientado a produto e, para estimar os determinantes da eficiência, empregaram o método econométrico dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Com base na pesquisa, a reeleição e a coexistência de partidos na esfera municipal e estadual exercem influência sobre a eficiência das empresas prestadoras dos serviços de saneamento, destacando a necessidade de proteção da gestão das empresas, assim como definição de um marco regulatório objetivando aumento da eficiência e/ou redução dos índices de ineficiência.

Valdevino *et al.* (2010) avaliaram a eficiência do saneamento básico no combate a um grupo de endemias, em especial, as de veiculação hídrica, em uma amostra de 93 municípios tocantinenses em 2006, por meio do método DEA. Os resultados mostraram que uma parte da amostra apresenta grande discrepância com relação à média e os índices de eficiência são os menores, não sendo possível uma comparação global. Assim, no que se refere à eliminação das doenças de veiculação hídrica, torna-se necessária uma redução extrema de casos para assim atingir a eficiência.

Barbosa e Bastos (2014) mensuraram a eficiência das prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário utilizando dados referentes ao ano de 2010 por meio da metodologia DEA, com destaque para a prestadora de serviços do estado do Pará (COSANPA). Das 24 prestadoras de serviços com dados disponíveis para todas as variáveis, apenas sete apresentaram máxima eficiência técnica, dentre elas, a CAGECE, prestadora de serviço do estado do Ceará, objeto deste estudo, enquanto outras 17 registraram algum índice de ineficiência. Das sete tecnicamente eficientes, somente cinco empregaram retornos constantes de escala. A COSANPA foi classificada como ineficiente tanto em termos técnicos quanto de escala.

Hora *et al.* (2015) analisaram a eficiência dos serviços referentes ao saneamento básico para uma amostra de 89 municípios do estado do Rio de Janeiro em 2011, utilizando DEA VRS e o coeficiente de correlação de Pearson para

verificar a relação da população rural e PIB *per capita* com a eficiência dos serviços de saneamento básico. Os resultados mostraram que apenas 15 municípios analisados são plenamente eficientes, destacando que a maioria dos municípios menores é ineficiente, devido à indiferença dos gestores em fornecer somente os serviços de água, deixando esquecido o fornecimento dos serviços de esgotamento sanitário. Verificaram que os serviços de água e esgotamento sanitários prestados à população urbana são melhores que os da população rural, sendo que o PIB *per capita* não possui influência sobre os índices de eficiência dos serviços.

No estudo de Bittelbrunn *et al.* (2016), analisou-se a eficiência dos gastos públicos com saneamento básico nos estados brasileiros e no Distrito Federal entre os anos de 2012 a 2014, utilizando o método DEA com orientação produto para aferir as eficiências técnicas e de escala. Em 2012, seis estados analisados mostraram-se eficientes tecnicamente, e 12 tiveram resultados inferiores à média. Em 2013, os mesmos seis foram eficientes, mas 13 tiveram resultados abaixo da média. Já, em 2014, 10 foram eficientes e 13 ficaram abaixo da média. Considerando as eficiências técnicas e de escala, apenas o estado do Paraná foi eficiente em todos os anos analisados.

Portella, Santos e Borba (2018) buscaram aferir a eficiência dos investimentos em saneamento básico das empresas responsáveis por esse setor para uma amostra de 27 municípios de Santa Catarina mediante o método DEA com retornos constantes e variáveis de escala e procuraram identificar os fatores que influenciam tal eficiência utilizando modelos de regressão Tobit com dados em painel e com efeitos aleatórios. Constataram uma relação positiva entre densidade demográfica com a escala de eficiência.

Cruz, Motta e Marinho (2019) estudaram a eficiência do setor após a implantação da Lei Nacional do Saneamento Básico em uma amostra contendo as 27 prestadoras representativas de cada ente da Federação de 2006 a 2013. Para tal, empregaram o método DEA para uma análise estática e o índice de Malmquist para uma análise dinâmica do período. Os resultados revelaram baixos níveis de eficiência e elevada heterogeneidade entre o desempenho das prestadoras.

Medeiros e Rodrigues (2019) avaliaram o impacto das políticas públicas municipais sobre a prestação eficiente e a universalização do acesso aos serviços de saneamento para uma amostra de 327 municípios de Minas Gerais em 2013.

Para tal, utilizaram as técnicas DEA, *Probit* e *Propensity Score Matching (PSM)*. Os resultados mostraram predominância de retornos decrescentes de escala. A partir do modelo *Probit*, indicaram que o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e a existência de consórcios e/ou convênios em um dado município são fatores importantes para que este implemente política pública em saneamento. Verificaram ainda que, mediante o método *PSM*, não houve diferenças significativas nas medidas de eficiência técnica das empresas que adotaram as políticas e as que não implementaram.

Guimarães e Carvalho (2020) buscaram avaliar a eficiência utilizando a modelagem DEA, e a eficácia pelos índices de atendimento de água e esgoto nos municípios de Goiás, em 2016. Os dados foram agrupados nas cinco mesorregiões goianas, sendo que as regiões com melhores índices também são as que receberam a maior parte dos investimentos.

Lima, Carvalho e Oliveira (2020) analisaram a eficiência dos gastos com saneamento básico em uma amostra de 37 municípios do estado do Rio Grande do Norte no período de 2008 a 2017, utilizando o método DEA, com retornos constantes (CRS) e variáveis (VRS). Os resultados apontaram que municípios mais populosos ou com maiores PIB *per capita* ou maiores IDHM, não necessariamente, apresentaram maiores escores de eficiência. Verificaram também que os melhores resultados ocorreram em 2009 e os piores em 2016, ou seja, houve uma perda de eficiência, mesmo com aumento dos gastos no setor. Diante disto, destaca-se a negligência na administração dos recursos e a dificuldade de expansão dos sistemas de esgotamento sanitário, principalmente os sistemas de esgotos.

Cavalcanti, Teixeira e Pontes (2020) procuraram avaliar o nível de eficiência técnica de empresas que realizam a gestão integrada do saneamento básico em 1.628 municípios brasileiros, nos anos de 2008 e 2016, a fim de identificar mudanças na operação descentralizada de serviços, após o marco regulatório do setor em 2007. Para tal, aplicaram um modelo *Multiple Data Envelopment Analysis (M-DEA)*. Os resultados mostraram que a eficiência técnica da maioria dos municípios brasileiros (57,7%) está abaixo da média nacional no período estudado, sinalizando a existência de uma margem superior a 60% para melhoria na prestação de serviços. Estima-se que o aumento da eficiência técnica poderia ampliar o acesso à água encanada e à rede coletora de esgoto no Brasil em cerca de 17%, dados os



níveis atuais de infraestrutura, recursos humanos e financeiros no setor. A cobertura da população com saneamento básico no Brasil passaria de 59,9% para 76,5% da população.

Pereira *et al.* (2022) analisaram os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas 95 maiores cidades brasileiras, utilizando as técnicas DEA e SFA entre 2013 a 2018. Os resultados revelaram que os provedores privados são mais eficientes do que os provedores públicos no abastecimento de água. Para o serviço de esgotamento sanitário, não encontraram diferenças significativas entre prestadores públicos e privados.

Dentre esse conjunto de trabalhos citados, apenas Carmo e Távora Junior (2003), Barbosa e Bastos (2014), Bittelbrunn *et al.* (2016) e Cruz, Motta e Marinho (2019) contemplaram o estado do Ceará, porém não em termos municipais. Ademais, este presente estudo inova ao identificar os determinantes sociodemográficos da eficiência dos gastos públicos municipais com saneamento aplicando o método de regressão quantílica, que não foi utilizado nesta literatura mencionada.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Área de estudo e seleção da amostra**

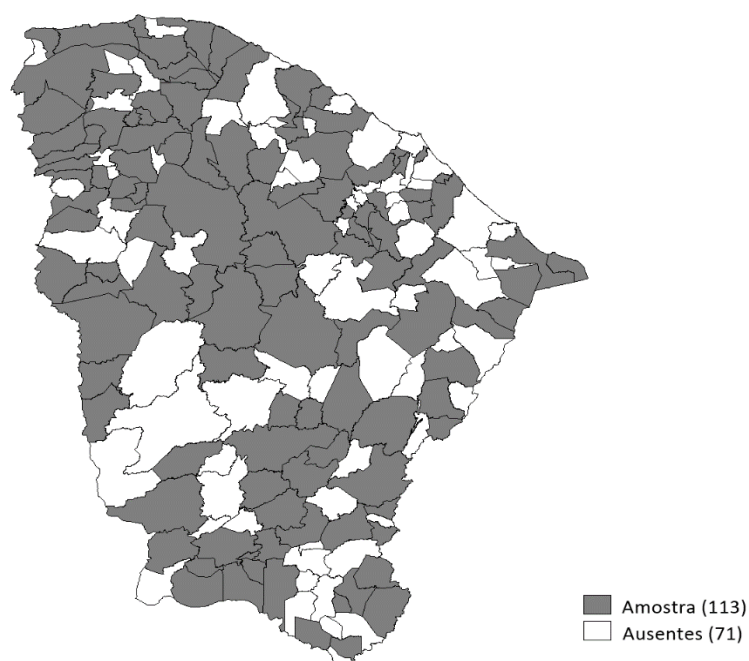
Localizado na região Nordeste, o Ceará é uma das 27 unidades federativas brasileiras. Segundo informações do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2021), o Ceará é limitado ao leste pelo Rio Grande do Norte e Paraíba; ao sul pelo Pernambuco; ao oeste pelo Piauí e ao norte e nordeste é banhado pelo oceano Atlântico.

Em 2010, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) contabilizou a população cearense em 8,4 milhões de habitantes. Esse contingente populacional é distribuído em 184 municípios, perfazendo uma área de 148.894,44 quilômetros quadrados. Ademais, o Ceará apresenta três regiões metropolitanas (Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), do Cariri (RMC) e de Sobral (RMS)) e com a classificação adotada pelo IBGE em 2017, os municípios do Ceará estão distribuídos em 18 regiões geográficas imediatas e seis regiões intermediárias (IBGE, 2017).

Em relação à situação dos serviços de saneamento, dados do IPECE (2017), para 2016, revelam que a taxa de cobertura para o abastecimento de água perfazia 91,8% para a população urbana e 38,6% para a rural. No caso do esgotamento sanitário, 31,7% da população urbana tinha acesso e somente 0,2% da população rural. Em 2018, dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR, 2019), localizaram o Ceará com índice médio de atendimento urbano de água entre 60% e 80%.

Seguindo esta faixa e considerando a necessidade de indicadores com valores diferentes de zero para a mensuração da eficiência, neste estudo, consideram-se 113 municípios cearenses que representam 61,40% dos municípios desta unidade federativa. A distribuição espacial desta amostra de municípios é apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Distribuição espacial dos municípios cearenses considerados na amostra



Fonte: Elaborada pelos autores com base na pesquisa (2022).

Ressalta-se que apesar de a amostra contemplar cerca de 61% dos municípios cearenses, a Figura 1 mostra que há representativa em termos de distribuição espacial no estado do Ceará.

### 3.2 Métodos analíticos e fontes dos dados

Buscando aferir os escores de eficiência técnica e de escala dos gastos públicos municipais com saneamento básico no Ceará, empregou-se o método não paramétrico de *Data Envelopment Analysis* (DEA). Segundo Sampaio e Sampaio (2007), este método está incluído na abordagem não-paramétrica, em que se estimam modelos de fronteiras de produção por meio de programação matemática para se obter os escores de eficiência. Tal método é fundamentado no estudo de Farrell (1957), sendo difundido por Charnes, Cooper e Rholdes (1978).

O método DEA produz medidas de eficiência relativas entre as unidades analisadas em um dado grupo amostral, em que cada unidade produtiva é considerada como uma DMU (*Decision Making Unit*) (MEDEIROS; RODRIGUES, 2019). Carmo e Távora Júnior (2003, p. 7); Sampaio e Sampaio (2007, p. 373); e Barbosa e Bastos (2014, p.159), ressaltam que “as DMUs realizam tarefas similares e diferenciam-se pelas quantidades dos insumos que consomem e dos produtos que resultam”. Neste estudo, as DMUs foram representadas pelos municípios cearenses.

Para Barbosa e Bastos (2014), essa técnica possibilita uma análise de eficiência comparativa, mostrando como uma DMU está operando em relação às demais que fazem parte do grupo. Neste modelo fechado, não é permitido comparar o resultado de uma DMU avaliada com outra que esteja fora do grupo considerado nem fazer inferência sobre variáveis que não foram previamente selecionadas.

De acordo com Carmo e Távora Júnior (2003), a operacionalização do método DEA requer a realização de três procedimentos: escolha das DMUs; determinação dos insumos e dos produtos; e aplicação do modelo e análise dos resultados, em que devem ser definidos o tipo de retorno de escala (constante ou variável) e o tipo de abordagem (orientada a *input* ou *output*).

Em relação aos insumos e produtos, o detalhamento das variáveis consideradas é indicado no Quadro 1. Os gastos públicos foram obtidos juntos ao Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI) do Tesouro Nacional, ao passo que os indicadores de saneamento foram provenientes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR).

Quadro 1 - Variáveis consideradas como insumos e produtos para cálculo da eficiência dos gastos públicos com saneamento

Variáveis	Descrição das Variáveis	Siglas	Unidades de medida	Estudos que inspiraram o uso das variáveis
Insumo	Gastos públicos <i>per capita</i> com saneamento (despesas pagas)	Gastos_san	R\$/pessoas	Medeiros e Rodrigues (2019)
Produtos	Quantidade de ligações ativas de água <i>per capita</i>	AG002	Unidades	Ohira e Shiota (2005); Sampaio e Sampaio (2007); Barbosa e Bastos (2014); Hora <i>et al.</i> (2015); Bittelbrunn <i>et al.</i> (2016); Guimarães e Carvalho (2020)
	Quantidade de ligações totais (ativas e inativas) de água <i>per capita</i>	AG021	Unidades	Valdevino <i>et al.</i> (2010)
	Quantidade de economias ativas de água <i>per capita</i>	AG003	Unidades	Carmo e Távora Junior (2003); Cruz, Motta e Marinho (2019)
	Volume de água produzido <i>per capita</i>	AG006	1.000 m <sup>3</sup>	Carmo e Távora Junior (2003); Portella, Santos e Borba (2018)
	Volume de água consumido <i>per capita</i>	AG010	1.000 m <sup>3</sup>	Hora <i>et al.</i> (2015); Cruz, Motta e Marinho (2019)

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa (2022).

Para se construir uma fronteira de eficiência por meio do método DEA, pode-se considerar o modelo com retornos constantes de escala (CRS), que admite o axioma da proporcionalidade entre produtos e insumos, e o modelo com retornos variáveis de escala (VRS) (crescentes e decrescentes), que supõe o axioma da convexidade (VALDEVINO et al., 2010). Na percepção de Medeiros e Rodrigues (2019), a ineficiência de escala ocorre em virtude do aumento ou da redução dos retornos de escala, que pode ser obtido verificando-se a soma dos pesos conforme as especificações do modelo com retornos constantes à escala. Caso essa soma seja igual à unidade, significa que prevalecem os retornos constantes de escala, e se for menor ou maior que um, prevalecem, respectivamente, retornos decrescentes de escala e retornos crescentes de escala.

Quanto ao tipo de abordagem, conforme Hora *et al.* (2015), o modelo pode ser orientado a insumo quando se reduz a quantidade de insumos utilizados, mantendo a mesma produção, e pode ser orientado a produto quando se aumenta a quantidade produzida, permanecendo o mesmo uso do insumo. Neste estudo, foram mensurados os escores de eficiência técnica para CRS e VRS e de escala, sob a orientação produto, seguindo a literatura. Barbosa e Bastos (2014) e Medeiros e Rodrigues (2019) escolheram este tipo de orientação, visto ser coerente com a necessidade de expansão do produto, mantendo-se inalterados os insumos empregados no processo produtivo. Além disso, Bittelbrunn *et al.* (2016) ressaltam que tal orientação é apropriada, tendo em vista que no setor público o insumo é fixado por lei.

Admitindo a orientação produto, segundo Coelli, Rao e Battese (1998), os modelos DEA com retornos constantes e variáveis de escala podem ser representados, em termos algébricos, respectivamente, pelas equações (1) e (2):

$$\text{Max}_{\theta, \lambda} \text{, sujeito a : } -\theta y_i + Y\lambda \geq 0, x_i - X\lambda \geq 0 \text{ e } \lambda \geq 0 \text{ (1)}$$

$$\text{Max}_{\theta, \lambda} \text{, sujeito a : } -\theta y_i + Y\lambda \geq 0, x_i - X\lambda \geq 0, N_1\lambda = 1 \text{ e } \lambda \geq 0 \text{ (2)}$$

Em que:  $1 \leq \theta < \infty$  refere-se ao escore de eficiência técnica bruto das unidades tomadoras de decisão;  $(\theta - 1)$  corresponde à elevação proporcional do produto que poderia ser adquirida pela  $i$ -ésima DMU, mantendo-se inalterado o uso de insumos.

Pela expressão  $(\bar{\theta} - 1)$  pode-se obter o montante médio deste lapso de eficiência técnica das DMU's, sendo que  $\bar{\theta}$  corresponde à média de  $\theta$ ;  $1/\theta$  diz

respeito ao escore de eficiência padronizado de uma DMU, com variação de zero a um;  $y$  refere-se ao produto da DMU e  $x$  indica o insumo;  $X$  equivale a matriz de insumos  $(n \times k)$  e  $Y$  reflete a matriz de produtos  $(n \times m)$ ;  $\lambda$  apresenta-se como vetor de constantes que multiplica a matriz de insumos e produtos; e  $N_1$  corresponde ao vetor  $(N \times 1)$  de algarismos unitários.

Para identificar os determinantes associados com a eficiência dos municípios cearenses na alocação dos gastos com saneamento básico, utilizou-se o método de regressão quantílica, proposto, a priori, por Koenker e Bassett (1978). De acordo com tais autores, este método possui benefícios em relação ao método dos Mínimos Quadrados Ordinários, uma vez que gera estimador mais eficiente.

Tendo em vista que as variáveis explicativas não influenciam os diferentes níveis de eficiência técnica dos gastos públicos municipais cearenses com saneamento básico de forma idêntica, foram estimadas regressões para diferentes quantis, em que o  $\theta_{th}$  quantil condicional do nível de eficiência pode ser indicado algebricamente pela equação (3):

$$Q_{\tau}(y_i|X) = X\beta_{\tau}, \tau \in (0,1) \quad (3)$$

Em que  $y_i$  referem-se aos escores de eficiência técnica obtidos no modelo DEA sob a pressuposição de retornos constantes de escala e  $X_i$  referem-se às variáveis capazes de explicar tais índices de eficiência.

Em particular, neste estudo, estimou-se um modelo semilogarítmico representado pela equação (4).

$$\ln CRS_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^9 \beta_j X_{i,j} + \varepsilon_i \quad (4)$$

Em que:  $\ln CRS_i$  representa o logaritmo natural do escore de eficiência com retorno constante a escala do município  $i$ ;  $X_{i,j}$  diz respeito ao rol de variáveis explicativas definidas no Quadro 2.

Quadro 2 - Variáveis explicativas dos escores de eficiência dos gastos públicos com saneamento e as fontes de dados

Variáveis	Descrição	Fontes de dados
<i>rzpopurb</i>	Razão entre a população urbana e total do município	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022)
<i>pibpc</i>	Produto Interno Bruto (PIB) <i>per capita</i>	
<i>dens</i>	Densidade demográfica (habitante/quilômetro quadrado)	
<i>RMC</i>	Igual a 1, se o município pertence à Região Metropolitana do Cariri	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2022)
<i>RMF</i>	Igual a 1, se o município pertence à Região Metropolitana do Fortaleza	
<i>RMS</i>	Igual a 1, se o município pertence à Região Metropolitana de Sobral	
<i>dens * RMC</i>	Capta o efeito conjunto da densidade demográfica dos municípios da RMC	Construídas pelos autores
<i>dens * RMF</i>	Capta o efeito conjunto da densidade demográfica dos municípios da RMF	
<i>dens * RMS</i>	Capta o efeito conjunto da densidade demográfica dos municípios da RMS	

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa (2022)

Ademais, para operacionalização dos métodos apresentados, utilizou-se o *software* R Studio (R CORE TEAM, 2022). Desta forma, para os modelos DEA, recorreu-se ao pacote *Benchmarking* (BOGETOFT; OTTO, 2022) e para a regressão quantílica, a estimação foi feita com o pacote *quantreg* (KOENKER et al., 2022).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção se ocupa da apresentação e discussão dos resultados deste estudo. Desta forma, a primeira subseção se refere aos escores eficiência dos gastos públicos com saneamento, ao passo que a segunda se dedica às discussões relativas aos determinantes sociodemográficos destes escores.

### 4.1 Eficiência dos gastos com saneamento

A Tabela 1 expõe as principais estatísticas descritivas do conjunto de variáveis que fizeram parte da estimação da fronteira de eficiência. Conforme se observa, a maior heterogeneidade, captada pelo coeficiente de variação, ocorre com

a variável *output*, representada neste estudo pelos gastos públicos *per capita* com saneamento. Essa dispersão é mais notável quando se verifica que, dentre a amostra considerada de municípios cearenses, Camocim, localizado na região intermediária de Sobral, se destacou com a maior despesa *per capita* paga com saneamento (R\$491,35), ao passo que Graça, que também integra a região intermediária de Sobral, registrou o menor gasto *per capita* com esse setor (R\$0,02). Dentre os 113 municípios analisados, 18 deles realizaram gastos *per capita* com saneamento que não chegaram a R\$1,00. Em média, o gasto *per capita* realizado com saneamento foi de R\$50,48.

No tocante às variáveis *inputs*, percebe-se que as menores quantidades de ligações ativas e de economias ativas de água *per capita* foram 0,03 em Itatira, enquanto as maiores quantidades registradas de tais variáveis foram 0,48 em Ipaporanga, sediado na região intermediária de Crateús, se manifestando como as mais homogêneas da amostra pesquisada. Os dados revelam que as quantidades médias de ligações ativas e de economias ativas de água *per capita* foram, respectivamente, 0,18 e 0,19. Verifica-se também que a quantidade média de ligações totais de água *per capita* foi de 0,23, sendo que Itatira, que faz parte da região intermediária de Fortaleza, e Aiuaba, que compõe a região intermediária de Juazeiro do Norte, apresentaram, respectivamente, a menor (0,04) e a maior (1,08) quantidade de ligações totais de água por habitante.

Em relação aos volumes produzidos e consumidos de água por habitante, o município de Itatira registrou volumes nulos para essas variáveis. Em contrapartida, Crato, localizado na região intermediária de Juazeiro do Norte, e Limoeiro do Norte, pertencente à região intermediária de Quixadá, se destacaram, respectivamente, com o maior volume produzido (0,12) e consumido (0,09) de água *per capita* da amostra analisada de municípios.



Tabela 1 - Estatísticas descritivas das variáveis consideradas no cômputo da eficiência dos gastos com saneamento nos municípios cearenses em 2018

Variáveis ( <i>per capita</i> )	Mínimo	Médio	Máximo	DP	CV (%)
Gastos_san	0,02	50,48	491,35	74,10	146,78
AG002	0,03	0,18	0,48	0,07	38,64
AG003	0,03	0,19	0,48	0,07	38,82
AG006	0,00	0,03	0,12	0,02	61,75
AG010	0,00	0,02	0,09	0,01	63,35
AG021	0,04	0,23	1,08	0,12	51,65

Nota: DP representa o Desvio Padrão e CV o Coeficiente de Variação

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa (2022)

A distribuição absoluta e relativa dos municípios do Ceará quanto aos escores de eficiência técnica e de escala dos gastos públicos com saneamento encontra-se na Tabela 2. Dos 113 municípios cearenses analisados, verifica-se que a maioria (108 deles, que corresponde a 95,58%) possui escore de eficiência técnica, sob a pressuposição de retornos constantes de escala (CRS), e escore de eficiência de escala abaixo de 0,25, sendo que o menor escore de eficiência técnica CRS foi 0,0001 para os municípios de Lavras da Mangabeira, Deputado Irapuan Pinheiro, Potengi, Tejuçuoca e Cariús e o menor escore de eficiência de escala foi 0,0002 para os municípios de Camocim, Potengi, Deputado Irapuan Pinheiro, Cariús e Lavras da Mangabeira.

Em contrapartida, somente Graça alcançou a máxima eficiência técnica CRS e de escala com escore de eficiência igual à unidade, embora tenha sido o que efetuou o menor gasto com saneamento (R\$0,02 por habitante) em 2018, dentre a amostra considerada. Esse resultado indica que um município pode obter bons resultados em termos de eficiência dos gastos públicos com esse setor, mesmo diante de poucos recursos.

Os dados da Tabela 2 mostram expressivas ineficiências técnicas CRS e de escala (99,12%) nos gastos municipais com saneamento. Segundo Carmo e Távora Junior (2003) e Ohira e Shirota (2005), as ineficiências podem ocorrer devido elevados custos na obtenção de água para abastecimento e/ou dificuldades na implantação das redes de água e esgoto, como também podem ser decorrentes de

deficiências gerenciais na administração das empresas de saneamento, inexistência de competição no setor e falta de fiscalização do uso correto dos recursos orçamentários dessas empresas.

No tocante ao modelo com retornos variáveis de escala (VRS), percebe-se que a maior predominância de municípios se encontra na classe de eficiência técnica de 0,25 a 0,50, uma vez que, dos 113 municípios cearenses considerados, 43 deles fazem parte dessa classe. Dois municípios (Tejuçuoca e Itatira) alcançaram escore de eficiência técnica abaixo de 0,25, sendo que Itatira registrou os menores *inputs* considerados. Verifica-se também que, além de Graça, oito municípios (Aiuaba, Crato, Frecheirinha, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Baturité e Ipaoranga) a mais do que no modelo CRS, estão na fronteira de retornos variáveis. Esses resultados podem estar associados aos fatos que Ipaoranga se destacou com as maiores quantidades registradas de ligações ativas e de economias ativas de água *per capita*; Aiuaba se sobressaiu com a maior quantidade de ligações totais de água *per capita*; enquanto Crato e Limoeiro do Norte tiveram, respectivamente, os maiores volumes produzidos e consumidos de água por habitante.

A respeito do modelo VRS, pode-se inferir ainda que obteve a maior média (R\$0,59 por habitante) dos gastos públicos com saneamento em termos comparativos com o modelo CRS (R\$0,037 por habitante) e de eficiência de escala (R\$0,043 por habitante), porém com o menor coeficiente de variação (37,5), sinalizando a menor heterogeneidade entre os municípios.

Tabela 2 - Distribuições de frequências absolutas e relativas e estatísticas descritivas dos escores de eficiência técnica (CRS e VRS) e de escala dos gastos públicos com saneamento no Ceará em 2018

Estratos de eficiência	Eficiência técnica				Eficiência de escala	
	CRS		VRS		fi	%
	fi	%	fi	%		
$E < 0,25$	108	95,58	2	1,77	108	95,58
$0,25 \leq E < 0,5$	1	0,88	43	38,05	1	0,88
$0,5 \leq E < 0,75$	3	2,65	39	34,51	3	2,65
$0,75 \leq E < 1,0$	0	0,00	20	17,70	0	0,00
$E = 1,0$	1	0,88	9	7,96	1	0,88
Total	113	100	113	100	113	100

Mínimo	0,0001	0,1150	0,0002
Médio	0,0369	0,5945	0,0434
Máximo	1,0000	1,0000	1,0000
Desvio padrão	0,1352	0,2230	0,1375
CV (%)	366,6776	37,5052	316,8596

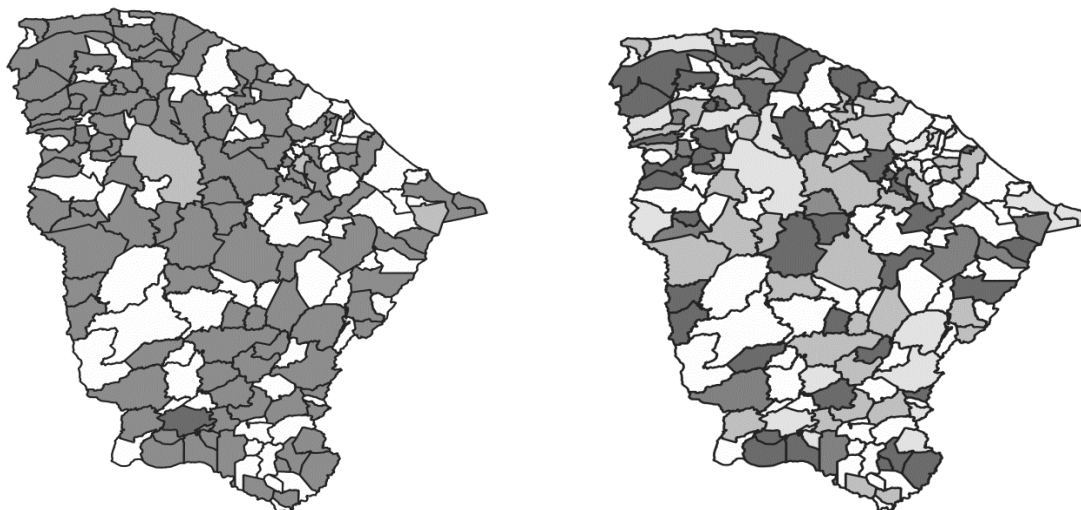
Nota: CV representa o coeficiente de variação.

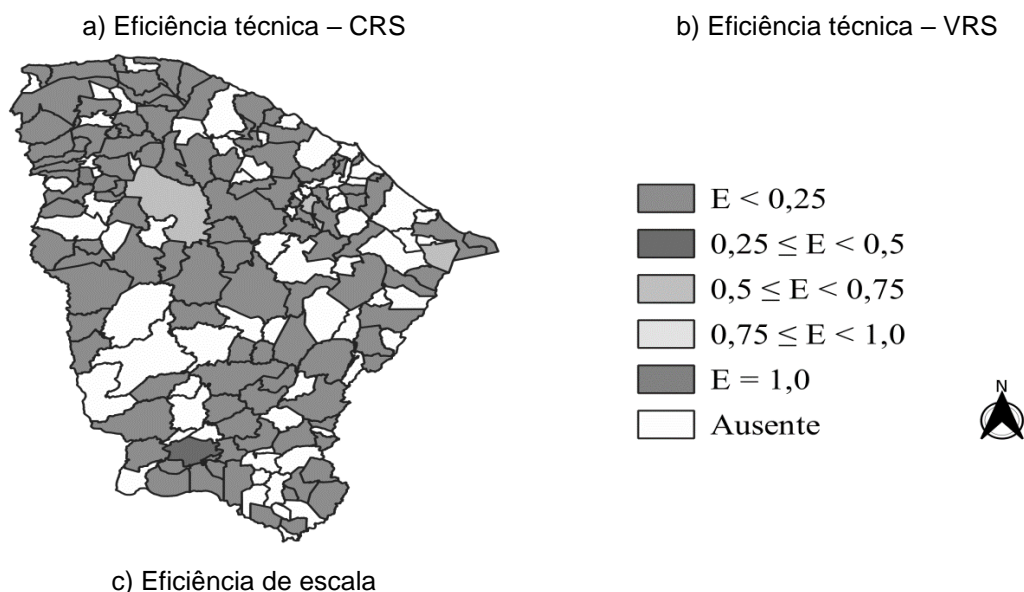
Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa (2022)

Comparando os valores médios dos escores de eficiência CRS, VRS e de escala para o Ceará com a literatura, verifica-se dissonâncias. Em particular, Carmo e Távora Junior (2003) e Barbosa e Bastos (2014) avaliando as prestadoras regionais brasileiras de serviços de água e esgotamento sanitário, verificaram que a companhia de abastecimento do Ceará foi eficiente nos três modelos DEA (CRS, VRS e escala). Já Bittelbrunn *et al.* (2016), em análise para as unidades federativas brasileiras, mostram que apesar do Ceará ter aumentado sua eficiência técnica dos gastos com saneamento básico no período de 2012 a 2014, a média da eficiência foi de 89,03%. Em outra linha, o estudo de Cruz, Motta e Marinho (2019) para as prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário das unidades federativas brasileiras, mostra que eficiência média da região Nordeste, onde se localiza o Ceará, aumentou de 51% para 60% de 2006 para 2013.

A Figura 2 ilustra a localização dos municípios cearenses investigados e a classe de eficiência técnica (CRS e VRS) e de escala que faz parte.

Figura 2 - Distribuição dos escores de eficiência técnica (CRS e VRS) e de escala dos gastos públicos com saneamento nos municípios cearenses em 2018





Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa (2022).

Por outro ângulo, observando a literatura nacional para municípios das unidades federativas brasileiras, os achados de Hora et al. (2015), para municípios do Rio de Janeiro; Portella, Santos e Borba (2018) para Santa Catarina; e Lima, Carvalho e Oliveira (2020) considerando os municípios potiguares, mostram que pequena parcela dos municípios nestes estados são eficientes na alocação dos investimentos com saneamento básico. Este resultado converge para o presente estudo, especialmente para os modelos CRS e de escala, conforme a Tabela 2 e a Figura 2. Em outras palavras, o estado do Ceará tende a apresentar melhor desempenho na eficiência dos gastos com saneamento quando analisado de forma agregada. Essa inferência sinaliza que devido a heterogeneidade entre os municípios cearenses, alguns têm maiores dificuldades no gerenciamento ótimo dos recursos destinados à promoção dos serviços de saneamento.

Ao se comparar os resultados dos escores médios de eficiência técnica e de escala dos gastos públicos municipais com saneamento do Ceará com os obtidos pelos municípios que compõem as Regiões Metropolitanas (RM), percebe-se que as Regiões Metropolitanas do Cariri (RMC) e de Fortaleza (RMF) tiveram escores médios de eficiência técnica, sob a pressuposição VRS, maiores (respectivamente, R\$0,70 e R\$0,62 por habitante) que a média do Estado (R\$0,59 por habitante), ao passo que a Região Metropolitana de Sobral se sobressaiu com os maiores escores médios de eficiência técnica, sob a pressuposição CRS e eficiência de escala, com

respectivamente, R\$0,08 e R\$0,09 por habitante, ao passo que a média registrada pelo estado cearense para esses modelos foi R\$0,04 por habitante.

Tabela 3 - Médias dos escores de eficiência técnica (CRS e VRS) e de escala dos gastos públicos municipais com saneamento no Ceará conforme as Regiões Metropolitanas (RMC, RMF e RMS) em 2018

RM	CRS	VRS	Eficiência de escala
RMC	0,01	0,70	0,01
RMF	0,02	0,62	0,03
RMS	0,08	0,59	0,09
Ceará	0,04	0,59	0,04

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa (2022)

Vale ressaltar que o município de Graça, que se mostrou totalmente eficiente na alocação dos recursos com saneamento básico, faz parte da RMS, influenciando, portanto, os resultados dos escores médios de eficiência técnica CRS e eficiência de escala dessa região metropolitana.

## 4.2 Determinantes da eficiência

Feita a análise da eficiência técnica e de escala dos gastos públicos municipais cearenses com saneamento na seção anterior, nesta busca-se investigar os possíveis determinantes sociodemográficos dos escores de eficiência técnica, sob a pressuposição de retornos constantes. Antes de avaliar esses determinantes, mostram-se, na Tabela 4, as principais estatísticas descritivas das variáveis explicativas dos escores de eficiência técnica dos gastos municipais com esse setor.

Conforme definida na metodologia, as regiões metropolitanas foram representadas por variáveis *dummies*, em que se assume o valor 1 se o município faz parte de uma das regiões metropolitanas e 0, em caso contrário. Dentre as variáveis exibidas na Tabela 4, verifica-se que as regiões metropolitanas (RMC, RMF e RMS) e a densidade demográfica registraram as maiores variabilidades, sendo que o município de Aiuaba apresentou a menor densidade demográfica com 7,11 habitantes por km<sup>2</sup>, ao passo que Maracanaú, pertencente à RMF, se destacou com a maior densidade demográfica dentro da amostra analisada com 2.120,32 habitantes por km<sup>2</sup>. Em média, a densidade demográfica dos municípios cearenses considerados foi 80,04.

Por outro lado, a razão entre a população urbana e total do município foi a que se mostrou mais homogênea entre os municípios avaliados com amplitude de 0,76, em que o município de Eusébio, na RMF, e Aiuaba registraram, respectivamente, a maior e a menor razão. Em termos médios, essa variável foi de 0,55.

No tocante ao Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, o município de Pires Ferreira apresentou o menor PIB por habitante (R\$5.351,79), enquanto São Gonçalo do Amarante, que compõe a RMF, liderou o maior PIB *per capita* (R\$87.086,01) dentro da amostra em análise.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para estimação dos determinantes sociodemográficos da eficiência dos gastos públicos com saneamento nos municípios cearenses em 2018

Variáveis	Mínimo	Médio	Máximo	DP	CV (%)
<i>rzpopurb</i>	0,24	0,55	1,00	0,15	26,38
<i>pibpc</i>	5351,79	11011,43	87086,01	9485,65	86,14
<i>dens</i>	7,11	80,04	2120,32	214,05	267,44
<i>RMC</i>	0,00	0,04	1,00	0,21	466,83
<i>RMF</i>	0,00	0,10	1,00	0,30	305,87
<i>RMS</i>	0,00	0,12	1,00	0,32	278,59

Nota: DP representa o Desvio Padrão e CV o Coeficiente de Variação.

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa (2022).

Ademais, também foram consideradas como possíveis determinantes sociodemográficos, indicados na Tabela 5, as variáveis que captam o efeito conjunto da densidade demográfica dos municípios das regiões metropolitanas cearenses. Como se observa, os parâmetros da variável que capta o efeito conjunto da densidade demográfica dos municípios da RMF foram significantes a 5% nos quantis 0,05 e 0,95 e 10% no quantil 0,50, revelando uma influência negativa com a eficiência dos gastos municipais com saneamento em todos os quantis enfocados.

No tocante aos parâmetros da variável que capta o efeito conjunto da densidade demográfica dos municípios da RMS, nota-se que foram significantes a 5% no quantil 0,50 e 1% no quantil 0,95. Em relação aos parâmetros da variável que capta o efeito conjunto da densidade demográfica dos municípios da RMC, somente mostrou-se significativa a 10% no quantil 0,50.

Além da variável que capta o efeito conjunto da densidade demográfica dos municípios da RMF, os fatores densidade demográfica e o município fazer parte da RMF influenciam os municípios cearenses com menor nível de eficiência técnica dos gastos com saneamento, indicados pelo quantil 0,05. Por outro lado, para os municípios cearenses com maior nível de eficiência técnica dos gastos com saneamento, representados pelo quantil 0,95, verificam-se que as variáveis explicativas densidade demográfica, o município fazer parte da RMS e a variável que capta o efeito conjunto da densidade demográfica dos municípios da RMS, a razão entre população urbana e total do município também registra coeficiente estatisticamente significativo a 5%. O estudo de Hora et al. (2015) também encontrou relação positiva entre a razão da população urbana e total e eficiência dos serviços com saneamento básico nos municípios do Rio de Janeiro.

Tabela 5 - Determinantes sociodemográficos dos escores de eficiência dos gastos públicos com saneamento nos municípios cearenses em 2018

Variáveis	Quantis		
	0,05	0,5	0,95
Intercepto	-9,79368*** (0,81908)	-8,00709*** (0,58013)	-4,07097*** (0,71366)
<i>rzpopurb</i>	0,34332 (1,44838)	0,50870 (1,02586)	2,96983** (1,26197)
<i>pibpc</i>	-0,00001 (0,00002)	-0,00002 (0,00002)	-0,00003 (0,00002)
<i>dens</i>	0,01859** (0,00733)	0,02869*** (0,00519)	0,01329** (0,00639)
<i>RMC</i>	2,46066 (1,76020)	3,47883*** (1,24671)	-0,48035 (1,53365)
<i>RMF</i>	1,96128** (0,86224)	4,22216*** (0,61071)	-0,43019 (0,75127)
<i>RMS</i>	0,92789 (1,27186)	0,76210 (0,90083)	9,73792*** (1,10817)
<i>dens * RMC</i>	-0,00068 (0,02866)	-0,03641* (0,02030)	-0,03823 (0,02497)
<i>dens * RMF</i>	-0,01848** (0,00735)	-0,03039*** (0,00521)	-0,01560** (0,00640)
<i>dens * RMS</i>	-0,01057 (0,01975)	-0,02659** (0,01399)	-0,13442*** (0,01721)

Nota: \*, \*\*, \*\*\* denotam significância estatística a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores com base na pesquisa (2022).

De posse dos resultados da Tabela 5, pode-se inferir também que a variável densidade demográfica dos municípios cearenses exerce efeito positivo em todos os quantis analisados, variando sua magnitude ao longo da distribuição. Isso significa que o aumento da densidade demográfica no município colabora para melhorar a eficiência técnica dos gastos com saneamento. Portella, Santos e Borba (2018) também encontraram uma relação positiva estatisticamente significativa da densidade demográfica com a escala de eficiência nos municípios catarinenses.

Para esses autores, tal relação pode ser atribuída a uma demanda maior dessa função do Estado em municípios mais densamente povoados, ou até mesmo uma atenção mais elevada de tais investimentos para municípios com essa característica. Oliveira e Ervilha (2019) complementam que a concentração populacional está correlacionada com o acesso aos serviços de saneamento básico municipal, uma vez que à medida que cresce a população nos centros urbanos, torna-se maior a demanda por tais serviços, facilitando a provisão dos mesmos.

Quanto à variável PIB *per capita* dos municípios cearenses, percebe-se que não tem influência, uma vez que não apresenta parâmetros significativos nos três quantis considerados. Na mesma linha, Hora et al. (2015) também não encontraram influência do PIB *per capita* na eficiência dos serviços de saneamento dos municípios de Rio de Janeiro. Por outro lado, Portella, Santos e Borba (2018) encontraram efeito positivo do PIB nos escores de eficiência dos recursos aplicados no setor de saneamento nos municípios catarinenses de 2010 a 2013. Assim, no presente estudo, pode-se sinalizar que o crescimento econômico, mensurado pelo PIB *per capita*, não repercute na eficiência dos gastos públicos com saneamento básico no Ceará.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme o que foi discutido no decorrer do artigo, juntamente com a visão de diferentes pesquisadores, percebe-se que os serviços prestados pelo setor de saneamento, principalmente água e esgotamento sanitário, são de fundamental importância para a qualidade de vida e saúde da população, destacando que a eficiência tanto na alocação dos recursos destinados a essa área quanto ao seu fornecimento proporciona ganhos múltiplos. Assim, o objetivo deste artigo consistiu em analisar a eficiência dos gastos públicos com saneamento no Ceará,



considerando os indicadores de abastecimento de água. Além disso, utilizou-se o modelo de regressão quantílica para apontar os determinantes sociodemográficos dos escores de eficiência.

A partir dos resultados encontrados com o método não paramétrico *Data Envelopment Analysis* (DEA), pode-se inferir que, dos 113 municípios estudados, 95,58% deles apresentaram escores de eficiência técnica com retornos constantes de escala abaixo de 0,25, ou seja, 108 deles ficaram distantes da fronteira de eficiência. Assim, verificou-se que apenas o município de Graça pertencente à Região Metropolitana de Sobral, obteve o maior escore de eficiência técnica CRS e de escala, mesmo sendo o que realizou menor dispêndio *per capita* com o setor de saneamento no ano de 2018 (R\$ 0,02 por habitante), mostrando que não necessariamente os municípios precisam gastar mais recursos para operar de forma eficiente.

Considerando o modelo com retornos variáveis de escala, ou seja, incluindo a restrição de convexidade ao modelo, observa-se que a quantidade de municípios ineficientes passa de 99% para 92%. Assim, além do município de Graça, oito também alcançaram a fronteira de eficiência: Aiuaba, Crato, Frecheirinha, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Baturité e Ipaporanga. Esse resultado pode sugerir que tais municípios tenham dificuldade quanto ao tipo de retorno de escala adotado.

Analisando a eficiência dos gastos públicos municipais com saneamento por região metropolitana, sob a ótica de retornos variáveis de escala, cabe destacar as Regiões Metropolitanas do Cariri e de Fortaleza que alcançaram escores de eficiência superiores à média estadual, sendo, respectivamente, R\$ 0,70 e R\$ 0,63 *per capita*. Já a Região Metropolitana de Sobral destacou-se com melhores escores de eficiência técnica com retornos constantes e eficiência de escala.

Diante das análises dos determinantes sociodemográficos da eficiência dos gastos municipais com saneamento no Ceará, constata-se que a densidade demográfica dos municípios influenciou de forma positiva a eficiência técnica dos gastos com saneamento, ou seja, um aumento da densidade demográfica pode proporcionar melhoria na eficiência dos gastos, por outro lado, o PIB *per capita*, não exerceu nenhum efeito. Ambos os resultados podem sinalizar que mesmo que o estado tenha maior preocupação com os municípios mais povoados (com maior

densidade demográfica), o crescimento econômico, ou seja, apenas o PIB *per capita* não repercute na melhoria do bem-estar da população, com a universalização e provisão de serviços de saneamento básico.

Por fim, convém salientar que não basta aumentar os recursos para investimento no setor, necessita-se que estes sejam empregados de maneira eficiente. Neste sentido, são imprescindíveis ações públicas e consórcio com instituições privadas que possam promover debates, ações coletivas e propostas para o gerenciamento eficiente dos recursos empregados neste setor. Além disso, quanto à universalização dos serviços de saneamento básicos aliado à redução dos dispêndios públicos e melhorias na operacionalização, enfatiza-se a necessidade de planejamento estratégico com metas sólidas e táticas.

Como limitações deste estudo, destaca-se o fato de se ter incluído apenas variáveis relacionadas com o abastecimento de água e a análise realizada apenas para o ano de 2018. Assim, para pesquisas posteriores, sugere-se incluir outras variáveis no âmbito do saneamento básico, como, por exemplo, métricas relativas à rede de esgoto, coleta de resíduos sólidos urbanos e drenagem de águas pluviais. Do ponto de vista metodológico, pode ser interessante construir séries temporais com as variáveis mencionadas e realizar a mensuração de eficiência considerando a análise de janela e o índice de Malmquist.

## REFERÊNCIAS

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**, Belo Horizonte, v. 14, n. 35, p. 151-181, abr./jun. 2014.

BITTELBRUNN, F.; BRINCKMANN, R.; ANDRETT, M. C. S.; PFITSCHER, E. D. Estudo da eficiência dos gastos com saneamento básico dos estados brasileiros e DF entre 2012 a 2014 por meio de Análise Envoltória de Dados. *In*: Congresso Brasileiro de Custos, 23, 2016. **Anais...** Porto de Galinhas, PE: CBC, 2016.

BOGETOFT, P.; OTTO, L. **Benchmark and Frontier Analysis using DEA and SFA**. Versão 0.30, 5 maio 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/Benchmarking/Benchmarking.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2022.

CARMO, C. M.; TÁVORA JUNIOR, J. L. Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA. *In: Encontro Nacional de Economia*, 31, 2003. **Anais...** Porto Seguro, BA: ANPEC, 2003.

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**, 17, p. 1-29,2020.

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

COELLI, T.; RAO, D. S. P.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Norwell: Kluwer Academic, 1998.

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**. Rio de Janeiro: IPEA, v. 49, n. 3, p. 81-106, dez. 2019.

FARREL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, p. 253-290, 1957.

GUIMARÃES, P. S.; CARVALHO, C. R. S. Saneamento básico goiano: uma proposta de intervenção regulatória para o aumento da eficiência e eficácia dos serviços oferecidos à população. **Gestão & Regionalidade**, São Caetano do Sul, v. 36, n. 108, p. 50-72, mai./ago. 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**, Rio de Janeiro, v.7, n.1, p. 55-81, jan./abr. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em: 15 jul. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará 17**. 2017. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2017/infraEstrutura/habitacao/saneamento.htm>. Acesso em: 15 jul. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Ceará em Números 2020**. 2021. 188 p. Disponível em: [http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara\\_em\\_numeros/2020/completa/Ceara\\_em\\_Numeros2020.pdf](http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2020/completa/Ceara_em_Numeros2020.pdf) . Acesso em: 15 jul. 2022.

KOENKER, R. *et al.* **Quantile Regression**. Versão 5.93, 2 maio 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/quantreg/quantreg.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2022.

KOENKER, R.; BASSET, G. Regression quantiles. **Econometrica**, v. 46, p.33-50, 1978.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-348, mar./abr. 2011.

LIMA, A. D.; CARVALHO, D. R.; OLIVEIRA, R. M. A. Análise da eficiência dos gastos com saneamento básico dos municípios potiguaraes utilizando a Análise Envoltória de Dados. *In*: Congresso Brasileiro de Custos, 27, 2020. **Anais...** CBC virtual, 2020.

LIMA, J. S. Q. Estimativa do lançamento de esgoto doméstico por assentamentos precários em lagoas na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 11, n. 2, p.92-107, jul./dez. 2017.

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**, Brasília, n. 53, p. 183-210, jul./dez. 2019.

MENDES, C. C.; SOUSA, M. C. S. Estimando a demanda por serviços públicos nos municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Economia**, v. 60, n. 3, p. 281-296, 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB**. Brasília, dez. 2013. Disponível em: [https://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/plansab\\_06-12-2013.pdf](https://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab_06-12-2013.pdf). Acesso em: 05 jun. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL – MDR. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2018**. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Brasília, DF, dez. 2019. 186 p.

NUNES, E. S.; FERREIRA, F. D. G.; SOUSA, E. P. Desempenho da provisão dos serviços de saneamento básico no Ceará. **Estudo & Debate**, Lajeado, v. 25, n. 1, p. 134-154, 2018.

OHIRA, T. H.; SHIROTA, R. Eficiência econômica: uma aplicação do modelo de fronteira estocástica em empresas de saneamento. *In*: Encontro Nacional de Economia, 33, 2005. **Anais...** Natal, RN: ANPEC, 2005.

OLIVEIRA, J. B.; ERVILHA, G. T. Serviços de saneamento básico em Minas Gerais e seus determinantes locais, demográficos e socioeconômicos. **Revista de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 13, n. 2, p. 243-267, 2019.

PEREIRA, M. S.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; LIMA, P. M.; TABAK, B. M.; CONSTANTINO, M. Sanitation and water services: Who is the most efficient

provider public or private? Evidences for Brazil. **Socio-Economic Planning Sciences**, n. 79, 2022.

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

R CORE TEAM. **R A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <http://www.r-project.org/index.html>. Acesso em: 15 jul. 2022.

RODRIGUES, C. M. Distribuição espacial e nível de abrangência das redes de saneamento. *In*: SIGOLO, M. (Coord. Produção). **Atlas do Saneamento 2021**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, p.13-15, 2021.

ROMA, J. C. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 71, n. 1, jan./mar. 2019.

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

SHERRILL, E. I. Saneamento básico e meio ambiente. *In*: SIGOLO, M. (Coord. Produção). **Atlas do Saneamento 2021**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, p. 91-94, 2021.

SILVA, V. H. M. C. Determinantes do acesso aos serviços de saneamento básico no Ceará: o caso do esgotamento sanitário. **Texto para Discussão IPECE**, n. 64. Fortaleza, 2009.

SOUZA, C. M. N.; COSTA, A. M.; MORAES, L. R. S.; FREITAS, C. M. **Saneamento: promoção da saúde, qualidade de vida e sustentabilidade ambiental**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2015. 140 p.

VALDEVINO, A. A. F.; MEDEIROS, J. C. L.; NASCIMENTO, A. P.; PESSÔA, A. P. Avaliação da eficiência dos serviços de saneamento básico no combate às endemias nos municípios do Estado do Tocantins. **Informe Gepec**, Toledo, v. 14, n. 2, p. 166-181, jul./dez. 2010.

VILANOVA NETA, M. A. Qualidade e eficiência das redes de saneamento. *In*: SIGOLO, M. (Coord. Produção). **Atlas do Saneamento 2021**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, p. 37-42, 2021.