SEMANA ACADÊMICA
REVISTA CIENTÍFICA
ISSN 2236-6717

Avaliação do acesso à água e esgoto no estado do Ceará utilizando Análise Envoltória de Dados

Um estudo baseado nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Gilvânia Lima da Silva[1]
https://orcid.org/0009-0007-2984-1160
Marisete Dantas de Aquino[2]
https://orcid.org/0000-0002-4940-3607

RESUMO
A análise da cobertura e do acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no estado do Ceará torna-se especialmente relevante frente ao cenário de desigualdades socioeconômicas que afetam o saneamento básico no Brasil, sobretudo na Região Nordeste. Diante dessa problemática, esta pesquisa busca avaliar o acesso aos serviços de abastecimento de água e esgoto nas cidades do estado do Ceará. Esse estudo é realizado à luz de indicadores sociais, apoiados nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, visando analisar como a relação entre variáveis relacionadas à renda, educação e infraestrutura domiciliar impactam o desempenho municipal na prestação desses serviços essenciais. Para mensurar esse desempenho, utilizou-se a Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA), técnica não paramétrica que permite considerar simultaneamente múltiplas variáveis de entrada e saída. Os resultados revelam que apenas 23 dos 104 municípios cearenses analisados operam na fronteira de eficiência, demonstrando a prevalência de gargalos operacionais, mas também destacando um elevado potencial de melhoria para a maioria das cidades.

Palavras-chave
Saneamento básico; Objetivos de desenvolvimento sustentável; Análise envoltória de dados; Indicadores sociais.

Submetido em: 28/10/2026 – **Aprovado em**: 12/11/2026 – **Publicado em**: 13/11/2026

1 Engenheira civil e mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia civil do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: gilvaniallima10@gmail.com.

2 Doutora em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Ecolé des Hautes Études en Sciences Sociales; Professora do Programa de Pós-graduação em Engenharia civil do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: marisete@ufc.br.

http://dx.doi.org/10.35265/2236-6717-276-13386
FORTALEZA-CE. EDIÇÃO 276. V.14. ANO 2026.

Assessment of access to water and sewage in the state of Ceará using Data Envelopment Analysis

A study based on the Sustainable Development Goals (SDGs)

ABSTRACT

The analysis of coverage and access to water supply and sanitation services in the state of Ceará is particularly relevant given the socio-economic inequalities that affect basic sanitation in Brazil, especially in the Northeast region. In light of this issue, this research aims to evaluate access to water supply and sewerage services across municipalities in Ceará. Guided by social indicators aligned with the 2030 Agenda's Sustainable Development Goals (SDGs), the study examines how variables related to income, education, and household infrastructure impact municipal performance in delivering these essential services. To measure this performance, Data Envelopment Analysis (DEA) was employed—a non-parametric technique that allows for the simultaneous consideration of multiple input and output variables. The results reveal that only 23 of the 104 analyzed municipalities in Ceará operate on the efficiency frontier, demonstrating prevalent operational bottlenecks while highlighting a high potential for improvement across most cities.

Keywords

Basic sanitation; Sustainable development goals; Data envelopment analysis; Social indicators.

1 INTRODUÇÃO

Em 2015, os países-membros da Organização das Nações Unidas (ONU) elaboraram um documento denominado de Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, essa agenda é composta de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que juntos possuem 169 metas que buscam acabar com a pobreza, assegurar uma educação inclusiva e equitativa, garantir água potável e saneamento para todos, promover consumo e produção sustentáveis, dentre muitos outros objetivos, com prazo de cumprimento das metas para 2030.

No Brasil, a implementação dessa Agenda trouxe altas expectativa no que se refere a gestão e a governança da água e do saneamento, visto que a pouca integração entre as políticas e os instrumentos voltados ao saneamento básico e à gestão dos recursos hídricos associados a necessidade de ações de medidas nas áreas de meio ambiente, habitação digna, saúde e desenvolvimento urbano sustentável, estão entre os principais desafios para o cumprimento das metas estabelecidas, principalmente no que se refere ao ODS 6 que abrange o tema em questão (Ipea, 2024).

No país, o acesso aos serviços essenciais de saneamento básico permanece limitado para as populações de baixa renda, as quais se distribuem majoritariamente pelas regiões Norte e Nordeste. Nesse contexto, moradores das periferias urbanas e de assentamentos informais também sofrem com a falta de acesso ao saneamento, inclusive no que concerne à coleta e tratamento de resíduos sólidos, drenagem e ao manejo das águas pluviais (Ipea, 2024).

Desse modo, identificar o alcance das políticas públicas de saneamento entre a população mais vulnerável, assim como avaliar os seus efeitos sobre os padrões de vida das pessoas é vital para o aprimoramento de políticas de desenvolvimento e combate à pobreza (Lima, 2022).

Mendonça (2004) em seu estudo sobre a demanda por saneamento básico no Brasil cita que a escolaridade, a renda, a educação dos pais e daqueles que habitam o mesmo domicilio são fatores socioeconômicos que determinam a escolha por saneamento, assim como elementos que estejam ligados à raça e ao sexo também podem refletir nessa escolha.

Dessa forma, seguindo o raciocínio do autor, no que tange aos ODS, nota-se que o ODS 6 – Água potável e saneamento, está relacionado com os ODS 1 – Erradicação da pobreza, com o ODS 4 – Educação de qualidade, e com o ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis. Nesse mesmo contexto, o presente trabalho propõe-se a analisar como o acesso à rede de abastecimento de água e esgoto no estado do Ceará está relacionado à indicadores sociais relacionados à renda, moradia, escolaridade e situação dos domicílios da população. Para realizar este estudo será feito uso da Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA), que é uma ferramenta não paramétrica que permite trabalhar com múltiplas entradas e saídas de forma simultânea, se apresentando como uma análise adequada para ser aplicada no contexto do saneamento.

Portanto, visto que os indicadores sociais não são recursos gerenciados pelas companhias de saneamento, o objetivo desta pesquisa é avaliar o quão eficiente é cada município cearense, dado o seu nível social, em promover acesso aos serviços de abastecimento de água e esgoto para a população.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Obstáculos da universalização do saneamento básico no Brasil

Com a Constituição Federal de 1988 o conceito de universalidade foi difundido na sociedade. Quando se trata de saneamento, tal conceito foi consolidado com a Lei nº 11.445/2007 (Brasil, 2007), que tem como o primeiro de seus princípios fundamentais a universalização do acesso ao saneamento básico. Contudo, questões de financiamento e poder aquisitivo da população colocam em risco a garantia do acesso universal a esses serviços (Brasil, 2014).

A Lei n° 11.445/2007 (Brasil, 2007) foi posteriormente alterada pela Lei n° 14.026/2020 (Brasil, 2020), esta estabeleceu como uma de suas metas que 99% da população seja atendida com água potável e 90% com coleta e tratamento de esgoto até o final de 2033. Além dessas leis, o Brasil conta com o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) (Brasil, 2014), que visa um horizonte de 20 anos (2014-2033) e consiste no instrumento de planejamento integrado do saneamento básico no país.

De acordo com o PLANSAB não é possível falar do princípio da universalidade de forma isolada, é preciso que esse esteja associado as noções de equidade e integralidade. Enquanto equidade é a correção de desigualdades, buscando oferecer mais assistência aos que mais necessitam, a integralidade é um dispositivo político que visa entrosar todas as partes do saneamento, unindo os serviços e atendendo as necessidades da população (Brasil, 2014). Logo, a universalização do saneamento exige um conjunto de ações que se adequem as diferenças que existem nas diversas regiões do país. (Brasil, 2025c).

Estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil mostrou que em 2022 uma a cada duas pessoas no Brasil (102,7 milhões de pessoas) residiam em moradias com alguma deficiência quanto ao saneamento, seja a não ligação a rede geral de abastecimento de água, a chegada de água de forma irregular ou a falta de reservatório para o seu armazenamento, ou ainda que a residência não possuía banheiro ou não estava ligada à rede de coleta de esgoto. Ainda nesse contexto, os dados mostraram que a região mais afetada quanto à essas privações foi o Nordeste, 7 a cada 10 nordestinos residiam em habitações com algum tipo de problema relacionado ao saneamento (Instituto Trata Brasil, 2023).

Ademais, Silva (2009) em seu estudo sobre os fatores determinantes do acesso ao saneamento básico no Ceará cita que o alcance a esses serviços é crucial para a inclusão social de grupos vulneráveis, logo, a análise das características dos domicílios e das pessoas permite identificar os grupos mais afetados com relação ao saneamento. Em sua análise, Silva (2009) mostrou que renda e escolaridade mais altas inferem em melhores condições de saneamento, assim como os efeitos da localização dos domicílios em termos de zona urbana ou rural. Contudo, o estudo analisou apenas o serviço de esgotamento sanitário, deixando de lado o abastecimento de água e a coleta de lixo. Logo, deixando claro mais uma vez que para estudar o ODS 6 é preciso que se analise também os ODS 1, 4 e 11.

Figura 1. ODS 6 e sua relação com os ODS 1, 4 e 11.



Fonte: autores, 2026.

2.2 Agenda 2030 e os ODS no estado do Ceará

Os ODS entraram em vigor em 1 de janeiro de 2016 e têm como ambição: “Não deixar ninguém para trás”. Eles compõem a Agenda ambiental, que consiste em um plano integrado que busca transformar o mundo em 15 anos, promovendo vida digna para toda a população (Rede para o desenvolvimento, 2020). O conceito dos ODS é baseado nas três dimensões do conceito de *ESG* (*Environmental, Social and Governance*), respectivamente Ambiental, Social e Governamental.

Nessa conjuntura, a Agenda 2030 busca o alinhamento dos programas federais, estaduais e municipais em relação aos ODS. No que concerne ao ODS 6 urge a necessidade de colocar a água em uma agenda política estratégica do Brasil. (Ipea, 2018).

Em relação ao Ceará, o estado adota leis federais, mas também contém normas específicas como a Lei Complementar Estadual nº 162/2016 (Ceará, 2016), que institui a Política Estadual de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, contudo, por ser anterior a Lei n° 14.026/2020 que atualizou o marco legal federal do saneamento básico a lei estadual deve passar por revisão para se adequar às novas exigências (Ceará, 2025a).

O estado também é dotado do Plano Estadual de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Ceará (PAAES-CE), que se trata de um mecanismo de planejamento estratégico que visa trazer diretrizes para a universalização dos serviços de saneamento básico no estado, com foco específico nos eixos de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, e assim, está alinhado diretamente com o ODS 6 (Ceará, 2025b).

Em relação aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no estado, a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), é a principal responsável pelos serviços de tratamento e distribuição de água, além de realizar a coleta e o tratamento de esgoto, atuando em 152 das 184 cidades do estado. Os outros 32 municípios cearenses são operados por Serviços Autônomos de Água e Esgoto (SAAEs) (Arce, s/d).

Além da Cagece e dos SAAEs, a partir de 2023 o estado conta com a atuação da empresa Ambiental Ceará, responsável pela ampliação, operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário em 24 municípios das regiões metropolitanas de Fortaleza e do Cariri (Ceará, 2023). Todos esses serviços são regulados pela Agência Reguladora do Estado do Ceará (ARCE), que é o órgão responsável por fiscalizar os serviços de água e esgoto dos 184 municípios que compõem o estado (Ceará, 2025c).

No contexto dos ODS, no site do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) existem alguns relatórios que mostram a evolução das ações ambientais no Ceará, sendo que o ODS 6 integra o relatório voltado a dimensão ambiental do estado. O relatório disponibilizado do ano de 2024, descreve alguns projetos que foram executadas no ano em questão, como por exemplo: a ampliação do sistema de abastecimentos de água da comunidade dos Cocos, na Região Grande Fortaleza, beneficiando 940 habitantes, a implantação de 05 sistemas de abastecimento de água nos municípios de Quixadá, Monsenhor Tabosa e Russas, ofertando água de qualidade para 2.888 pessoas no período e a conclusão de estudos/projetos acerca da simulação da qualidade de água em reservatórios do Estado, dentre vários outros projetos. (Ipece, 2025).

2.3 Análise Envoltória de Dados (DEA)

A Análise Envoltória de Dados é uma técnica matemática que emprega programação linear com o propósito de construir uma fronteira de eficiência não paramétrica baseada em um conjunto de dados de entradas e saídas (Encinas, 2019). Essa técnica foi proposta originalmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e ampliada por Banker, Charnes e Cooper (1984), estes, definem a DEA como uma ferramenta utilizada para avaliar a eficiência de um conjunto de entidades que são denominadas de *Decision Making Units (DMUs)* ou unidades tomadoras de decisão, que convertem múltiplas entradas (*inputs*) em múltiplas saídas (*outputs*) (Charnes, Cooper e Rhodes 1984, *apud* Della, 2013).

Figura 2. Representação de uma DMU



Fonte: autores, 2026.

Segundo Soares de Mello *et al* (2005) para compreender a DEA é necessário entender alguns conceitos, o primeiro é a eficácia, que está relacionada apenas ao que é produzido, independente dos recursos usados para a produção. O segundo é a produtividade, que consiste na razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para produzir. E o terceiro é a eficiência, que compara o que foi produzido com os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos.

Assim, a eficiência relativa da DMU é definida como sendo a razão da soma ponderada de seus produtos (*outputs*) pela soma ponderada dos insumos necessários para gerá-los (*inputs*) (Della, 2013). A técnica DEA consiste em traçar metas a serem alcançadas pelas unidades ineficientes, ou seja, aquelas com escores menores que um (1) com base nas unidades eficientes (também chamadas de *benchmark*), que consistem naquelas com escores iguais a um (1) (Rodrigues, 2014).

A ferramenta DEA também calcula as "folgas" (*slacks*) e os *lambdas* para todas as variáveis e DMU's. As folgas sinalizam a melhoria adicional necessária para uma DMU se tornar eficiente, que pode ser o aumento de saídas ou diminuição de insumos, já o *lambda* mostra as unidades de referências para aquelas ineficientes. (Cooper; Seiford; Zhu, 2011 *apud* Kim, 2024).

Existem vários modelos DEA, e suas diferenças consistem sobretudo quanto ao retorno de escala e à orientação da função. Os dois mais utilizados são o CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978) com retornos constantes de escala e o BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984) com retornos variáveis de escala. Ambos os modelos podem ser orientados a *input* ou a *output*. A orientação para *input* é utilizada quando o objetivo é reduzir os recursos e alcançar o mesmo nível de desempenho, já a orientação para *output* é adequada quando o objetivo é potencializar os resultados mantendo o nível atual de recursos.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

Para classificar a pesquisa, adotou-se a tipologia proposta por Prodanov e Freitas (2013), assim, o presente estudo delineia-se sob os seguintes critérios:

- Quanto à natureza: Trata-se de uma pesquisa aplicada, pois se concentra na geração de conhecimento direcionado ao uso em problemas específicos quanto ao acesso ao saneamento básico no contexto do Ceará, alinhando-se a interesses e realidades locais.
- Quanto aos objetivos: Classifica-se como pesquisa exploratória e explicativa por se tratar de um estudo de caso que busca trazer dados acerca do saneamento, além de buscar compreender os resultados obtidos através da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados.
- Quanto aos procedimentos técnicos: Utilizou-se a pesquisa bibliográfica, fundamentada em pesquisas já realizadas anteriormente sobre o tema e nos dados obtidos do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento Básico (SINISA).
- Quanto à abordagem do problema: Trata-se de uma pesquisa quantitativa pois faz uso de banco de dados numéricos em análises. Adicionalmente, aplica-se a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA) para a mensuração do índice de eficiência dos municípios cearenses.

3.2 Área de estudo

A área de estudo do presente artigo é o estado do Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil, limitando-se a Norte com o Oceano Atlântico; ao Sul com o Estado de Pernambuco; a Leste com os Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba e a Oeste com o Estado do Piauí. De acordo com o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) o estado possui uma população residente estimada de 8.794.957 habitantes e área territorial de 148.894,444 km².

Figura 3. Estado do Ceará.



Fonte: Google Earth, 2026.

3.3 Critérios de análise

O estudo consiste em analisar o ODS 6 referente à água e esgoto e sua relação com os com os ODS 1, que visa a erradicação da pobreza, com o ODS 4, que visa promover educação de qualidade e com o ODS 11, que tem como foco tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Para isso, foram selecionados os indicadores disponíveis que mais se relacionam com cada meta mostrada na tabela 1.

Tabela 1. ODS 1, 4, 6 e 11 e as metas relacionada ao estudo em questão.

ODS	Meta relacionada
1	1.4 - Até 2030, garantir que todos os homens e mulheres, particularmente os pobres e vulneráveis, tenham direitos iguais aos recursos econômicos.
4	4.1 - Até 2030, garantir que todas as meninas e meninos completem o ensino primário e secundário gratuito, equitativo e de qualidade.
6	6.1 - Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura.
	6.2 - Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos.
11	11.1 - Até 2030, garantir o acesso de todos à habitação segura e adequada.

Fonte: adaptado de ODS Brasil, s/d.

3.4 Fonte de informações

Os dados referentes à agua e ao esgoto foram obtidos pelo Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) para o ano de 2023. Os dados referentes a renda, quantidade de banheiros e taxa de alfabetização foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2022, ano do último censo realizado (IBGE, 2022). Já os dados sobre o Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) para o ano de 2022 foi obtido do Ipece. (Ipece, 2023).

3.5 Modelagem com DEA

A modelagem com DEA consiste em um passo a passo da escolha do modelo e orientação, seleção das DMU’s e das variáveis de entrada e saída. Esses passos estão detalhados nos tópicos que seguem.

3.5.1 Escolha do modelo e orientação

Nesta etapa, estabelece-se o modelo de otimização adotado no estudo. Tendo em vista que os municípios do Ceará apresentam heterogeneidade quanto à dimensão territorial, população e porte orçamentário, além de existir variação quanto as empresas que operam no abastecimento de água e esgoto, optou-se por utilizar o modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper). A escolha justifica-se pelo fato de o modelo permitir trabalhar com *DMU's* de diferentes escalas.

Quanto à orientação, adotou-se a voltada para produtos (*outputs*), coerente com o objetivo de mensurar o potencial da cobertura do acesso aos serviços de água e esgoto para um determinado nível de insumos socioeconômicos. O *software* utilizado na análise foi o DEA-Solver na versão profissional 13, desenvolvido pela empresa Saitech.

3.5.2 Seleção das DMU's

As DMU's inicialmente seriam os 184 munícipios que compõem o Ceará, contudo apenas 104 municípios disponibilizaram no SINISA os dados necessários para a pesquisa. É importante pontuar que para o uso da ferramenta DEA, os dados não podem conter valores negativos, nem serem deixados em branco.

3.5.3 Seleção dos inputs e outputs

A escolha dos *inputs* foi baseada em variáveis que possam influenciar o desempenho da entrega dos serviços de saneamentos (*outputs*) e também nas informações mais recentes disponíveis.

4 RESULTADOS

4.1 Análise geral do estado

O estado do Ceará possui um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,734, classificado como alto, conforme última atualização de 2021, ocupando a 12º posição entre as 27 unidades federativas do Brasil e o primeiro lugar em relação aos estados do Nordeste (PNUD, 2022).

O Ipece também calcula um Índice de Desenvolvimento Municipal para cada cidade do Ceará. O IDM é um indicador composto de 30 outros indicadores de forma a representar cada município cearenses em quatro dimensões: Ambiental, economia, social e governança pública, e seu valor varia entre zero e um, quanto mais próximo de um, melhor é o desempenho da cidade.

Para o ano de 2022 a média do estado foi de 0,5703 com aumento de aproximadamente 6,56% em relação ao ano de 2021, quando esse valor foi igual a 0,5329 (Ipece, 2023).

No quesito educação, de acordo com o último censo do IBGE (IBGE, 2022), em 2022 o Ceará obteve 85,88% de taxa de alfabetização, ocupando a 23º posição em relação ao Brasil, e a 5º em relação ao Nordeste. Ainda, no que concerne ao rendimento do estado, em 2023 o rendimento mensal domiciliar per capita foi de R$1.166,00.

Em relação ao saneamento, de acordo com as informações do SINISA (Brasil, 2024), em 2023, 78,54% da população cearense foi atendida com rede de abastecimento de água e 33,07% com rede coletora de esgoto. Ainda, o estado obteve 32,37% de esgoto tratado referente à água consumida.

Em relação a situação dos domicílios, em 2023, 96,3% da população total do estado possuía banheiro de uso exclusivo nas residências, sendo 99,1% população urbana e 85,9% população rural. Quanto a principal fonte de abastecimento de água da população, a rede de distribuição de água ocupa o primeiro lugar tanto para a população urbana quanto para a população rural, contudo, em relação aos outros tipos de fonte de abastecimento como poços, cacimba, fonte ou nascente, a população rural fica na frente (PNAD, 2023).

Tabela 2. Principais fontes de abastecimento de água no Ceará em 2023

Principal fonte de abastecimento de água	Domicílio (Mil unidades)	
	População urbana	População rural
Rede geral de distribuição	2.327	336
Poço profundo ou artesiano	138	167
Poço raso, freático ou cacimba	48	61
Fonte ou nascente	7	30
Outra	23	93

Fonte: adaptado de PNAD Contínua, IBGE, s/d.

4.2 Modelagem com DEA

A escolha dos *inputs* foi baseada em variáveis que possam influenciar o desempenho da entrega dos serviços de saneamentos (*outputs*) e também nas informações mais recentes disponíveis.

Tabela 3. *Inputs* e *outputs* escolhidos

Inputs	***Outputs***
Rendimento domiciliar mensal per capita (R$)	Atendimento da população total com rede de abastecimento de água (%)
Domicílios com banheiro de uso exclusivo (1 ou mais) (%)	
Taxa de alfabetização (%)	Atendimento da população total com rede coletora de esgoto (%)
IDM	

Fonte: autores, 2026.

A análise com DEA mede a eficiência relativa de cada DMU da amostra selecionada, nesse caso, cada um dos 104 municípios analisados terá sua eficiência comparada em relação as demais cidades da mesma amostra.

Dentre as 104 DMU's foram eleitas 23 eficientes e 83 ineficientes, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 4. Escores e ranking de eficiência – Cidades (continua)

DMU	Rank	Score	DMU	Rank	Score	DMU	Rank	Score
Acopiara	1	1	Bela Cruz	36	0,96	Itapipoca	71	0,74
Altaneira	1	1	Limoeiro do Norte	37	0,96	Aracati	72	0,73
Amontada	1	1	Campos Sales	38	0,94	Pedra Branca	73	0,70
Antonina do Norte	1	1	Iguatu	39	0,94	Guaiuba	74	0,68
Assaré	1	1	Pacujá	40	0,93	Paraipaba	75	0,67
Barroquinha	1	1	Cariré	41	0,92	Russas	76	0,67
Cedro	1	1	Crateús	42	0,92	Baturité	77	0,67
Coreau	1	1	Maranguape	43	0,92	Cascavel	78	0,67
Croata	1	1	Juazeiro do Norte	44	0,91	Pacoti	79	0,67
Erere	1	1	Paramoti	45	0,91	Poranga	80	0,66
Fortaleza	1	1	Maracanaú	46	0,90	Jardim	81	0,66
Graça	1	1	Pacatuba	47	0,89	Jaguaretama	82	0,65
Granja	1	1	Lavras da Mangabeira	48	0,88	Itarema	83	0,64
Itapaje	1	1	São Benedito	49	0,88	Eusébio	84	0,62
Jucas	1	1	Granjeiro	50	0,88	Horizonte	85	0,62
Missao Velha	1	1	Independência	51	0,87	Tabuleiro do Norte	86	0,60
Mucambo	1	1	Tarrafas	52	0,87	Acarape	87	0,60
Nova Russas	1	1	Jaguaribe	53	0,86	Milagres	88	0,60
Novo Oriente	1	1	Mauriti	54	0,84	Pacajus	89	0,58
Salitre	1	1	Canindé	55	0,81	Tauá	90	0,57
Sao Luís do Curu	1	1	Quixadá	56	0,81	Jijoca de Jericoacoara	91	0,56
Sobral	1	1	Redenção	57	0,80	Acaraú	92	0,55
Umari	1	1	Caucaia	58	0,79	Trairí	93	0,55
Quixelô	24	0,99	Alcântaras	59	0,79	Beberibe	94	0,54
Massapê	25	0,99	Guaraciaba do Norte	60	0,78	Frecheirinha	95	0,54
Jaguaribara	26	0,99	Saboeiro	61	0,77	Aurora	96	0,52
Forquilha	27	0,99	Uruoca	62	0,77	Barbalha	97	0,52

Brejo Santo	28	0,99	Senador Pompeu	63	0,77	Itaitinga	98	0,50
Orós	29	0,99	Catarina	64	0,77	Mulungu	99	0,43
Camocim	30	0,98	Porteiras	65	0,77	Aquiraz	100	0,39

Tabela 4. Escores e ranking de eficiência – Cidades (conclusão)

DMU	Rank	Score	DMU	Rank	Score	DMU	Rank	Score
Boa Viagem	31	0,97	Iracema	66	0,76	Paracuru	101	0,35
Ocara	31	0,97	Palmácia	67	0,75	São Gonçalo do Amarante	102	0,34
Morada Nova	33	0,97	Viçosa do Ceará	68	0,74	Barreira	103	0,34
Marco	34	0,96	Tianguá	69	0,74	Guaramiranga	104	0,32
Barro	35	0,96	Varzea Alegre	70	0,74			

Fonte: autores, 2026.

A tabela 6 apresenta o ranking decrescente dos municípios em relação as variáveis utilizadas. Ou seja, no caso de Acopiara, ela é a 45º cidade com o maior rendimento domiciliar mensal per capita, a 88º com o maior número de domicílios com banheiro de uso exclusivo, a 99º maior em relação a taxa de alfabetização e a que está em 96º lugar em relação ao IDM, e com isso consegue estar em 42º lugar em relação as cidades com maiores abastecimentos de água e 70º lugar em relação ao esgoto.

Assim, é importante ressaltar que um município eficiente segundo a metodologia DEA não é necessariamente aquele com maior cobertura absoluta de água e esgoto, mas sim aquele que, dadas suas condições sociais apresentadas, obtém os melhores resultados relativos.

Os resultados também mostram que municípios com menore renda, menor IDM, menor taxa de alfabetização e menor número de banheiros exclusivos aparecem eficientes, como é o caso de Barroquinha, Granja e Salitre. Isso pode sugerir que políticas públicas eficazes, assim como modelos de prestação de serviços de saneamento exercem grande influência no alcance do ODS 6, independentemente do nível médio de renda, escolaridade e situação dos domicílios da população.

Além disso, municípios pequenos como Altaneira e Antonina do Norte foram considerados eficientes, assim como grandes centros urbanos como Fortaleza e Sobral, isso indica que a eficiência na provisão de saneamento não depende exclusivamente da escala populacional ou do porte econômico.

Tabela 5. Ranking dos municípios eficientes em relação as variáveis utilizadas

DMU's eficientes	Ranking dos Municípios eficientes em relação as Variáveis					
	Inputs				*Outputs*	
	Rendimento domiciliar mensal per capita	Domicílios com banheiro de uso exclusivo (1 ou mais)	Taxa de alfabetização	IDM	Atendimento da população com rede de abastecimento de água	Atendimento da população com rede coletora de esgoto
Acopiara	45º	88º	99º	96º	42º	70º
Altaneira	70º	42º	75º	26º	5º	63º
Amontada	97º	98º	47º	83º	17º	94º
Antonina do Norte	36º	35º	96º	45º	30º	11º
Assaré	59º	87º	91º	22º	56º	9º
Barroquinha	104º	90º	101º	79º	54º	53º
Cedro	24º	78º	70º	93º	15º	87º
Coreaú	85º	97º	92º	75º	31º	60º
Croatá	98º	30º	94º	50º	22º	64º
Ererê	69º	32º	86º	66º	88º	5º
Fortaleza	2º	2º	1º	8º	2º	2º
Graça	99º	62º	95º	101º	59º	78º
Granja	101º	103º	103º	15º	41º	98º
Itapajé	76º	75º	40º	84º	38º	3º
Jucás	72º	71º	88º	14º	6º	25º
Missão Velha	89º	51º	52º	104º	77º	101º
Mucambo	53º	58º	84º	46º	9º	61º
Nova Russas	49º	39º	55º	10º	1º	26º
Novo Oriente	39º	79º	98º	16º	19º	45º
Salitre	103º	104º	102º	103º	97º	84º
Sao Luís do Curu	91º	38º	29º	95º	4º	68º
Sobral	5º	15º	12º	1º	3º	1º
Umari	90º	49º	83º	81º	70º	8º

Fonte: autores, 2026.

Ainda, a análise com DEA, apresenta alguns resultados que são gerados individualmente para cada município da amostra. Tomando como exemplo a cidade de Acarape, tem-se os dados da tabela 7.

A cidade de Acarape possui eficiência igual a 0,60, o que significa que dada as suas condições socioeconômicas atuais analisadas (*inputs*), a cidade só consegue entregar cerca de 60% do acesso à água e ao esgotamento sanitário da fronteira de eficiência. Ou seja, existe um potencial de melhoria de cerca de 40%.

Os resultados da tabela 7 sugerem que em relação aos "*Slacks*" (folgas), existe a presença de folgas nos *inputs* de renda domiciliar per capita e taxa de alfabetização de 24,492 e 2,561 respectivamente, o que indica que esses indicadores não estão sendo completamente convertidos em cobertura de esgotamento sanitário. Ainda, a ausência de folga no IDM e em quantidade de banheiros nos domicílios sugerem que esses indicadores estão alinhados à fronteira de eficiência.

A aba "*projection*" mostra que, para atingir a eficiência técnica, Acarape necessitaria ampliar a rede de abastecimento de água de 46,36% para aproximadamente 77,22%**,** bem como a rede coletora de esgoto de 16,8% para cerca de 27,98%**,** ou seja, aumentar aproximadamente 66,55% em ambos os serviços.

A aba "*reference*", também conhecida como "*lambda*", se refere aos municípios que servem de referência ou "benchmarks" para outros. No caso de Acarape, essa comparação é realizada com uma fronteira composta por uma combinação dos municípios de Itapajé (λ = 0,389)**,** Missão Velha (λ = 0,298) e São Luís do Curu (λ = 0,312), isso indica que esses municípios apresentam características socioeconômicas comparáveis, porém possuem maior capacidade de transformar tais condições em maior cobertura de água e esgoto.

Tabela 6. *Slack, projection* e *lambda* para o município de Acarape.

ACARAPE					
Slack					
Renda			**Alfabetização**		
24,492			2,561		
Projection					
Renda			**Alfabetização**		
Valor real	**Projeção**	**Diferença (%)**	**Valor real**	**Projeção**	**Diferença (%)**
674,460	649,9683	-3,631	84,030	81,469	-3,047
IDM			Banheiros		
Valor real	**Projeção**	**Diferença (%)**	**Valor real**	**Projeção**	**Diferença (%)**
0,489	0,489	0,000	95,700	95,700	0,000
Água			Esgoto		
Valor real	**Projeção**	**Diferença (%)**	**Valor real**	**Projeção**	**Diferença (%)**
46,36	77,213	66,550	16,800	27,980	66,550
Reference (Lambda)					
Itapajé		**Missão Velha**		**São Luís do Curu**	
0,389		0,298		0,312	

Fonte: autores, 2026.

5 CONCLUSÃO

Esse estudo avaliou o acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário frente a indicadores socioeconômicos selecionados nos municípios cearenses. O objetivo consistiu em analisar como o acesso a esses serviços estão relacionados com o alcance dos ODS, utilizando a Análise Envoltória de Dados com modelo BCC orientado a *output*, de forma a mensurar a eficiência relativa das cidades avaliadas.

Os resultados obtidos evidenciam que municípios com elevados indicadores de alfabetização, IDM, renda per capita e proporção de domicílios com banheiro de uso exclusivo não garantem, por si só, maior eficiência na prestação dos serviços de saneamento. Isso indica a existência de ineficiências gerenciais que fazem com que as cidades não consigam usar de toda a capacidade que possuem para melhorar a cobertura da prestação de serviços de saneamento.

A análise com DEA revelou que apenas 23 dos 104 municípios analisados operam na fronteira de eficiência, destacando um elevado potencial de melhoria para a maioria das cidades, que obtiveram resultados próximos a um (1). Portanto, para avançar no cumprimento do ODS 6 no Ceará, é necessário não apenas um aumento de investimentos, mas também aperfeiçoamento na aplicação dos recursos que já estão disponíveis.

Ainda assim, é necessário o fortalecimento das políticas públicas relacionadas ao saneamento, e para isso, o uso de ferramenta como a DEA é uma arma valiosa no alcance desses objetivos, uma vez que permite a identificação de folgas e projeções, além de apontar municípios que servem de referência para aqueles que precisam aumentar sua eficiência.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ARCE – AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO ESTADO DO CEARÁ. **Saneamento: A área de atuação da Arce**. Fortaleza: ARCE, [s. d.]. Disponível em: https://www.arce.ce.gov.br/coordenadorias/saneamento/. Acesso em: 10 ago. 2026.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 20 ago. 2026.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 19 ago. 2026.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Indicadores SINISA – Módulo Água**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2025a. Disponível em: https://indicadores-sinisa-2025.cidades.gov.br/dashboard?modulo=agua. Acesso em: 15 ago. 2026.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Indicadores SINISA – Módulo Esgoto**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2025b. Disponível em: https://indicadores-sinisa-2025.cidades.gov.br/dashboard?modulo=esgoto. Acesso em: 15 ago. 2026.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Relatório SINISA – Esgotamento Sanitário 2024**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2025c.

CEARÁ. **Aviso de Abertura de Consulta Pública: Reformulação da Política Estadual de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Ceará**. Fortaleza: Arce, 2025a. Disponível em: https://www.arce.ce.gov.br/2025/09/26/aviso-de-abertura-de-consulta-publica-reformulacao-da-politica-estadual-de-abastecimento-de-agua-e-esgotamento-sanitario-do-ceara. Acesso em: 26 set. 2025.

CEARÁ. **Infraestrutura: Ambiental Ceará e Banco do Nordeste assinam contrato de R$ 556 milhões para financiar obras de saneamento para cearenses**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2023. Disponível em: https://www.ceara.gov.br/2023/12/11/ambiental-ceara-e-banco-do-nordeste-assinam-contrato-de-r-556-milhoes-para-financiar-obras-de-saneamento-para-cearenses/. Acesso em: 15 ago. 2026.

CEARÁ. **Lei Complementar nº 162, de 20 de junho de 2016**. Institui a Política Estadual de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário no Estado do Ceará. Fortaleza: Assembléia Legislativa do Estado do Ceará, 20 jun. 2016. Disponível em: https://mpce.mp.br/wp-content/uploads/2015/12/Lei-Complementar-nº162-2016-Cria-a-Política-Estadual-de-Abastecimento-de-Água-e-Esgotamento-Sanitário-no-Estado-do-Ceará.pdf. Acesso em: 10 ago. 2026.

CEARÁ. Secretaria das Cidades. **PAAES – Plano Estadual de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Ceará (PAAES-CE)**. Fortaleza: Secretaria das Cidades, 2025b.

CEARÁ. **Saneamento básico: Arce é a primeira agência reguladora estadual a iniciar elaboração dos indicadores de universalização do saneamento**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2025c. Disponível em: https://www.ceara.gov.br/2025/05/12/arce-e-a-primeira-agencia-reguladora-estadual-a-iniciar-elaboracao-dos-indicadores-de-universalizacao-do-saneamento/. Acesso em: 15 ago. 2026.

CLP – CENTRO DE LIDERANÇA PÚBICA. **Saneamento Básico e Eleições: o que você precisa saber para desenvolver o seu estado? – Ceará**. São Paulo: CLP, [s. d.]. Disponível em: https://conteudo.clp.org.br/saneamento-basico-e-eleicoes-ceara. Acesso em: 15 ago. 2026.

DELLA, C. S, et al. Eficiência do serviço de coleta e processamento de Resíduos Sólidos: Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) em municípios brasileiros. **Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 143-161, 2013.

ENCINAS, R. **Avaliação de Políticas Públicas: Eficiência das Universidades Federais e Identificação de Benchmarks por meio de Análise Envoltória de Dados**. 2019. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Governança Pública) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores do Censo 2022: Panorama por localidade (Ceará)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/indicadores.html?localidade=23. Acesso em: 15 ago. 2026.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Painel PNAD Contínua**. Rio de Janeiro: IBGE, [s. d.]. Disponível em: https://painel.ibge.gov.br/pnadc/. Acesso em: 15 ago. 2026.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Benefícios econômicos da expansão do saneamento no Ceará: estudo completo. São Paulo: Instituto Trata Brasil; **Ex Ante Consultoria Econômica**, 2023.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Agenda 2030: objetivos de desenvolvimento sustentável: avaliação do progresso das principais metas globais para o Brasil. ODS 6: assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todas e todos**. Brasília, DF: Ipea, 2024. 19 p.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, DF: Ipea, 2018.

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **O IDH-M Ceará: 2012 a 2021**. Fortaleza: IPECE, 2023. (Informe IPECE, n. 230).

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Relatório ODS. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará: ODS 6 - Água Potável e Saneamento**. Fortaleza: IPECE, 2022. 41 p.

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Relatório ODS. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as Ações do Governo do Ceará – 2024 – Dimensão Ambiental**. Fortaleza: IPECE, 2025. 39 p.

KIM, V. J. H. **Eficiência das gestões de resíduos sólidos urbanos dos municípios mineiros em 2021: um estudo apoiado na ferramenta análise envoltória de dados.** Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2024.

LIMA, F. A. X.; CUSTÓDIO, A. M. B. Acesso ao saneamento básico no Ceará e sua relação com o desenvolvimento e a pobreza. **Desenvolvimento Regional em debate**, Canoinhas, v. 12, p. 331-356, 2022.

MENDONÇA, M. J. C. et al. Demanda por saneamento no Brasil: uma aplicação do modelo logit multinomial. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 143-163, 2004.

ODS BRASIL. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, DF: Governo Federal, [s. d.]. Disponível em: https://odsbrasil.gov.br. Acesso em: 15 ago. 2026.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Ranking: indicadores municipais**. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2022. Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/. Acesso em: 15 ago. 2026.

PRODANOV, C. C; FREITAS, E. C. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: **Feevale**, 2013.

RODRIGUES, M. V. C. **Avaliação do desempenho da cobrança da água bruta por meio de um modelo de participação pública**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

RUMO A 2030. **ABC dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. [S. l.]: Rumo a 2030, out. 2020. Disponível em: https://rumoa2030.pt/wp-content/uploads/2021/03/ABC-ODS.pdf. Acesso em: 26 ago. 2026.

SILVA, Victor Hugo de Oliveira; OLIVEIRA, C. A. **Determinantes do acesso aos serviços de saneamento básico no Ceará: o caso do esgotamento sanitário**. Fortaleza: IPECE, 2009. (Texto para Discussão, n. 64).

SOARES DE MELLO, J. C. C. B; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; BIONI NETO, L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. **XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO).** Gramado, RS, 2005.

STOCKHOLM RESILIENCE CENTRE. **The SDGs wedding cake**. Stockholm: Stockholm University, 2016. Disponível em: https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-the-sdgs-wedding-cake.html. Acesso em: 21 ago. 2026.