

idp

v.6 n. 1

106

DEBATES EM ECONOMIA APLICADA

WORKING PAPER

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO
DE RECURSOS PÚBLICOS EM POLÍTICAS
AMBIENTAIS NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS
COM PRESTAÇÃO DIRETA DOS SERVIÇOS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA, ESGOTAMENTO
SANITÁRIO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
– 2020 A 2022**

OLGA MARIA LIMA DE OLIVEIRA SINIMBUH

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS PÚBLICOS EM POLÍTICAS AMBIENTAIS NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS COM PRESTAÇÃO DIRETA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, ESGOTAMENTO SANITÁRIO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS – 2020 A 2022

OLGA MARIA LIMA DE OLIVEIRA SINIMBUH^a

^aOlga Maria Lima de Oliveira Sinimbuh é Mestre em Economia pelo Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP). E-mail: olgasinimbuh@yahoo.com.br. ORCID: 0009-0009-3324-0805.



IDP

O IDP é um centro de excelência no ensino, na pesquisa e na extensão nas áreas da Administração Pública, Direito e Economia. O Instituto tem como um de seus objetivos centrais a profusão e difusão do conhecimento de assuntos estratégicos nas áreas em que atua, constituindo-se um think tank independente que visa contribuir para as transformações sociais, políticas e econômicas do Brasil.

DIREÇÃO E COORDENAÇÃO

Diretor Geral

Francisco Schertel

Coordenador do Mestrado em Economia

José Luiz Rossi

CONSELHO EDITORIAL

Coordenação

Thiago Caldeira

Emmanuel Brasil

Supervisão e Revisão

Mathias Tessmann

Lucas Dutra

Projeto Gráfico e Diagramação

Juliana Vasconcelos

www.idp.edu.br

Revista Técnica voltada à divulgação de resultados preliminares de estudos e pesquisas aplicados em desenvolvimento por professores, pesquisadores e estudantes de pós-graduação com o objetivo de estimular a produção e a discussão de conhecimentos

DEBATES EM ECONOMIA APLICADA

técnicos relevantes na área de Economia.

Convidamos a comunidade acadêmica e profissional a enviar comentários e críticas aos autores, visando o aprimoramento dos trabalhos para futura publicação. Por seu propósito se concentrar na recepção de comentários e críticas, a Revista Debates em Economia Aplicada não possui ISSN e não fere o ineditismo dos trabalhos divulgados.

As publicações da Revista estão disponíveis para acesso e download gratuito no formato PDF. Acesse: www.idp.edu.br

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do IDP.

Qualquer citação aos trabalhos da Série só é permitida mediante autorização expressa do(s) autor(es).

SUMÁRIO

1	Introdução	6
2	Referencial Teórico	6
3	Metodologia e Base de Dados	8
4	Resultados e Discussões	12
5	Conclusões	14
	Referências	16

RESUMO: Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência dos municípios brasileiros nos quais os serviços de água e esgoto são prestados integralmente pela administração pública direta, quanto à aplicação de recursos direcionados às políticas públicas ambientais, relacionando as despesas empregadas na função Gestão Ambiental com os resultados na prestação de serviços essenciais (abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos) no período de 2020 a 2022. A hipótese central foi a de que municípios com maiores recursos não são necessariamente os mais eficientes, ressaltando a importância da qualidade da gestão. Empregou-se a Análise Envoltória de Dados (DEA) em dois estágios, utilizando o modelo de Retornos Variáveis de Escala (VRS) orientado a inputs, em uma amostra de 140 municípios após tratamento de outliers pelo método jackstrap. A hipótese do trabalho foi confirmada, demonstrando que o volume de despesas não determina por si só a eficiência. Esse resultado evidencia a centralidade da qualidade da gestão sobre o mero dispêndio orçamentário. Os fatores contextuais de arrecadação tributária própria, extensão territorial e densidade demográfica mostraram-se estatisticamente significativos e positivamente associados à eficiência. A conclusão principal é que a eficiência na gestão ambiental municipal é um fenômeno multifatorial. A busca pela excelência depende da qualidade da gestão pública local e é influenciada pelo contexto socioeconômico e territorial. Os achados reforçam a necessidade de se aprimorar a governança e os processos de alocação de recursos, especialmente diante das fragilidades do arranjo federativo ambiental brasileiro e da escassez de dados padronizados.

PALAVRAS-CHAVE: despesas liquidadas; gestão; eficiência; Data Envelopment Analysis – DEA; municípios.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the efficiency of Brazilian municipalities where water and sewage services are fully provided by direct public administration, regarding the application of resources allocated to environmental public policies, relating the expenses employed in the Environmental Management function with the results in the provision of essential services (water supply, sewage disposal, and solid waste collection) in the period from 2020 to 2022. The central hypothesis was that municipalities with greater resources are not necessarily the most efficient, highlighting the importance of management quality. Data Envelopment Analysis (DEA) was employed in two stages, using the input-oriented Variable Returns to Scale (VRS) model, on a sample of 140 municipalities after outlier treatment using the jackstrap method. The hypothesis of the work was confirmed, demonstrating that the volume of expenses does not, by itself, determine efficiency. This result highlights the centrality of management quality over mere budgetary expenditure. The contextual factors of own tax revenue, territorial extension, and population density proved to be statistically significant and positively associated with efficiency. The main conclusion is that efficiency in municipal environmental management is a multifactorial phenomenon. The pursuit of excellence depends on the quality of local public management and is influenced by the socioeconomic and territorial context. The findings reinforce the need to improve governance and resource allocation processes, especially given the weaknesses of the Brazilian environmental federal arrangement and the scarcity of standardized data.

KEYWORDS: liquidated expenses; management; efficiency; Data Envelopment Analysis -

DEA; municipalities.

RESUMEN: Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de los municipios brasileños en los que los servicios de agua y alcantarillado son prestados íntegramente por la administración pública directa, en lo que respecta a la aplicación de recursos destinados a las políticas públicas ambientales, relacionando los gastos ejecutados en la función de Gestión Ambiental con los resultados en la prestación de servicios esenciales (abastecimiento de agua, saneamiento básico y recolección de residuos sólidos) en el período de 2020 a 2022. La hipótesis central fue que los municipios con mayores recursos no son necesariamente los más eficientes, destacándose la importancia de la calidad de la gestión. Se empleó el Análisis Envolvente de Datos (DEA) en dos etapas, utilizando el modelo de Retornos Variables a Escala (VRS) orientado a los insumos, en una muestra de 140 municipios tras el tratamiento de valores atípicos mediante el método jackstrap. La hipótesis del estudio fue confirmada, demostrando que el volumen de gasto no determina por sí solo la eficiencia. Este resultado pone de manifiesto la centralidad de la calidad de la gestión por sobre el mero gasto presupuestario. Los factores contextuales de recaudación tributaria propia, extensión territorial y densidad demográfica resultaron estadísticamente significativos y positivamente asociados a la eficiencia. La principal conclusión es que la eficiencia en la gestión ambiental municipal es un fenómeno multifactorial. La búsqueda de la excelencia depende de la calidad de la gestión pública local y está influenciada por el contexto socioeconómico y territorial. Los hallazgos refuerzan la necesidad de mejorar la gobernanza y los procesos de asignación de recursos, especialmente ante las fragilidades del arreglo federativo ambiental brasileño y la escasez de datos estandarizados.

PALABRAS CLAVE: gastos ejecutados; gestión; eficiencia; Data Envelopment Analysis – DEA; municipios.

CLASSIFICAÇÃO JEL: H83, Q58, C61.

1 Introdução

A Constituição Federal de 1988 consagrou, em seu art. 225, o meio ambiente ecologicamente equilibrado como um direito fundamental e bem de uso comum, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo. Em um contexto de falhas de mercado e da crescente cobrança social por resultados (Rodrigues e Daniel, 2023), a atuação estatal por meio de políticas públicas ambientais eficientes torna-se crucial, conforme o princípio da eficiência administrativa (art. 37 da CF/88). A relevância do tema é ressaltada por Medeiros e Vasconcellos (2023), para quem a proteção da natureza é a proteção da própria existência humana.

Nesse cenário, este estudo busca avaliar a eficiência dos municípios brasileiros — cujos serviços de água e esgoto são prestados integralmente pela administração direta — na aplicação dos recursos destinados às políticas públicas ambientais no período de 2020 a 2022. Parte-se da hipótese, alinhada à perspectiva de Boggia e Cortina (2010), de que entes com maiores recursos não são necessariamente os mais eficientes, sendo fundamental avaliar como os meios disponíveis são convertidos em resultados para a sociedade. A metodologia adotada é a Análise Envoltória de Dados (DEA), utilizando como input a despesa liquidada na função Gestão Ambiental e, como outputs, indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta regular de lixo — variáveis que servem como proxy para os resultados ambientais diretos, dada a limitação de dados comparáveis. Os principais resultados indicam uma significativa heterogeneidade nos níveis de eficiência entre os municípios, confirmando que o volume de gasto não é determinante para um melhor desempenho.

Este artigo estrutura-se, além desta introdução, em cinco seções: 2. Referencial Teórico; 3. Metodologia; 4. Base de Dados; 5. Análise dos Resultados; e 6. Conclusões.

2 Referencial Teórico

A eficiência ambiental, conceito central para esta pesquisa, é compreendida como a capacidade de produzir bens e serviços com a mínima geração de impactos negativos, como poluição e resíduos (Färe et al., 2005; Chung, Färe e Grosskopf, 1997). Na perspectiva econômica, a necessidade de políticas públicas ambientais surge como resposta estatal às falhas de mercado, particularmente às externalidades negativas e à natureza de bem público dos recursos naturais, demandando intervenção para correção e internalização dos custos sociais (Pearce e Turner, 1990; Monzoni Neto, 2018). A gestão ambiental configura-se, assim, como um processo integrado que visa compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a preservação ecológica (Lanna, 2002; Philippi Jr, Romero e Bruna, 2013).

No setor público, o princípio da eficiência, consagrado constitucionalmente, exige que os recursos arrecadados sejam aplicados de modo a maximizar os resultados sociais (Savian e Bezerra, 2013). Isto alinha-se ao movimento da Nova Gestão Pública, que introduziu na

administração estatal a ênfase em objetivos claros, mensuração de resultados e *accountability* (Hood, 1991). Contudo, a literatura aponta que a eficiência na gestão de recursos ambientais depende criticamente de fatores institucionais, como a existência de mecanismos de controle, transparência e participação democrática, sendo frequentemente comprometida pela ausência de planejamento e indicadores robustos (de Almeida Mendes et al., 2021; Färe et al., 2005).

A política ambiental brasileira, fundamentada no art. 225 da Constituição Federal de 1988 e na Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA), adota um modelo descentralizado operado pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Apesar disso, estudos apontam fragilidades na coordenação interfederativa e na capacidade institucional municipal (Barata, Kligerman e Minayo-Gomez, 2007; Ferreira, Fonseca e Loureiro, 2016).

A gestão ambiental, na sua dimensão operacional, envolve ações que impactam diretamente os ecossistemas e a saúde pública, incluindo o saneamento básico (Lanna, 2002; Philippi Jr, Romero e Bruna, 2013). Serviços como abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo são centrais para a qualidade ambiental urbana (Jacobi, 1999). Contudo, esses serviços são regulados por marcos legais setoriais (Lei nº 11.445/2007 e Lei nº 12.305/2010), não estando formalmente integrados ao SISNAMA, o que gera fragmentação institucional e dificuldades de avaliação integrada (Ferreira, Fonseca e Loureiro, 2016; Dantas, 2024).

A análise da eficiência na aplicação de recursos públicos ambientais fundamenta-se em metodologias consagradas na literatura, principalmente na Análise Envoltória de Dados (DEA) e na Análise de Fronteira Estocástica (SFA) (Campos, 2018). A DEA destaca-se por sua capacidade de lidar com múltiplos *inputs* e *outputs* simultaneamente, sem exigir uma função de produção pré-definida, sendo amplamente aplicada em estudos ambientais internacionais, como na avaliação da eficiência de países da União Europeia (Cámara-Aceituno et al., 2024) e de regiões na Rússia (Ratner et al., 2021).

A SFA, por sua vez, é utilizada para analisar fatores que influenciam a eficiência, como políticas de produtividade e uso de energias renováveis (Moutinho e Madaleno, 2021). Essas ferramentas demonstram que a eficiência depende menos do volume de recursos e mais da qualidade da gestão, das instituições e da adequação das políticas ao contexto local.

A relação entre o número de habitantes e as despesas ambientais foi estudada por Bacot e Dawes (1997), que demonstraram que mais habitantes demandam mais gastos na área ambiental e mais esforços da máquina pública para manter um meio ambiente saudável e preservado.

Historicamente, segundo Jacobi (1999), as aglomerações urbanas têm sido desafiadas a manter uma gestão eficiente dos recursos direcionados às políticas públicas ambientais, conduzindo projetos e atividades relacionados à recuperação de áreas degradadas, controle ambiental, preservação e conservação do meio ambiente, tratamento do lixo etc.

Estudos empíricos no Brasil revelam desafios significativos na eficiência da gestão ambiental municipal. Pesquisas apontam que muitos municípios apresentam ineficiência na aplicação de verbas, com má alocação de recursos comprometendo os resultados (Carneiro e

Souza, 2021).

Apesar dos avanços na institucionalização por meio de programas voluntários e da criação de Sistemas Municipais de Meio Ambiente (SISMUMA), persistem desigualdades regionais e fragilidades na capacidade técnica e financeira (Dantas, 2024; Moura, 2023). A literatura destaca que a eficiência está fortemente associada à qualidade da governança local e ao uso de indicadores robustos que combinam dados físicos, estruturais e institucionais para uma avaliação consistente (Lazzarotti et al., 2021; Mello, Silveira Fogaça e Hollnagel, 2014; Soares, 2015).

A política ambiental brasileira, embora amparada por um amplo arcabouço legal desde a Constituição de 1988, é marcada por uma grave fragmentação institucional. Diferentemente de áreas como saúde e assistência social, que possuem sistemas nacionais integrados (SUS, SUAS), o setor ambiental carece de um Sistema Nacional de Meio Ambiente plenamente funcional, resultando em sobreposição de competências, lacunas operacionais e dispersão das ações nos entes federativos (Ferreira, Fonseca e Loureiro, 2016; Dantas, 2024).

Essa descoordenação gera consequências práticas severas: políticas subnacionais são implementadas de forma isolada e descontínua, há ausência de padronização de indicadores e uma crônica carência de dados consistentes. Essa opacidade compromete a *accountability*, dificulta a avaliação robusta da eficiência dos gastos e perpetua um ciclo de gestão reativa e ineficiente, onde as decisões frequentemente respondem a pressões políticas imediatistas em detrimento de critérios técnicos e de planejamento de longo prazo (Deprá e Leal, 2017; Oliveira e Silva, 2025).

3 Metodologia e Base de Dados

Esta pesquisa adota uma metodologia quantitativa em dois estágios para avaliar a eficiência dos municípios brasileiros na aplicação de recursos ambientais e testar a sua principal hipótese: entes com maiores recursos financeiros não são necessariamente os mais eficientes, sendo seu desempenho condicionado por fatores estruturais e de governança.

No primeiro estágio, a eficiência relativa dos municípios (Unidades Tomadoras de Decisão) foi mensurada por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA). Utilizou-se o modelo orientado a *input* com pressuposto de Retornos Variáveis de Escala (VRS), adequado para contextos onde os entes operam em realidades heterogêneas e o aumento dos recursos não gera resultados proporcionais. O *input* considerado foi a despesa liquidada na função “Gestão Ambiental”, enquanto os *outputs* foram os percentuais de população atendida por abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, variáveis que funcionam como *proxy* para resultados ambientais diretos entregues à sociedade. Para garantir a robustez dos escores de eficiência, a sensibilidade do DEA a valores atípicos foi contornada com a aplicação prévia do método *jackstrap*, que identifica e permite excluir *outliers* que poderiam distorcer a fronteira eficiente.

O segundo estágio dedicou-se a testar a hipótese central e investigar os determinantes da eficiência. Para isso, realizou-se uma análise de regressão com os escores de eficiência (apropriadamente “suavizados” conforme [Simar e Wilson \(2007\)](#)) como variável dependente. Dada a natureza censurada dos escores, empregou-se um modelo de regressão Tobit. As variáveis independentes selecionadas buscam verificar dimensões específicas da hipótese: (a) o volume de recursos (despesa ambiental *per capita*), para testar se mais gasto implica maior eficiência; e (b) fatores estruturais (porte populacional e PIB *per capita*).

A regressão Tobit permite modelar escores de eficiência censurados entre zero e um $[0, 1]$, como é o caso das medidas obtidas por meio da DEA. De acordo com [Hoff \(2007\)](#), o modelo pode ser expresso conforme demonstra a Equação 1:

$$EFF_i^* = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i, \quad \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (1)$$

Sujeito à censura:

$$EFF_i = \begin{cases} 0, & \text{se } EFF_i^* < 0, \\ EFF_i^*, & \text{se } 0 \leq EFF_i^* \leq 1, \\ 1, & \text{se } EFF_i^* > 1. \end{cases}$$

Onde EFF_i^* representa o valor estimado pelo modelo Tobit para o escore de eficiência técnica da unidade i , antes da aplicação das restrições de censura entre $[0, 1]$; EFF_i é o escore de eficiência observável, limitado ao intervalo fechado $[0, 1]$, conforme os escores obtidos no primeiro estágio via DEA; x_{ki} são as variáveis de controle associadas à unidade i , que influenciam a eficiência; β_1, \dots, β_k são os parâmetros a serem estimados; $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ é o termo de erro aleatório; i representa o índice das unidades; k representa o índice das variáveis de controle; e K é o número total de variáveis de controle incluídas na regressão.

Como alertam [Simar e Wilson \(2007\)](#), o modelo Tobit apresenta problemas em estimações que utilizam eficiências DEA, pois, ao resultarem de procedimentos determinísticos, violam pressupostos fundamentais do modelo, como a independência entre erros e regressores e a normalidade dos resíduos. Por essa razão, as estimações foram ajustadas por meio da técnica de *bootstrap*, conforme sugerido pelos autores.

A análise de eficiência considera não apenas o volume de recursos aplicados, mas também indicadores capazes de capturar a produção municipal, a ampliação da cobertura dos serviços e a consolidação de capacidades institucionais. Assim, busca-se avaliar a capacidade dos municípios de transformar recursos disponíveis em resultados ambientais efetivos e sustentáveis.

Os dados referentes à cobertura dos serviços foram obtidos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para os anos de 2019 a 2022, contemplando as variáveis População Total Atendida com Abastecimento de Água (AGUA), Esgotamento Sanitário (ESG) e Coleta Regular de Lixo (LIXO). A amostra foi restrita aos municípios em que os

serviços de água e esgoto são prestados diretamente pela administração pública municipal, o que reduziu significativamente o número de observações. Dada a necessidade de informações completas em todos os períodos e variáveis, o recorte temporal de 2019 a 2022 mostrou-se o mais adequado para compatibilização com outras bases de dados.

Para captar a dinâmica da expansão ou retração dos serviços, foram calculadas as variações anuais das populações atendidas, gerando as variáveis V_AGUA, V_ESG e V_LIXO. A inclusão de 2019 na base permitiu analisar a estabilidade dos dados e verificar que o período da COVID-19 não introduziu distorções relevantes, uma vez que os serviços analisados possuem natureza estrutural, com alterações graduais ao longo do tempo.

Os dados de recursos financeiros aplicados foram coletados no Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI), abrangendo os anos de 2020 a 2022, especificamente a Despesa Liquidada na Função Gestão Ambiental (DESP). Para permitir comparações intertemporais consistentes, os valores de 2020 e 2021 foram deflacionados para preços de 2022 (DESP_D), utilizando o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), com dados do IPEA.

No segundo estágio da análise, foram incorporadas variáveis estruturais e econômicas obtidas no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e no SICONFI. Do IBGE, coletaram-se a Área Total do Município (AREA) e a população total, permitindo o cálculo da Densidade Populacional (DENS). Como *proxy* de renda municipal, utilizou-se a Receita Bruta Realizada de Impostos (REC), também deflacionada para 2022 (REC_D) com base no IPCA.

A inclusão das variáveis AREA, DENS e REC visa identificar como características físicas, demográficas e econômicas influenciam os níveis de eficiência observados, considerando efeitos de escala, dispersão populacional e capacidade financeira. Após o cruzamento das bases, a amostra final compreende dados de 2020, 2021 e 2022 para 140 municípios, com as variáveis AGUA, V_AGUA, ESG, V_ESG, LIXO, V_LIXO, AREA, DENS e REC.

A Tabela 1 resume os dados utilizados, as respectivas fontes e referências bibliográficas que fundamentam a escolha. A Tabela 2 reporta a estatística descritiva da amostra municipal.

Tabela 1: Dados dos Municípios, Fontes e Referências

Tipo	Dado	Fonte	Referências
Input	Despesa Liquidada na Função Gestão Ambiental (DESP) – 2020–2022	SICONFI	Carneiro e Souza (2021)
Output	População Atendida com Abastecimento de Água (AGUA) – 2019–2022	SNIS	Tavares (2022)
Output	Varição do Abastecimento de Água (V_AGUA) – 2019–2022	SNIS	Elaboração própria
Output	População Atendida com Esgotamento Sanitário (ESG) – 2019–2022	SNIS	Tavares (2022)
Output	Varição do Esgotamento Sanitário (V_ESG) – 2019–2022	SNIS	Elaboração própria
Output	População Atendida com Coleta de Lixo (LIXO) – 2019–2022	SNIS	Schappo, Ferreira e Santos (2017)
Output	Varição da Coleta de Lixo (V_LIXO) – 2019–2022	SNIS	Elaboração própria
Controle	Área do Município (AREA) – 2020–2022	IBGE	Moura (2023)
Controle	Densidade Populacional (DENS) – 2020–2022	IBGE	Holanda et al. (2024)
Controle	Receita Bruta de Impostos (REC) – 2020–2022	SICONFI	Moura (2023)

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 2: Estatísticas Descritivas das Variáveis dos Municípios

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão
DESP_D	242,31	28.106.938,30	844.854,73	178.723,89	2.120.466,00
AGUA	373,00	168.900,00	16.377,26	8.797,00	21.723,81
V_AGUA	-24.314,00	12.972,00	-164,01	17,00	2.664,70
ESG	60,00	126.094,00	13.553,84	6.983,00	17.439,22
V_ESG	-25.104,00	26.366,00	-156,30	5,00	2.804,22
LIXO	470,00	261.155,00	19.092,39	8.799,00	31.515,47
V_LIXO	-82.882,00	43.919,00	-108,03	33,00	5.486,22
AREA	48,76	159.533,31	1.858,86	280,20	13.583,62
DENS	0,73	930,19	69,87	32,47	114,05
REC_D	129.342,92	994.816.269,50	16.498.803,36	4.124.147,72	73.923.500,00

Fonte: elaborada pela autora com base nos dados do SNIS, IBGE e SICONFI.

As estatísticas descritivas mostram que os indicadores de variação da cobertura dos serviços (V_AGUA, V_ESG e V_LIXO) apresentam médias próximas de zero e medianas positivas, evidenciando assimetria associada à presença de valores negativos e elevada variabilidade, com possível ocorrência de *outliers*. As variáveis monetárias DESP_D e REC_D exibem forte assimetria à direita, caracterizada por médias significativamente superiores às medianas e altos desvios padrão, reflexo da concentração de grandes valores em poucos municípios. De modo semelhante, as variáveis de nível de serviço (AGUA, ESG e LIXO) também apresentam distribuições assimétricas à direita, típicas de serviços públicos com elevada heterogeneidade entre municípios. As variáveis AREA e DENS mostram menor dispersão relativa, embora com leve assimetria positiva.

Com o objetivo de reduzir a assimetria das distribuições e homogeneizar as escalas, foram aplicadas transformações adequadas à natureza de cada variável. As variáveis estritamente positivas do primeiro estágio (DESP_D, AGUA, ESG e LIXO) foram transformadas por meio do logaritmo $\log(x + 1)$. Para as variáveis que admitem valores negativos (V_AGUA, V_ESG e V_LIXO), utilizou-se uma transformação suave que preserva o sinal e reduz a influência de valores extremos. No segundo estágio, as variáveis AREA e REC_D também foram transformadas em logaritmo, enquanto a densidade populacional (DENS) foi mantida em sua forma original, por não apresentar distorções relevantes.

Por fim, destaca-se que a construção de bases municipais consistentes para análises ambientais é dificultada pela fragmentação e heterogeneidade das informações disponíveis, dispersas entre diferentes órgãos e com padrões metodológicos pouco uniformes, o que exige esforços adicionais de tratamento e validação dos dados para assegurar maior robustez às análises empíricas.

4 Resultados e Discussões

A aplicação da Análise de Envoltória de Dados (DEA) permitiu identificar os municípios que compuseram a fronteira de eficiência em cada ano analisado, após a exclusão de outliers. Observa-se elevada heterogeneidade entre os municípios eficientes, abrangendo diferentes unidades federativas, portes populacionais e contextos socioeconômicos, o que indica que a eficiência na gestão ambiental municipal não está associada a um perfil único de localidade.

A análise do input do modelo (DESP_D) revela grande disparidade no volume de recursos aplicados. Municípios com elevados gastos coexistem na fronteira de eficiência com entes que apresentaram despesas extremamente reduzidas. Esse resultado pode refletir a chamada eficiência por default, uma distorção metodológica recorrente em modelos DEA sob retornos variáveis de escala (VRS), especialmente em amostras pequenas ou heterogêneas (Dyson et al., 2001). Nesses casos, a classificação como eficiente pode decorrer de baixos níveis de insumo, e não necessariamente de desempenho superior, recomendando cautela na interpretação dos resultados.

Os outputs do modelo também apresentam ampla variação, tanto nos níveis de cobertura dos serviços quanto nas variações anuais observadas. Municípios eficientes atendem desde contingentes populacionais reduzidos até populações expressivas e exibem comportamentos distintos quanto à expansão ou retração dos serviços, sem que variações negativas impliquem, necessariamente, a exclusão da fronteira de eficiência em determinado período.

As variáveis contextuais reforçam essa heterogeneidade. Entre os municípios eficientes, a área territorial, a densidade populacional e a capacidade fiscal variam amplamente, indicando que a eficiência pode ser alcançada independentemente da escala física, da concentração populacional ou do volume de arrecadação tributária própria.

Destaca-se, ainda, a recorrência de alguns municípios na fronteira de eficiência ao longo do período analisado, o que sugere a presença de práticas de gestão consolidadas ou de características estruturais favoráveis. Em contraste, outros entes figuram de forma pontual na fronteira, indicando desempenho circunstancial.

Por fim, ressalta-se que o desempenho observado para determinados municípios, como Altamira/PA, deve ser interpretado à luz de condicionantes institucionais específicos. No caso em questão, parte relevante dos ganhos de cobertura dos serviços está associada a exigências impostas no licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, que resultaram em investimentos direcionados em saneamento básico. Assim, a presença recorrente desse município na fronteira de eficiência reflete também um contexto regulatório excepcional e não exclusivamente escolhas discricionárias da gestão municipal.

Tabela 3: Cinco Municípios Mais Eficientes

2020														
Município	Estado	Eficiência	DESP	DESP.D	AGUA	V.AGUA	ESG	V.ESG	LIXO	V.LIXO	AREA	DENS	REC	REC.D
Birigui	SP	1,0000	2.091.200,28	2.678.772,04	124.883	1.245	124.883	1.245	124.882	1.245	530,03	235,61	80.473.742,67	103.084.727,90
Capão Bonito do Sul	RS	1,0000	1.023,26	1.310,77	1.641	-13	1.641	541	850	0	526,85	3,11	1.926.689,59	2.468.038,21
Cosmópolis	SP	1,0000	1.181.061,74	1.512.908,73	71.000	1.000	67.000	0	73.474	6.322	154,66	475,05	22.561.730,86	28.900.978,25
Diogo de Vasconcelos	MG	1,0000	33.367,72	42.743,16	3.300	300	1.581	966	1.895	-105	165,09	22,96	345.133,47	442.106,81
Elisiário	SP	1,0000	189,16	242,31	3.387	43	3.387	43	3.696	46	93,98	39,34	1.472.573,65	1.886.327,75
2021														
Altamira	PA	1,0000	2.675.678,09	1.539.977,75	49.384	12.276	49.384	12.276	99.578	1.147	159.533,31	0,74	44.966.065,26	25.880.071,36
Barra do Pirai	RJ	1,0000	3.366.021,25	1.937.302,49	67.988	-2.453	53.347	3.399	99.984	398	584,61	173,00	32.580.863,38	18.751.809,04
Batatais	SP	1,0000	949.317,39	546.376,51	56.102	405	55.944	403	60.516	4.819	849,53	74,67	32.007.514,37	18.421.819,90
Birigui	SP	1,0000	1.224.916,26	704.996,54	126.094	1.211	126.094	1.211	42.000	-82.882	530,03	237,90	90.185.502,10	51.905.969,90
Caiuá	SP	1,0000	250.047,37	143.913,94	5.742	-204	5.742	3.062	4.050	550	551,16	10,92	2.395.347,32	1.378.634,29
2022														
Altamira	PA	1,0000	6.913.086,46	6.913.086,46	62.356	12.972	60.189	10.805	114.641	15.063	159.533,31	0,79	55.916.356,04	55.916.356,04
Bady Bassitt	SP	1,0000	297.401,28	297.401,28	25.246	8.397	25.246	8.397	25.246	7.233	110,37	246,98	23.606.532,05	23.606.532,05
Barra do Pirai	RJ	1,0000	3.260.466,85	3.260.466,85	79.713	11.725	79.713	26.366	88.986	-10.998	584,61	158,88	40.346.679,50	40.346.679,50
Batatais	SP	1,0000	1.082.262,36	1.082.262,36	52.480	-3.622	52.332	-3.612	52.480	-8.036	849,53	68,75	38.796.745,09	38.796.745,09
Birigui	SP	1,0000	1.348.898,84	1.348.898,84	118.979	-7.115	107.248	-18.846	42.000	0	530,03	224,48	102.526.226,70	102.526.226,70

Fonte: elaborada pela autora.

A Tabela 4 apresenta os municípios situados na base da distribuição de eficiência em cada ano, com escores baixos e persistentes, revelando concentração geográfica relevante, o que sugere a possível atuação de fatores regionais ou padrões de gestão desfavoráveis.

Tabela 4: Cinco Municípios Mais Ineficientes

2020														
Município	Estado	Eficiência	DESP	DESP.D	AGUA	V.AGUA	ESG	V.ESG	LIXO	V.LIXO	AREA	DENS	REC	REC.D
Santa Tereza	RS	0,1804	116.217,15	148.871,08	1.690	-2	246	-2	629	-1	73,67	23,43	788.488,48	1.010.032,81
Cachoeira da Prata	MG	0,1742	127.351,90	163.134,40	3.426	0	3.409	0	3.500	0	61,38	58,50	473.485,19	606.521,96
Pequi	MG	0,1442	521.570,18	668.117,55	4.379	0	2.570	0	3.211	19	203,99	21,73	591.470,47	757.657,97
Luisburgo	MG	0,1170	335.026,33	429.159,83	1.843	-2	1.843	-2	3.765	0	145,42	43,03	817.093,96	1.046.675,67
Aiuruoca	MG	0,0893	941.121,27	1.205.551,36	3.152	29	3.152	29	4.681	81	649,68	9,20	1.081.073,05	1.384.825,88
2021														
Jeceaba	MG	0,2650	1.095.194,94	630.335,86	4.794	72	3.075	18	4.315	-145	236,25	20,30	18.009.814,86	10.365.489,86
Luisburgo	MG	0,2643	445.561,09	256.441,22	1.840	-3	1.840	-3	3.750	-15	145,42	42,97	882.159,59	507.724,06
Mendes	RJ	0,2436	2.155.573,10	1.240.633,03	17.927	31	17.927	31	18.437	32	95,32	195,97	5.089.503,59	2.929.247,10
Nova Era	MG	0,2377	902.558,39	519.464,52	16.472	-1.079	16.472	-1.079	15.416	-96	361,93	48,42	8.129.761,58	4.679.057,61
Itanhandu	MG	0,2309	767.666,03	441.827,67	15.423	0	15.423	0	14.735	-501	143,36	108,19	4.257.527,99	2.450.406,27
2022														
Tupandi	RS	0,3538	1.225.919,93	1.225.919,93	650	3	390	0	3.454	-1.565	59,45	84,60	3.861.244,45	3.861.244,45
Clementina	SP	0,3515	1.004.281,70	1.004.281,70	6.677	-1.800	6.677	-1.800	6.677	-2.217	168,59	41,41	3.219.968,79	3.219.968,79
Pequi	MG	0,3514	1.118.094,37	1.118.094,37	4.042	-415	2.570	0	3.229	0	203,99	20,37	716.644,03	716.644,03
Iacanga	SP	0,3427	2.218.265,45	2.218.265,45	8.805	-1.268	7.924	-1.504	9.844	-1.849	547,39	19,07	6.996.205,48	6.996.205,48
Novais	SP	0,3414	572.262,99	572.262,99	4.015	-1.500	4.015	-1.500	4.015	-1.500	117,77	37,46	1.429.643,60	1.429.643,60

Fonte: elaborada pela autora.

Para avaliar a influência de características contextuais sobre os escores de eficiência, estimou-se um modelo de regressão cujos resultados indicam que todas as variáveis explicativas apresentaram coeficientes positivos e estatisticamente significativos ao nível de 1%. A capacidade fiscal do município, medida pela receita de impostos deflacionada (REC_D), apresentou o maior coeficiente, configurando-se como o fator contextual mais fortemente associado à eficiência.

As variáveis estruturais também se mostraram relevantes. O coeficiente positivo da área territorial (AREA) sugere que municípios com maior extensão tendem a apresentar níveis mais elevados de eficiência. Contudo, esse resultado deve ser interpretado com cautela, uma vez que, em casos específicos como Altamira/PA, parte do desempenho observado está associada a condicionantes institucionais extraordinárias, decorrentes de exigências impostas no licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte e não exclusivamente a escolhas discricionárias da gestão municipal.

A densidade populacional (DENS) também apresentou relação positiva com a eficiência, indicando que maior concentração populacional pode gerar ganhos de escala e redução de custos *per capita* na prestação dos serviços ambientais, em contraste com municípios de baixa densidade que figuram entre os menos eficientes.

De forma conjunta, os resultados evidenciam que a eficiência municipal decorre da combinação entre capacidade fiscal, escala territorial e densidade demográfica, e não de um único fator isolado. O modelo reforça a heterogeneidade observada entre municípios eficientes e ineficientes e indica que fatores contextuais exercem influência significativa sobre o desempenho da gestão ambiental municipal.

Tabela 5: Fatores Associados aos Níveis de Eficiência dos Municípios

Variável	Coeficiente	Erro padrão	Valor- <i>p</i>
Intercepto	0,0885	0,0801	0,2689
AREA	0,0277	0,0094	0,0033
DENS	0,0003	0,0001	0,0003
REC_D	0,0298	0,0068	0,0000

$R^2 = 0,78$. Fonte: elaborada pela autora.

5 Conclusões

Este estudo avaliou a eficiência de municípios brasileiros que prestam diretamente os serviços de água e esgoto, no período de 2020 a 2022, quanto à aplicação de recursos destinados às políticas públicas ambientais. A partir da Análise Envoltória de Dados (DEA), investigou-se a relação entre despesas na função Gestão Ambiental e os resultados observados na prestação de serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de resíduos.

Os resultados confirmam que maiores volumes de recursos não se traduzem, necessariamente, em maior eficiência. Observou-se forte heterogeneidade entre os municípios, com casos de eficiência sustentada mesmo com despesas moderadas e, em contraste, situações

de ineficiência persistente apesar de elevados dispêndios, evidenciando a centralidade da qualidade da gestão na conversão de recursos em resultados.

A análise de regressão indicou que fatores contextuais (capacidade fiscal, extensão territorial e densidade populacional) apresentam associação positiva e significativa com os escores de eficiência, qualificando a interpretação dos resultados e indicando que características estruturais influenciam o desempenho municipal. Ainda assim, a persistência de ineficiência em alguns municípios sugere a presença de fragilidades gerenciais e institucionais que extrapolam tais condicionantes.

Os achados refletem limitações estruturais do arranjo federativo brasileiro na área ambiental, marcadas pela fragmentação institucional, pela ausência de coordenação efetiva entre os entes federados e pela carência de bases de dados padronizadas e consistentes. Essas fragilidades comprometem a transparência, a *accountability* e a avaliação sistemática da eficiência das políticas públicas ambientais.

Do ponto de vista prático, os resultados indicam que ganhos de eficiência são viáveis mesmo em contextos de restrição orçamentária, oferecendo subsídios para o redesenho de políticas públicas orientadas por critérios técnicos e de desempenho. A identificação de ineficiências persistentes reforça a necessidade de intervenções direcionadas, que articulem melhorias gerenciais, planejamento integrado e fortalecimento da governança ambiental.

Por fim, reconhecem-se as limitações decorrentes da disponibilidade de dados, que constituem um dos principais entraves à avaliação das políticas ambientais no país. Pesquisas futuras podem ampliar o escopo dos serviços analisados, incorporar variáveis institucionais e de governança e aprofundar a compreensão dos mecanismos pelos quais fatores fiscais e territoriais afetam o desempenho. Em síntese, a eficiência na gestão ambiental emerge como um imperativo estratégico, cuja consolidação depende não apenas de boas práticas locais, mas do fortalecimento da governança cooperativa e de sistemas de informação capazes de sustentar decisões baseadas em evidências.

Referências

- de Almeida Mendes, Wesley et al.** (2021). “Influência do controle na eficiência na alocação dos recursos públicos municipais,” *Revista Universo Contábil*, 17(3): 142–159.
- Bacot, A. H. e R. A. Dawes** (1997). “State expenditures and policy outcomes in environmental program management,” *The Policy Studies Journal*, 25(3): 355–370.
- Barata, Martha Macedo de Lima, Débora Cynamon Kligerman, e Carlos Minayo-Gomez** (2007). “A gestão ambiental no setor público: uma questão de relevância social e econômica,” *Ciência & Saúde Coletiva*, 12 165–170.
- Boggia, Antonio e Carla Cortina** (2010). “Measuring sustainable development using a multi-criteria model: A case study,” *Journal of Environmental Management*, 91(11): 2301–2306.
- Cámara-Aceituno, Juan et al.** (2024). “Application of the data envelopment analysis technique to measure the environmental efficiency of the 27 countries of the European Union during the period 2012–2020,” *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26(5): 1477–1505.
- Campos, Magno Silvério** (2018). “Uma análise robusta de benchmarking utilizando o método de Fronteira Estocástica Bayesiano aplicado às empresas brasileiras de distribuição de energia,” Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Carneiro, A. de F. e J. A. de Souza** (2021). “Eficiência na Gestão Ambiental como Função de Despesa Pública em Rondônia,” *Revista Controladoria e Gestão*, 2(1): 259–276, jan./jun.
- Chung, Y. H., R. Färe, e S. Grosskopf** (1997). “Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach,” *Journal of Environmental Management*, 51(3): 229–240.
- Dantas, Marina Kolland** (2024). “Os arranjos institucionais do Programa Município VerdeAzul no estado de São Paulo: proposta de um modelo para a análise da implementação das políticas públicas ambientais,” Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Deprá, Vinicius Oliveira Braz e Mônica Clarissa Hennig Leal** (2017). “Fiscalização do orçamento público: accountability e controle social da atividade financeira do Estado,” *Revista do Direito Público*, 12(3): 216–241, dez.
- Dyson, R. G., R. Allen, A. S. Camanho, V. V. Podinovski, C. S. Sarrico, e E. A. Shale** (2001). “Pitfalls and protocols in DEA,” *European Journal of Operational Research*, 132(2): 245–259.
- Färe, R., S. Grosskopf, D.-W. Noh, e W. Weber** (2005). “Characteristics of a Polluting Technology: Theory and Practice,” *Journal of Econometrics*, 126 469–492.

- Ferreira, Leila da Costa, Igor Ferraz da Fonseca, e Carlos Frederico Bernardo Loureiro** (2016). “Política ambiental e gestão municipal no Brasil,” *Revista de Administração Pública*, 50(2): 205–228, mar./abr.
- Hoff, A.** (2007). “Second stage DEA: Comparison of approaches for modelling the DEA score,” *European Journal of Operational Research*, 181(1): 425–435.
- Holanda, Thiago Costa, Felipe Moura Oliveira, Caren Stela Máximo Batista, e Daniel Barboza Guimarães** (2024). “Determinantes dos gastos públicos na gestão ambiental no Brasil,” *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(4): p. e05134, Rev. Gest. Soc. Ambient., Miami.
- Hood, C. A.** (1991). “Public management for all seasons?” *Public Administration*, 69(1): 3–19.
- Jacobi, Pedro Roberto** (1999). *Cidade e meio ambiente*, Annablume, São Paulo.
- Lanna, A. E.** (2002). “A inserção da gestão das águas na gestão ambiental,” in H. R. Munoz (ed.), *Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos*, Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília, DF, , 2nd edition 75–108.
- Lazzarotti, Argeu, Daniela Pedrassani, Fernando Ramos, e Jacir Favretto** (2021). “Eficiência na aplicação de recursos públicos destinados à gestão ambiental dos municípios de Santa Catarina,” *Relatório / Estudo Acadêmico*, Estudo disponível em repositórios acadêmicos sobre indicadores de eficiência ambiental municipal.
- Medeiros, André Aparecido e Maria da Penha Vasconcellos** (2023). “Ambiente, saúde e covid-19: da crise global à existência sustentável,” *Saúde e Sociedade*, 32(1): p. e220601pt.
- Mello, F. S., F. F. Silveira Fogaça, e H. C. Hollnagel** (2014). “A Construção de Indicadores Ambientais como Ferramenta de Gestão Pública,” *Revista RIDAP*, 1(1): 1–20.
- Monzoni Neto, Mario Prestes** (2018). “Análise dos custos e benefícios das políticas públicas: o caso dos instrumentos econômicos para gestão ambiental,” Tese (Doutorado em Ciência Ambiental), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Moura, Alessandra Lima** (2023). “Políticas territoriais e gestão ambiental urbana: os desafios da gestão ambiental municipal frente à instalação da UHE Belo Monte em Altamira-PA,” Tese (Doutorado em Ciência Ambiental), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Moutinho, Victor e Mara Madaleno** (2021). “Assessing eco-efficiency in Asian and African countries using stochastic frontier analysis,” *Energies*, 14(4): p. 1168.
- Oliveira, R. e M. Silva** (2025). “17 capitais não têm planos para se recuperar de desastres climáticos, aponta estudo,” JOTA, 12 nov. 2025.
- Pearce, D. W. e R. K. Turner** (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.





- Philippi Jr, A., M. A. de Romero, e G. C. Bruna** (2013). *Curso de Gestão Ambiental*, Manole, São Paulo, , 2nd edition.
- Ratner, Svetlana et al.** (2021). “Efficiency evaluation of regional environmental management systems in Russia using data envelopment analysis,” *Mathematics*, 9(18): p. 2210.
- Rodrigues, Hugo Thamir e Marli Daniel** (2023). “Escassez de recursos públicos: uma leitura a partir da solidariedade entre os entes federados e as pessoas,” *Revista do Direito Público*, 18(1): 229–246, jan./abr.
- Savian, Mayá Patricia Gemelli e Fernanda Mendes Bezerra** (2013). “Análise de eficiência dos gastos públicos com educação no ensino fundamental no estado do Paraná,” *Economia & Região*, 1(1): 26–47, jan./jun.
- Schappo, Fillipe, Denize Demarche Minatti Ferreira, e Rodolfo Rocha dos Santos** (2017). “Uma aplicação da DEA (Data Envoltória Analysis) na gestão de resíduos sólidos nos municípios da região Sul: quem é quem quando se mede a eficiência?” in *Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade, 14., 2017, São Paulo. Anais [...]*, USP, São Paulo.
- Simar, Leopold e Paul W. Wilson** (2007). “Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes,” *Journal of Econometrics*, 136(1): 31–64.
- Soares, T. C.** (2015). “Uma proposta de avaliação da eficiência ambiental dos municípios brasileiros,” Tese (Doutorado em Economia Aplicada), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Tavares, Arianne Karla Ferreira** (2022). “Outliers: uma abordagem por meio da capacidade fiscal e de investimento em saúde - Vitória de Santo Antão,” Dissertação (Mestrado em Administração Pública), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.



The background features a dark blue color scheme with various data visualization elements. On the left, there is a bar chart with five bars of increasing height, with values 138, 178, 175, 172, and 190. A line graph with two upward-trending lines is overlaid on the bars. To the right, there are two circular progress indicators: the top one shows 68% and the bottom one shows 75%. A dotted line with a downward-pointing triangle connects these two circles. At the bottom right, there is a network diagram of interconnected nodes forming a sphere. The text 'idp' is centered in a white, lowercase, sans-serif font.

idp

SGAS Quadra 607 - Módulo 49
Via L2 Sul, Brasília-DF
CEP: 70200-670

  /sejaidp
 (61) 3535-6565
 idp.edu.br