



# O IMPACTO DE VARIÁVEIS CONTEXTUAIS NO DESEMPENHO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA NO BRASIL: UMA ABORDAGEM DEA

Marco TOURINHO<sup>1,2</sup>, Paulo ROSA-SANTOS<sup>1,3</sup>, Francisco TAVEIRA-PINTO<sup>1,3</sup>, Ana M. CAMANHO<sup>4</sup>

1. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 PORTO, Portugal

2. Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura, Ministério da Economia, Bloco K, BRASÍLIA, Brasil

3. Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Universidade do Porto (CIIMAR), Terminal de Cruzeiros de Leixões, Avenida General Norton de Matos, S/N, 4450-208, MATOSINHOS, Portugal

4. Departamento de Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 PORTO, Portugal

*eng.tourinho@gmail.com (ORCID 0000-0002-5004-535X), pjrsantos@fe.up.pt (ORCID 0000-0002-3768-3314), fpinto@fe.up.pt (ORCID 0000-0003-4337-8428), acamanho@fe.up.pt (ORCID 0000-0001-7683-5889)*

## RESUMO

O *benchmarking* é uma ferramenta fundamental para a gestão dos serviços de abastecimento de água e drenagem de águas residuais, que permite identificar as melhores práticas bem como apontar a ineficiência dos serviços. Sob este aspeto, a análise contextual desempenha um importante papel uma vez que auxilia o investigador a perceber os fatores que afetam o desempenho dos serviços. Neste estudo implementou-se uma abordagem não-paramétrica baseada em DEA para calcular a eficiência dos serviços de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais em uma amostra de 448 municípios brasileiros. Os resultados identificaram um grande potencial de melhoria nos serviços e revelaram também a grande heterogeneidade no ambiente em que esses serviços são prestados. A análise contextual mostrou que as regiões Centro-Oeste e Sudeste do país têm os serviços mais eficientes, enquanto a região Nordeste apresenta a maior ineficiência. Para além disso, verificou-se ainda que as entidades gestoras com administração local são mais eficientes que as com administração regional. Por fim, encontrou-se evidências de que as entidades gestoras privadas apresentam eficiência ligeiramente mais elevadas que as entidades públicas.

**Palavras-Chave:** abastecimento de água; *benchmarking*; saneamento; DEA; análise por envoltória de dados.

## 1. INTRODUÇÃO

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas propõe uma visão partilhada para garantir a paz e a prosperidade, para as gerações atuais e futuras. Um dos seus objetivos está especificamente direcionado para o setor da água (Objetivo 6 – Água e Saneamento) e visa garantir a disponibilidade e a gestão sustentável do abastecimento de água e do saneamento a todos.

Neste contexto, o *benchmarking* é uma ferramenta valiosa, tanto para os profissionais como para os reguladores dos Serviços de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais (SAAR), pois permite orientar a elaboração de políticas públicas e também ajuda na disseminação das melhores práticas no sector. A utilização do *benchmarking* em cenários regulatórios tem ganhado atenção internacional, o que se reflete no crescimento do número de publicações nesta área (Goh e See, 2021).

Este trabalho pretende avaliar o desempenho dos SAAR em 448 municípios brasileiros através da análise por envoltória de dados (DEA) e utiliza, numa segunda fase, testes de hipóteses para avaliar o impacto de uma lista abrangente de fatores contextuais sobre os níveis de eficiência. Assim, este documento contribui para a consecução do Objetivo 6 ao propor abordagens inovadoras para enfrentar os desafios do desempenho dos serviços básicos, envolvendo o fornecimento de água e a drenagem de águas residuais seguindo os padrões de qualidade exigidos e ao menor custo. Pretende-se assim ajudar a satisfazer as necessidades dos cidadãos, reduzindo simultaneamente as ineficiências na utilização dos recursos públicos.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Estimativa da eficiência técnica

O método de análise por envoltória de dados (DEA) foi escolhido para avaliar a eficiência das empresas do sector da água, pois apresenta várias características que o tornam útil nestas aplicações (Thanassoulis, 2000). Tendo por base a literatura especializada, neste estudo foram adotados os retornos variáveis em escala (VRS) com orientação aos *inputs*. O VRS permite a comparação de unidades de tomada de decisão (DMUs) com uma escala de serviço semelhante, enquanto a orientação para os *inputs* é justificada, neste contexto, pela necessidade de os fornecedores garantirem os *outputs* aos clientes usando o mínimo de *inputs*. Assim, assumindo uma tecnologia VRS, o modelo DEA orientado para os *inputs* utilizado para estimar as pontuações de eficiência é o seguinte (Banker *et al.*, 1984):

$$E_{j0} = \text{Min } \theta \quad (1)$$

sujeito à

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} &\leq \theta x_{i0} & i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} &\geq y_{r0} & r = 1, \dots, s \\ \lambda_j &\geq 0 & j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

onde  $\theta_j$  representa a pontuação de eficiência da DMU avaliada. O valor de  $\theta_j$  varia entre 0 e 1, e  $\theta_j = 1$  representa que a DMU é eficiente.

### 2.2. Seleção de variáveis para a avaliação da eficiência

A representação gráfica do modelo utilizado neste estudo é apresentada na Figura 1.

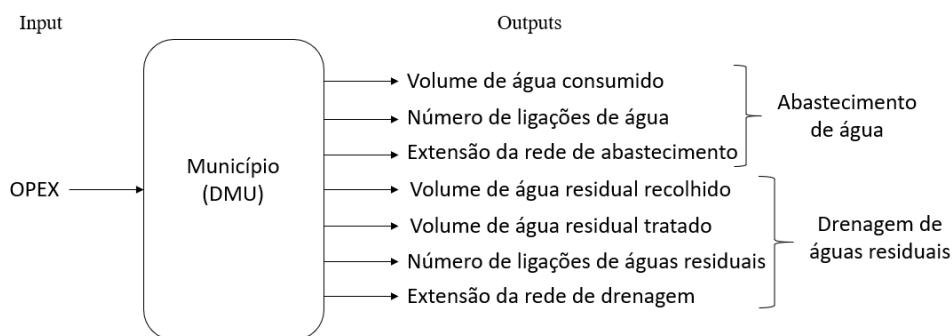


Figura 1 - Variáveis utilizadas no modelo DEA.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Avaliação da eficiência

A Tabela 1 apresenta os principais resultados obtidos usando as tecnologias de retornos variáveis de escala (VRS) e de retornos constantes de escala (CRS), bem como a respetiva eficiência de escala (SE). Os resultados mostram um potencial considerável de melhoria associado a ganhos de eficiência puramente técnica, uma vez que o valor médio da pontuação da tecnologia VRS é de apenas 44,62%. O baixo valor assinala também a existência de uma heterogeneidade significativa nos níveis de desempenho dos SAAR nos municípios brasileiros. A pontuação média da SE é de 54,44%, destacando as perdas de eficiência devido à dimensão da escala dos serviços públicos.

Tabela 1 – Resultados da análise por envoltória de dados.

DEA	Média	Desvio	Mínimo	Máximo
-----	-------	--------	--------	--------

	Padrão			
<b>VRS</b>	44.62	20.78	13.81	100
<b>CRS</b>	22.99	11.49	4.22	100
<b>Eficiência de escala</b>	54.44	15.44	10.28	100

As ineficiências podem estar relacionadas com a sub- ou sobre-escala dos SAAR. Alguns autores identificaram problemas com a pequena escala dos serviços e sugeriram a agregação dos mesmos (Klien e Michaud, 2019). No entanto, dada a dimensão do Brasil, em muitos casos, torna-se inviável essa agregação, pois algumas cidades estão a milhares de quilômetros de distância das cidades vizinhas. Mesmo quando é geograficamente possível agregar serviços de diferentes municípios, é importante ter em atenção potenciais conflitos de natureza ambiental, política ou administrativa. A literatura também mostra casos de ineficiência devido à sobre-escala dos serviços públicos, geralmente relacionada com a complexidade que os serviços atingem à medida que a sua dimensão aumenta. Neste caso, a sugestão mais comum é subdividir os serviços de utilidade pública em unidades de gestão mais pequenas.

### 3.2. Análise contextual

Numa segunda fase de análise, seguindo uma abordagem sistemática (Henriques *et al.*, 2020), foi aplicado o teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis* (Kruskal e Wallis, 1952). A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 2 – Resultado do teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis*.

Variável	no. DMUs	no. Eff (%)	Eff média	Desv.Pad	P value
<b>Localização geográfica</b>					
Norte	22	2 (11%)	46.14	23.82	0.000
Nordeste	125	5 (26%)	39.23	19.38	
Sudeste	186	8 (42%)	48.61	19.12	
Sul	79	2 (11%)	40.13	21.77	
Centro-Oeste	36	2 (11%)	51.69	23.87	
<b>Extensão da prestação</b>					
Local	137	8 (42%)	54.10	20.83	0.000
Regional	307	11 (58%)	40.15	19.19	
Micro-regional	4	0 (0%)	63.47	22.23	
<b>Tipo de prestador</b>					
Administração pública direta	8	2 (11%)	61.75	26.15	0.000
Autarquias	98	5 (26%)	53.78	20.36	
Empresas privadas	31	1 (5%)	56.26	21.30	
Empresas públicas	3	0 (0%)	44.49	20.38	
Sociedades de economia mista e administração pública	308	11 (58%)	40.10	19.14	

A Tabela 2 mostra que existe um efeito estatisticamente significativo da localização geográfica na distribuição da eficiência. Ferro *et al.* (2014) também encontraram uma ligeira variação nos níveis de eficiência entre as regiões brasileiras, embora não tenham encontrado diferenças entre a sua estrutura de custos. Da mesma forma, Lombardi *et al.* (2019) concluíram que a localização geográfica parece ser um elemento-chave na classificação dos índices de eficiência das empresas italianas. Os resultados sugerem que a região Centro-Oeste é a mais eficiente em termos de eficiência média, seguida pela região Sudeste. Por outro lado, a região do Nordeste foi identificada como a mais ineficiente.

Importa ainda referir que há diferenças estatisticamente significativas entre a eficiência dos vários prestadores. Os municípios com prestadores *Locais* têm uma maior eficiência nos SAAR do que os municípios com prestadores *Regionais*. Este resultado é consistente com as conclusões obtidas por Carvalho e Sampaio (2015). É provável que as entidades locais tenham maior flexibilidade e, possivelmente, menos burocracia nas suas ações, justificando os resultados obtidos neste estudo. Além disso, a ineficiência detetada nos fornecedores regionais pode ter origem no processo histórico de criação de empresas estatais de saneamento básico, as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs). Nos anos 70, o governo central estimulou a criação destas entidades para prestar SAAR de forma regionalizada e assim obter ganhos de escala, condicionando a obtenção de recursos federais pelos municípios à concessão dos seus SAAR às respetivas CESBs. Contudo, muitos municípios,

especialmente aqueles que já tinham os seus SAAR mais consolidados, operacional e financeiramente, preferiram não aderir ao plano do governo.

Por fim, o teste *Kruskal-Wallis* detetou uma diferença estatisticamente significativa na distribuição das eficiências na variável "Tipo de Fornecedor". A "Sociedade de Economia Mista" apresentou uma eficiência técnica média inferior a todos os outros grupos (40,1), enquanto os fornecedores do tipo "Administração Pública Direta", "Empresa Privada" e "Autarquia" apresentaram as médias mais elevadas (Tabela 2). Este resultado reforça o obtido na secção anterior, onde os prestadores de serviços locais têm a maior eficiência. Além disso, o resultado sugere que as empresas privadas têm uma ligeira vantagem na eficiência da prestação de serviços quando se consideram as eficiências médias das entidades "não privadas" em conjunto. O impacto da titularidade (pública ou privada) na eficiência dos SAAR é um dos fatores mais estudados na literatura especializada, mas não há consenso sobre o assunto (Cetrulo *et al.*, 2019).

#### 4. CONCLUSÕES

As variáveis contextuais desempenham um papel crucial na análise do desempenho dos serviços de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. Este trabalho contribuiu para este debate ao realizar uma análise da eficiência da indústria brasileira de água urbana, utilizando dados do ano 2019. Como é habitual em estudos como este, foi implementada uma abordagem não-paramétrica baseada em DEA para calcular a eficiência dos serviços numa amostra de 448 municípios brasileiros. Também foram adotadas restrições de peso para garantir que todas as variáveis do modelo eram consideradas na avaliação. A eficiência relativa média da amostra mostrou um valor baixo (44%), o que sugere um elevado potencial de melhoria e reflete também a heterogeneidade do ambiente em que os serviços são prestados. Por último, foi ainda identificado o perfil das DMUs mais eficientes, considerando a eficiência relativa média e número de unidades: municípios com serviços de gestão local, localizados sobretudo nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, cujos serviços são prestados por Autarquias. A análise contextual mostrou uma grande diversidade na produtividade, mesmo dentro de grupos específicos, particularmente no que diz respeito às despesas operacionais. Os resultados reforçam a necessidade de estabelecer políticas públicas mais objetivas para reduzir a ineficiência dos serviços, de modo a possibilitar a concretização dos objetivos propostos na Agenda 2030 das Nações Unidas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banker, R., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9):1078–1092.
- Carvalho, A. E. C. and Sampaio, L. M. B. (2015). Paths to universalize water and sewage services in Brazil: The role of regulatory authorities in promoting efficient service. *Utilities Policy*, 34:1–10.
- Cetrulo, T. B., Marques, R. C., and Malheiros, T. F. (2019). An analytical review of the efficiency of water and sanitation utilities in developing countries. *Water research*, 161:372–380.
- Ferro, G., Lentini, E., Mercadier, A., and Romero, C. (2014). Efficiency in Brazil's water and sanitation sector and its relationship with regional provision, property and the independence of operators. *Utilities Policy*, 28:42–51.
- Goh, K. and See, K. (2021). Twenty years of water utility benchmarking: A bibliometric analysis of emerging interest in water research and collaboration. *Journal of Cleaner Production*, 284:124711.
- Henriques, A., Camanho, A., Amorim, P., and Silva, J. G. (2020). Performance benchmarking using composite indicators to support regulation of the Portuguese wastewater sector. *Utilities Policy*, 66:101082.
- Klien, M. and Michaud, D. (2019). Water utility consolidation: Are economies of scale realized? *Utilities Policy*, 61.
- Kruskal, W. and Wallis, W. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260):583–621.



Lombardi, G., Stefani, G., Paci, A., Becagli, C., Miliacca, M., Gastaldi, M., Giannetti, B., and Almeida, C. (2019). The sustainability of the Italian water sector: An empirical analysis by DEA. *Journal of Cleaner Production*, 227:1035–1043.

Thanassoulis, E. (2000). The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution. *European Journal of Operational Research*, 126(2):436–453.