

V-030 - BENCHMARKING DE DESEMPENHO ENTRE AS OPERADORAS DE ÁGUA E ESGOTO DAS BACIAS PCJ

Tiago Balieiro Cetrulo⁽¹⁾

Engenheiro Agrônomo pela Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz (ESALQ/USP). Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Natália Molina Cetrulo

Administradora pelo Centro Universitário Eurípedes de Marília, UNIVEM. Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutoranda em Sustentabilidade na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP).

Tadeu Fabrício Malheiros

Engenheiro Civil pela Universidade de São Paulo. Mestre em Resources Engineering pela Karlsruher Institut für Technologie. Doutor em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública (FSP/USP). Professor de Engenharia Ambiental na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques

Engenheiro Civil pelo Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa (IST/UL). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Coimbra. Doutor em Engenharia Civil pelo Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa (IST/UL). Professor de Engenharia Civil no Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa (IST/UL).

Aline Doria de Santi

Gestora e Analista ambiental pela Universidade Federal de São Carlos. Mestranda em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP)

Endereço⁽¹⁾: Avenida dos Trabalhadores São-carlense, 400 - Parque Arnold Schmidt, São Carlos – SP – CEP: 13566-590- Brasil - e-mail: tiagocetrulo@usp.br

RESUMO

O benchmarking é uma das ferramentas mais importantes para analisar os desempenhos, gerar bases de aferição e promover a comparação entre prestadoras de serviço. Dessa forma o presente trabalho apresenta um estudo de benchmarking para analisar o desempenho entre as operadoras de água e esgoto das Bacias PCJ. Optou-se pela utilização de benchmarking métrico total não paramétrico, mais especificamente a Análise Envoltória de Dados – DEA. Em essência, a DEA é uma técnica de programação linear matemática que converte múltiplos *inputs* e *outputs* em uma única medida de eficiência para cada operadora. Os resultados apontam que, das 57 operadoras estudadas, somente 1 está operando de forma eficiente, com base na eficiência global, DEA-CRS. Avaliando somente a eficiência técnica pura, DEA-VRS, se percebe que 5 operadoras estão operando de forma eficiente. 63% das operadoras estão operando em alta eficiência de escala. A estrutura de *benchmarking* aqui apresentada pode ser utilizada pelas operadoras para identificação de seu *benchmark* e de suas folgas em relação às operadoras que estão na fronteira de eficiência. A estrutura também pode ser utilizada pelas entidades reguladoras para calcular o Fator-X que determina o *Price Cap*.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência de operadoras, Benchmarking métrico, Análise envoltória de dados.

INTRODUÇÃO

A ferramenta benchmarking está bem estabelecida como um tema de pesquisa científica. Para o setor de abastecimento de água, várias pesquisas o apontam como uma ferramenta com alto potencial para incrementar desempenho e eficiência das operadoras, como os de Cubbin e Tzanidakis (1998), Berg (2003), Corton (2003), Tupper e Resende (2004), Lin (2005), Seroa Da Motta e Moreira (2006), Kun, Talib e Redzwan (2007), Mugisha (2007); Picazo-Tadeo, Sáez-Fernández e Gonzáles-Gómez (2008), Corton e Berg (2009), Singh, Upadhyay e Mittal (2010), Romano e Guerrini (2011), Singh, Mittal e Upadhyay (2011), Carvalho, Marques e Berg (2012), Marques, Berg e Yane (2014), Storto (2014) e Wibowo e Alfen (2015).

O início do benchmarking acontece com os japoneses fazendo engenharia reversa de produtos americanos, mas somente ganha visibilidade e essa nomenclatura quando, em 1970, a Xerox publica os resultados dessa prática ao assimilar processos de sua concorrente, a Fuji (PARENA; SMEETS, 2001).

Essa ferramenta teve grande aceitação mundial, porque pode auxiliar qualquer tipo de instituição, sendo um instrumento útil na tomada de decisão, uma vez que permite encontrar e, posteriormente, implantar melhores práticas que conduzirão a um desempenho superior ao atual (CARPINETTI; MELO, 2002).

O fundamental objetivo do Benchmarking é o de promover a mudança na gestão e encontrar o melhor desempenho para produtos, serviços ou processos de qualquer tipo de instituição e, assim, promover a melhor satisfação do cliente. O foco está em implantar as melhores práticas, que se traduzem no desempenho superior, sendo que às instituições com melhores práticas de desempenho dá-se o nome de “melhores práticas” e a seu respectivo desempenho “nível de desempenho superior” (FONG; CHENG; HO, 1998).

Helgason (1997) sugere que o benchmarking pode ser utilizado para comparar e avaliar objetivamente o desempenho das organizações; para criar uma pressão contínua de melhoria; para revelar áreas ou processo específicos que necessitam ser melhorados; identificar as melhores práticas e adotá-las; verificação de andamento de planos de melhoria.

Especificamente para os serviços de água, Water and Sanitation Program (2010) identifica que o benchmarking pode ser utilizado para promover a eficiência no contexto de monopólio, para apoiar o planejamento e a avaliação do setor e para identificar e partilhar as melhores práticas.

Nesse mesmo sentido, no setor de água o benchmarking permite simular ambientes de concorrência, comparando aspectos de gestão, identificando e medindo ineficiências, observando o impacto das decisões nas melhorias, dimensionando os incentivos para a melhora, além de assegurar o bom desempenho (ROMERO; FERRO, 2008; SEPPÄLÄ, 2015).

O benchmarking é uma das ferramentas mais importantes para analisar os desempenhos, gerar bases de aferição e promover a comparação entre as prestadoras de serviços (BERG, 2003), dessa forma o presente trabalho apresenta um estudo de benchmarking para analisar o desempenho entre as operadoras de água e esgoto das Bacias PCJ.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Benchmarking é um processo contínuo e sistemático, onde comparações de eficiência são realizadas para relacionar as organizações, em termos de produtividade, qualidade e processos com aquela que tem as melhores práticas (The Tilde Partners, 2005). Existe uma variedade bastante grande de métodos de benchmarking, nesse trabalho as análises realizadas são resultados de um benchmarking métrico total não paramétrico, mais especificamente uma Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*).

Em essência, a DEA é uma técnica de programação linear matemática que converte múltiplos *inputs* e *outputs* em uma única medida de eficiência para cada DMU (Decision Making Units) de um conjunto homogêneo de operadoras (SINGH; MITTAL; UPADHYAY, 2011; MARQUES; BERG; YANE, 2014). A DEA constrói uma fronteira não paramétrica de produção eficiente unindo um grupo de segmentos lineares que inclui os produtores mais eficientes e avalia as outras DMUs com base na distância em que elas se encontram da fronteira (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007; CORTON; BERG, 2009; ROMANO; GUERRINI, 2011; SINGH; MITTAL; UPADHYAY, 2011).

Dessa forma, as DMUs que estão sobre a fronteira são as mais eficientes em comparação ao grupo de benchmarking, recebendo um índice de eficiência técnica (TE) 1 (melhores práticas). As outras DMUs receberão índices de eficiência técnica (TE) entre 0 e 1, sendo que quanto mais perto de 0 menos eficiente ela é (ROMANO; GUERRINI, 2011; SINGH; MITTAL; UPADHYAY, 2011; STORTO, 2014).

A fronteira de produção é gerada ao resolver essa sequência de problemas de programação linear, uma para cada DMU incluída na amostra (SINGH; UPADHYAY; MITTAL, 2010). A eficiência relativa de uma

unidade é medida pela distância entre a observação real e sua respectiva operadora virtual, que está localizada na fronteira obtida a partir de todas as unidades em análise (CAMP, 1998). O modelo ainda determina para cada unidade o melhor conjunto de pesos de entrada e de saída que maximizam seu escore de eficiência, ou seja, calcula metas de entrada e saída que tornariam uma unidade ineficiente em eficiente (CAMP, 1998; SINGH; UPADHYAY; MITTAL, 2010; STORTO, 2014). DEA é, portanto, uma medida de eficiência, relativa às melhores práticas dentro do grupo de amostra, sendo considerada como um método de ponto extremo (CAMP, 1998; CORTON; BERG, 2009; ROMANO; GUERRINI, 2011).

Segundo Singh, Upadhyay e Mittal (2010), Charnes, Cooper e Rhodes, originalmente, propuseram o DEA considerando retornos constantes de escala (CRS), esse modelo também é conhecido pela sigla de seus autores Charnes, Cooper e Rhodes (CCR). O modelo linearizado está representado pelas equações:

$$\begin{aligned} \min \theta \\ \sum_j \lambda_j x_{ij} &\leq \theta x_{0i} \\ \sum_j \lambda_j y_{jr} &\geq y_{0r} \\ \lambda_j, \theta &\geq 0 \end{aligned} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: θ = eficiência da DMU; $j = n$ –ésima DMU; $i = m$ –ésimo output; $r = s$ –ésimo output.

Nessa abordagem considera-se indiferente o tamanho da DMU, ou seja, para a produção de uma pequena ou grande quantidade de produtos as eficiências são calculadas considerando uma função linear entre *inputs* e *outputs* (SINGH; UPADHYAY; MITTAL, 2010; ROMANO; GUERRINI, 2011; STORTO, 2014). Porém, quando não ocorrem relações lineares entre os *inputs* e *outputs* é necessário adotar o modelo com retornos variáveis de escala (VRS) (SINGH; UPADHYAY; MITTAL, 2010; ROMANO; GUERRINI, 2011; BERG, 2013; MARQUES; BERG; YANE, 2014). Nesse modelo, obriga-se que a fronteira de eficiência seja convexa, adicionando uma restrição na equação 1, $\sum_j \lambda_j = 1$.

Cooper, Seiford e Tone (2007) recomendam para setores formados de empresas com portes bastante distintos aplicar a técnica VRS para desassociar os efeitos de escala da "eficiência técnica pura". Portanto, o resultado de um modelo CRS apresenta a eficiência global de uma DMU, sendo que o resultado do modelo VRS exclui da eficiência global os efeitos de escala (ROMANO; GUERRINI, 2011). Da razão entre os modelos se obtém somente o impacto do efeito de escala (CORTON; BERG, 2009).

Ambos os modelos DEA (CRS e VRS) podem ser orientados para o input ou para o output. Orientado pelo input, o modelo de programação linear destina-se a determinar o quanto uma DMU pode eficientemente restringir os *inputs* a fim de alcançar o mesmo nível de output. Orientada para os *outputs*, o modelo de programação linear tem por objetivo determinar a máxima produção de *outputs* restringindo os *inputs* (STORTO, 2014). A escolha vai depender do objetivo das operadoras que estão participando do exercício de benchmarking em minimizar os recursos ou maximizar os resultados (CORTON; BERG, 2009). Para os serviços públicos de água, quase sempre o foco é na minimização dos recursos, ou seja, orientação para *inputs*. A equação 1 está orientada para os *inputs*, minimização (PICAZO-TADEO; SÁEZ-FERNÁNDEZ; GONZÁLES-GÓMEZ, 2008; SINGH; UPADHYAY; MITTAL, 2010; BERG; MARQUES, 2011).

Wibowo e Alfen (2015) explicitam a importância de se selecionar indicadores de benchmarking para que sejam representativos daquilo que se pretende evidenciar. Se o benchmarking foca verificar eficiência de um serviço, os indicadores têm que representar bem os *inputs* e *outputs* desse serviço. Para Mosse e Sontheimer (1996), os indicadores de *input* medem a quantidade de recursos necessários para uma atividade ou projeto, podem ser relacionados à: financiamento, recursos humanos, treinamento, equipamentos, materiais, suplementos, capital e custos em geral. Os de *output* medem a quantidade de produtos ou serviços criados através dos *inputs*. Os *inputs* e *outputs* utilizados nesse trabalho estão na Tabela 1, sendo que todos os dados foram coletados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS). Dados do ano 2014, para

operadoras que trabalham com abastecimento de água e esgotamento sanitário dos municípios do Estado de São Paulo, que pertencem às Bacias Piracicaba, Jundiá e Capivari.

Tabela 1: Inputs e outputs utilizados.

<i>INPUTS</i>	
Custo de capital	Extensão de rede de água e esgoto
Custo com pessoal	Despesas com pessoal próprio e terceiros
Outras despesas operacionais	Despesas com energia e produtos químicos
<i>OUTPUTS</i>	
Volume de água faturado	1000 m ³ /ano
Volume de esgoto faturado	1000 m ³ /ano
Ligações ativas de esgoto	Quantidade de ligações ativas de esgoto à rede pública
Ligações ativas de água	Quantidade de ligações ativas de água à rede pública

RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta uma descrição estatística das variáveis utilizadas.

Tabela 2: Estatística descritiva para os inputs e outputs.

	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
<i>Inputs</i>				
Extensão das redes de água e esgoto (km)	20,23	8808,75	687,36	1253,92
Despesa com pessoal próprio e terceiros (1000 R\$/ano)	104,19	383565,4	17916,61	50056,05
Despesas com energia e produtos químicos (1000 R\$/ano)	34,16	57906,6	4586,5	8864,29
<i>Outputs</i>				
Volume de água faturado (1.000 m ³ /ano)	0	88243,8	6866,84	12908,6
Volume de esgotos faturado (1.000 m ³ /ano)	0	75056,8	5803,8	11260,8
Quantidade de ligações ativas de água	664	349726	30774	51196,3
Quantidade de ligações ativas de esgotos	521	289268	26596,8	44171,2

Tabela 3: Matriz de correlação entre os inputs e outputs.

	<i>Input 1</i>	<i>Input 2</i>	<i>Input 3</i>	<i>Output 1</i>	<i>Output 2</i>	<i>Output 3</i>	<i>Output 4</i>
<i>Input 1</i>	1	0,96	0,96	0,99	0,98	0,99	0,98
<i>Input 2</i>		1	0,93	0,95	0,94	0,94	0,92
<i>Input 3</i>			1	0,97	0,97	0,97	0,97
<i>Output 1</i>				1	0,99	0,99	0,99
<i>Output 2</i>					1	0,99	0,99
<i>Output 3</i>						1	1
<i>Output 4</i>							1

Realizou-se uma agregação para se obter ao final somente um input e um output. Isso foi realizado devido ao alto grau de associação entre as variáveis, ver Tabela 3. Para tanto realizou-se um *Principal Component Analysis*, as variáveis resultantes explicam 99,57% e 99,65% das variáveis de *input* e *output*, respectivamente.

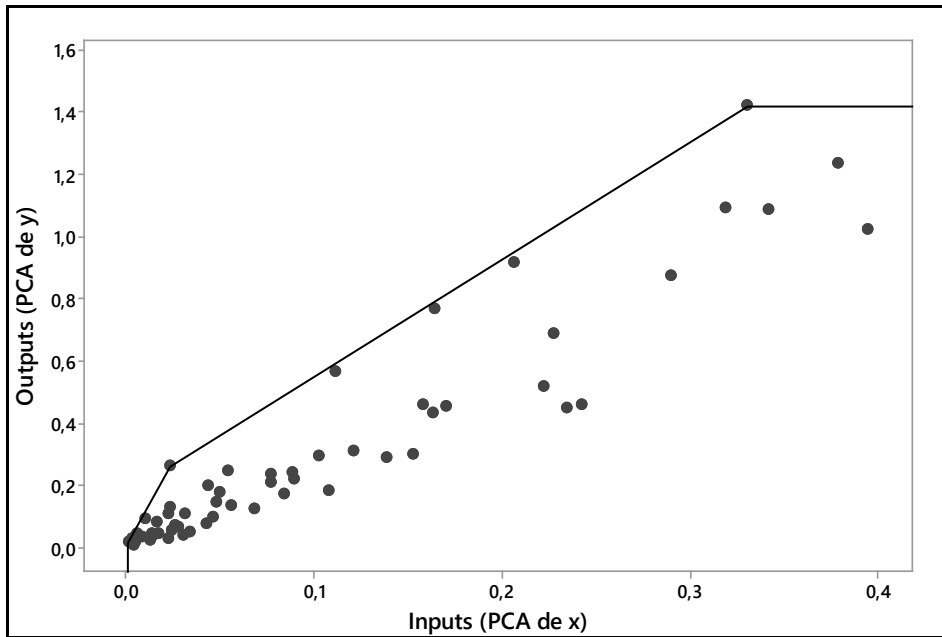


Figura 1: Fronteira de eficiência, considerando as DMUs estudadas.

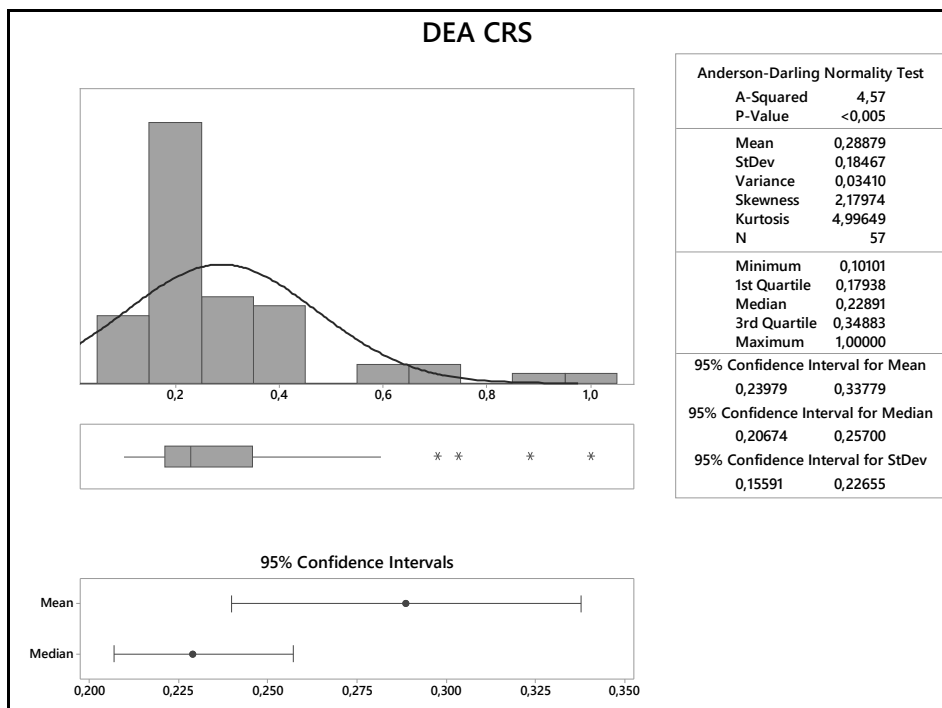


Figura 2: Estatística descritiva das eficiências calculadas, modelo DEA CRS.

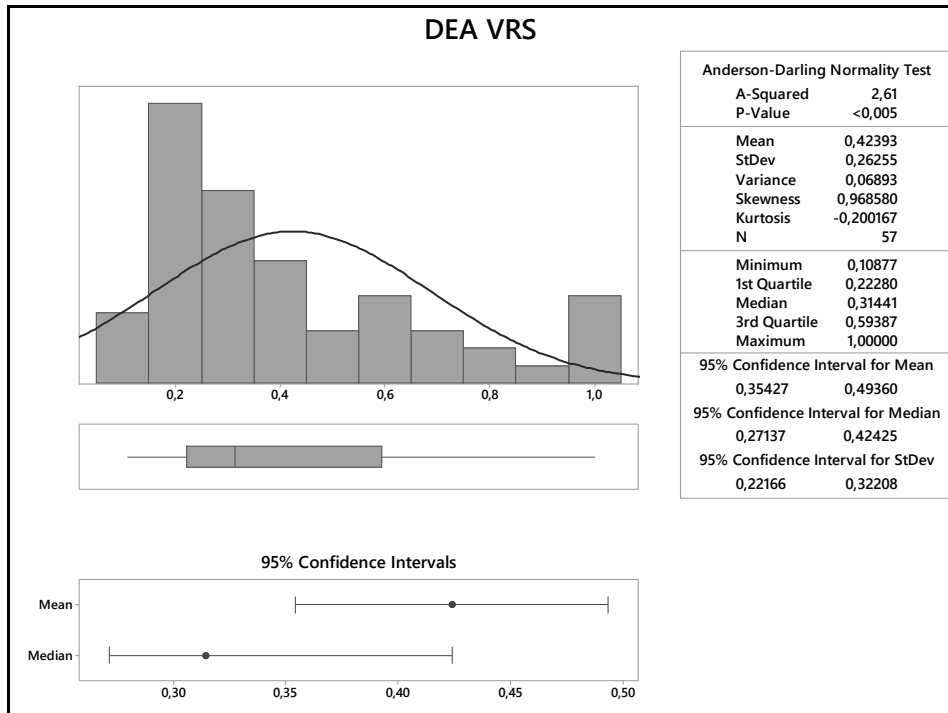


Figura 3: Estatística descritiva das eficiências calculadas, modelo DEA VRS.

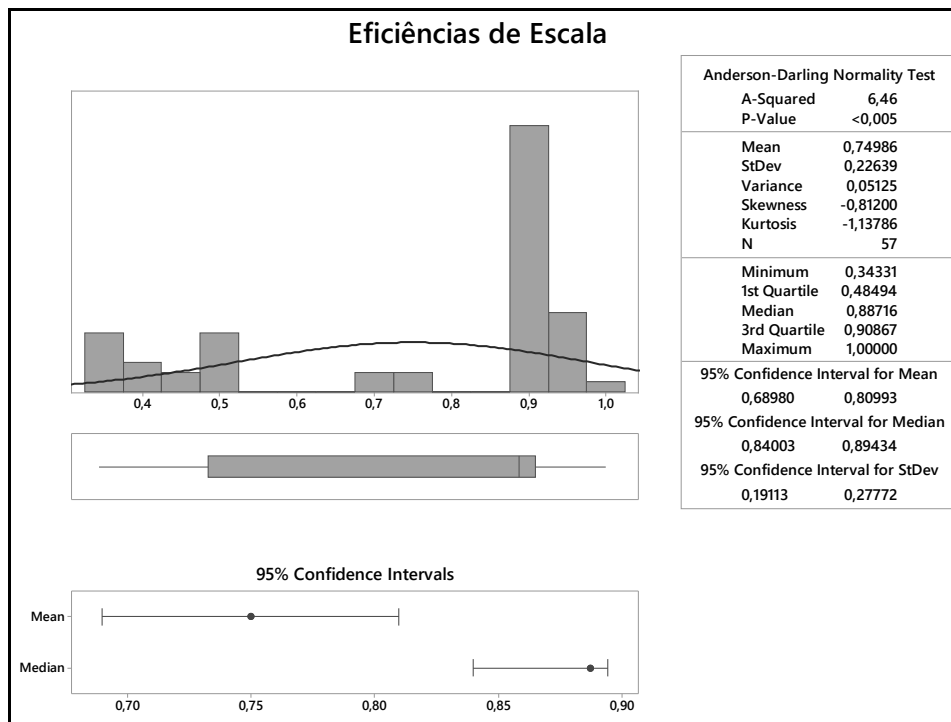


Figura 4: Estatística descritiva das eficiências de escala.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas para todas as sete variáveis utilizadas das 57 operadoras estudadas (DMU's). A partir dos resultados dessa estatística é possível verificar a variabilidade de porte, custos operacionais e níveis de atendimento, no contexto das Bacias Piracicaba, Capivarí e Jundiá.

Já a Tabela 3 apresenta uma matriz de correlação entre as sete variáveis selecionadas para o estudo com a finalidade de explicar as escolhas das variáveis para a modelagem do DEA. A correlação positiva entre as variáveis de input e de output confirmam a confiabilidade do modelo estruturado, sendo possível agregar as variáveis com alto grau de confiança. Outra qualidade do modelo estruturado é proveniente do número de DMU's ser maior que o produto entre o número de inputs e outputs e maior que três a soma do número de inputs e outputs.

A Figura 1 apresenta as operadoras, seus inputs (PCA dos inputs originais) e outputs (PCA dos outputs originais) e a fronteira de eficiência, na qual somente 3 operadoras se encontram. A Figura 2 mostra os scores de eficiência relativa, utilizando os métodos com retorno constante e variável de escala para as operadoras de água e esgoto do Estado de São Paulo que fazem parte das Bacias PCJ, no ano de 2014. Das 57 operadoras estudadas, somente 1 está operando de forma eficiente (>95% de eficiência), quando os dados são analisados com base em sua eficiência global, DEA-CRS. Nesse mesmo método é possível verificar que 89% das operadoras estão com um score de eficiência abaixo de 0,45.

Avaliando somente a eficiência técnica pura, DEA-VRS, se percebe que 5 operadoras estão operando de forma eficiente (>95% de eficiência) e 66% estão operando abaixo de 45% de eficiência, Figura 3.

Aproximadamente 63% das operadoras estão operando em alta eficiência de escala (>87,5%), Figura 4. Porém, quase 30% estão operando em baixa eficiência de escala (<52,5%). Pode se inferir que a maior parte da ineficiência global das operadoras é devida à dificuldade de empregar os fatores de produção de forma eficiente, mas que para uma parte dela a escala é o principal problema.

CONCLUSÕES

A estrutura de *benchmarking* aqui apresentada pode ser utilizada pelas operadoras, para identificar o *benchmark* e melhorar seu desempenho através de um processo de aprendizagem, *benchmarking* de processos. Também pelas operadoras, pode ser utilizado para identificar suas folgas em relação às operadoras que estão na fronteira de eficiência e suas metas, para cada input e output, de forma a se torna eficiente. A estrutura também pode ser utilizada pelas entidades reguladoras da área, ARSESP e ARES, para ranquear a operadoras e desenvolver mecanismos de incentivos adequados ou uma regulação econômica. Na regulação econômica o DEA serve para calcular o Fator-X que determinará o *Price Cap*. A ideia central é sinalizar às operadoras que melhorando sua eficiência ela irá apropriar-se dos ganhos futuros resultantes desse esforço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERG, S. V. The art and science of Benchmarking: what will we take home. Conference on Global Developments in Water Industry Performance Benchmarking. Perth, Australia: Public Utilities Research Center. 2003.
2. CAMP, R. C. Benchmarking: identificando, analisando e adaptando as melhores práticas que levam à maximização da performance empresarial: o caminho da qualidade total. 3ª. ed. São Paulo: Pioneira, 1998.
3. CARPINETTI, L. C. R.; MELO, A. M. D. What to benchmark? A systematic approach and cases.. Benchmarking: An International Journal, v. 9, n. 3, p. 244-255, 2002.
4. CARVALHO, P.; MARQUES, R. C.; BERG, S. V. A meta-regression analysis of benchmarking studies on water utilities market structure. Utilities Policy, v. 21, n. 1, p. 40-49, December 2012.
5. COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software. 2ª. ed. New York, USA: Springer Science and Business Media, LLC, 2007.

6. CORTON, M. L. Benchmarking in the Latin American water sector: the case of Peru. *Utilities Policy*, v. 11, n. 1, p. 133-142, 2003.
7. CORTON, M. L.; BERG, S. V. Benchmarking Central American water utilities. *Utilities Policy*, v. 17, n. 1, p. 267-275, 2009.
8. CUBBIN, J.; TZANIDAKIS, G. Regression versus data envelopment analysis for efficiency measurement: an application to the England and Wales regulated water industry. *Utilities Policy*, v. 7, n. 1, p. 75-85, 1998.
9. FONG, S. W.; CHENG, E. W. L.; HO, D. C. K. Benchmarking a general reading for management practioners. *Management Decision*, Hong Kong, v. 36, n. 6, p. 407-418, 1998.
10. HELGASON, S. International Benchmarking experiences from OECD countries [OECD/PUMA Working Paper]. Paris: OECD, 1997. 1-8 p.
11. KUN, O. B.; TALIB, S. A.; REDZWAN, G. Establishment of performance indicators for water supply services industry in Malaysia. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, v. 19, n. 1, p. 73-83, 2007.
12. LIN, C. Service quality and prospects for benchmarking: Evidence from the Peru water sector. *Utilities Policy*, v. 13, n. 1, p. 230-239, 2005.
13. MARQUES, R. C.; BERG, S.; YANE, S. Nonparametric Benchmarking of Japanese water utilities: institutional and environmental factors affecting efficiency. *Journal Of Water Resources Planning And Management*, v. 140, n. 5, p. 562-571, MAY 2014.
14. MOSSE, R.; SONTHEIMER, L. E. Performance Monitoring Indicators Handbook [World Bank Technical Paper n° 334]. Washington, D.C.: The World Bank, 1996.
15. MUGISHA, S. Performance assessment and monitoring of water infrastructure: an empirical case study of Benchmarking in Uganda. *Water Policy*, v. 9, n. 5, p. 475-491, 2007.
16. PARENA, R.; SMEETS, E. Benchmarking initiatives in the water industry. *Water Science and Technology*, v. 44, n. 2-3, p. 103-110, 2001.
17. PICAZO-TADEO, A. J.; SÁEZ-FERNÁNDEZ, F. J.; GONZÁLES-GÓMEZ, F. Does service quality matter in measuring the performance of water utilities? *Utilities Policy*, v. 16, n. 1, p. 30-38, 2008.
18. ROMANO, G.; GUERRINI, A. Measuring and comparing the efficiency of water utility companies: A data envelopment analysis approach. *Utilities Policy*, v. 19, n. 1, p. 202-209, 2011.
19. ROMERO, C. A.; FERRO, G. A Benchmarking exercise on Latin American water Utilies [Working Paper]. Buenos Aires: UADE - Universidad Argentina de la Empresa, v. 1, 2008.
20. SEPPÄLÄ, O. T. Performance Benchmarking in Nordic water utilities. *Procedia Economics and Finance*, v. 21, n. 1, p. 399-405, 2015.
21. SEROA DA MOTTA, R.; MOREIRA, A. Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil. *Utilities Policy*, v. 14, n. 1, p. 185-195, 2006.
22. SINGH, M. R.; MITTAL, A. K.; UPADHYAY, V. Benchmarking of North Indian urban water utilities. *Benchmarking: An International Journal*, v. 18, n. 1, p. 86-106, 2011.
23. SINGH, M. R.; UPADHYAY, V.; MITTAL, A. K. Addressing sustainability in benchmarking framework for Indian urban water utilities. *Journal of Infrastructure Systems*, v. 16, n. 1, p. 81-92, March 2010.
24. STORTO, C. L. Benchmarking operational efficiency in the integrated water service provision: Does contract type matter? *Benchmarking: An International Journal*, v. 21, n. 6, p. 917-943, 2014.
25. THE TILDE PARTNERS. D20 - Benchmarking tools. Trondheim: European Commission, 2005.
26. TUPPER, H. C.; RESENDE, M. Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. *Utilities Policy*, v. 12, n. 1, p. 29-40, 2004.
27. WATER AND SANITATION PROGRAM. A review in Bangladesh, India, and Pakistan: Bencharking for performance improvement in urban utilities. The World Bank. Dhaka, Bangladesh, p. 52. 2010.
28. WIBOWO, A.; ALFEN, H. W. Benchmarking the efficiencies of Indonesia's municipal water utilities using Stackelberg data envelopment analysis. *Benchmarking: An International Journal*, v. 22, n. 4, p. 588-609, 2015.