

ESTUDO DE EFICIÊNCIA COMPARADA DAS EMPRESAS DE SANEAMENTO DO BRASIL

Nicole Peçanha do Rêgo Barros

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - 22451-900
nicolepecanha@gmail.com

Reinaldo Castro

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - 22451-900
reinaldo@ele.puc-rio.br

RESUMO

Para determinar custos eficientes e investimentos prudentes, reguladores na maior parte dos países se apoiam em análises de eficiência comparada, ou *benchmarking*. Visando antecipar ameaças e mitigar pontos fracos, a empresa regulada deve executar igualmente estas análises. O presente estudo tem por objetivo avaliar os níveis de eficiência dos custos operacionais de 25 empresas de saneamento (água e esgotos) do Brasil. A análise será realizada por meio de dois estudos de eficiência comparativa, ou *benchmarking*: i) método não paramétrico ou de programação matemática determinado pelo método DEA (*Data Envelopment Analysis* ou Análise Envoltória de Dados) em 2 estágios, a ser validado pela metodologia, paramétrica, de Mínimos Quadrados Corrigidos (MQOC); e ii) comparação por indicadores. A principal conclusão observada foi que a empresa CAGECE foi *benchmarking* tanto pela metodologia do DEA quanto na metodologia de MQOC.

PALAVRAS CHAVE: Saneamento Básico, DEA, Eficiência, MQOC.

ABSTRACT

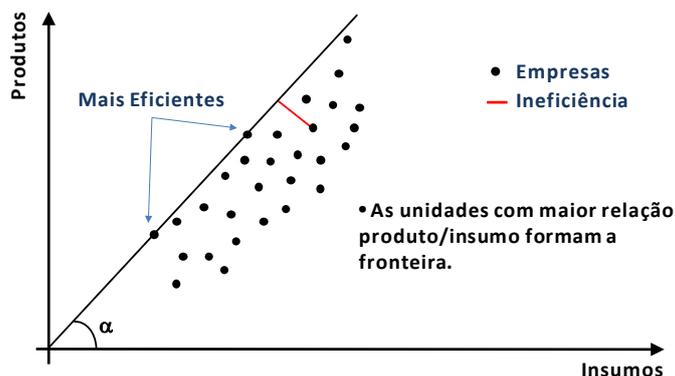
In order to determine efficient costs and prudent investments, regulators in most countries rely on comparative efficiency analysis or benchmarking. Thus, to anticipate threats and mitigate weaknesses, the regulated firm must also perform those studies. Given the above, the present study intends to evaluate the efficiency levels of the operating costs of 25 water and sewage companies in Brazil. This analysis consists in two different studies of comparative effectiveness, or benchmarking: (i) nonparametric method or mathematical programming method determined by the Data Envelopment Analysis (DEA) in two stages, to be validated by the parametric methodology of Corrected Ordinary Least Squares (COLS); and (ii) by comparing indicators. The main conclusion was that CAGECE company was benchmarking in both methodologies analysed, DEA and COLS.

KEYWORDS: Basic Sanitation, COLS, DEA, Efficiency.

1. Metodologia da Análise Envoltória de Dados – DEA

O DEA é um método de programação linear não paramétrico que calcula eficiências das empresas através da divisão do somatório ponderado de seus produtos pela soma ponderada de seus insumos. Os pesos dos insumos e produtos não são determinados previamente, mas são determinados como parte da solução de um problema de otimização linear. A Figura 1 mostra um exemplo da relação entre insumos e produtos em diferentes unidades de decisão e posicionamento dos agentes mais eficientes.

Figura 1 - Relação Insumo e Produto



Desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) a fim de calcular a eficiência técnica de Farrell (1957), a técnica calcula um índice de eficiência que assume valor 1 para as unidades de maior produtividade e entre 0 e 1 para as demais. No caso geral, o problema consiste em definir o índice de eficiência de uma empresa k com a combinação linear de cada um dos produtos j dividida pela combinação linear dos insumos i da forma como mostrado abaixo.

$$\frac{\sum_i u_i Y_{ik}}{\sum_j v_j X_{jk}} = \frac{uY_k}{vX_k} \leq 1$$

onde:

$k=1, \dots, n$ empresas;

$i=1, \dots, m$ insumos de cada empresa;

$j=1, \dots, p$ produtos de cada empresa; e

u e v são os vetores de pesos dos insumos e produtos;

Para cada empresa analisada, formula-se então um problema de maximização da eficiência. Para uma empresa r qualquer, a modelagem se daria de acordo com as seguintes equações.

$$\begin{aligned} & \max \frac{uY_r}{vX_r} \\ \text{sujeito a: } & \frac{uY_k}{vX_k} \leq 1, k = 1, \dots, r, \dots n \end{aligned}$$

A hipótese da metodologia é que desvios da fronteira são motivados unicamente por fatores gerenciáveis pelas firmas, dessa forma, toda unidade de decisão abaixo da fronteira é considerada ineficiente em algum grau. A especificação do modelo requer a adoção de uma premissa quanto aos ganhos de escala, que pode ser não-decrescente, constante, não-crescente ou variável, e ao tipo de orientação do modelo, podendo ser orientado ao insumo ou ao produto. Dadas as características do setor de saneamento, o DEA foi definido considerando que as empresas apresentam retornos não decrescentes de escala e orientação ao insumo.

O modelo não decrescente permite à tecnologia de produção exibir distintos retornos de escala, não decrescente, a depender do nível de produção. A orientação ao insumo trata das reduções nas quantidades de insumos (*inputs*) usados, necessários, para que as firmas alcancem a eficiência máxima, mantidos os produtos (*outputs*) constantes.

1.1 Base de Dados Utilizada

A análise foi conduzida com base em 25 empresas, Figura 2, pré-selecionadas do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)¹ contendo informações dos anos de 2004 a 2011.

Figura 2 - 25 Empresas de Saneamento

Prestador de serviço	Sigla	Estado
Companhia de Saneamento de Sergipe	DESO	SE
Companhia de Saneamento do Pará	COSANPA	PA
Companhia de Saneamento de Minas Gerais	COPASA	MG
Companhia de Águas e Esgotos de Roraima	CAER	RR
Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal	CAESB	DF
Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul S/A	SANESUL	MS
Companhia de Saneamento do Paraná	SANEPAR	PR
Companhia Catarinense de Águas e Saneamento	CASAN	SC
Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	CE
Saneamento de Goiás S/A	SANEAGO	GO
Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba	CAGEPA	PB
Companhia de Água e Esgoto do Amapá	CAESA	AP
Companhia de Saneamento de Alagoas	CASAL	AL
Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte	CAERN	RN
Companhia de Saneamento do Tocantins	SANEATINS	TO
Companhia Rio-Grandense de Saneamento	CORSAN	RS
Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia	CAERD	RO
Companhia Pernambucana de Saneamento	COMPESA	PE
Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	AC
Companhia Estadual de Águas e Esgotos	CEDAE	RJ
Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.	EMBASA	BA
Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão	CAEMA	MA
Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	SABESP	SP
Águas e Esgotos do Piauí S/A	AGESPISA	PI
Companhia Espírito-Santense de Saneamento	CESAN	ES

Como o objetivo é determinar o nível de eficiência dos custos operacionais das empresas de saneamento, é recomendado adotar o custo operacional (OPEX) como o insumo. Tendo em vista as informações disponíveis no SNIS, a variável OPEX foi ajustada pelo IPCA levando todos os dados de despesa para a data base de dez/2011. Deste modo, a composição do OPEX foi definida como o somatório das despesas com pessoal próprio [R\$/Ano], despesa com produtos químicos [R\$/Ano], despesa com energia elétrica [R\$/Ano] e despesa com serviços de terceiros [R\$/Ano].

1.2 DEA - 1º Estágio

Para a aplicação do 1º estágio do DEA, foi adotado como variável de insumo o OPEX e como produto as variáveis de porte como, quantidade de ligações de água e esgoto (Ligações AE), extensão de rede de água e esgoto (Rede AE) e volume faturado de água e esgoto (Volume AE).

Um dos pressupostos da aplicação da metodologia do DEA é de que as variáveis de insumo e produto devem ser fortemente correlacionadas. Através da Tabela 1, pode-se observar correlações acima de 0,850, deste modo, pode-se concluir que os produtos utilizados na análise têm efeito relevante na determinação dos custos operacionais, conforme esperado.

¹ www.snis.gov.br

Tabela 1 - Matriz de Correlação

	OPEX	Ligações AE	Rede AE	Volume AE
OPEX	1.000			
Ligações AE	0.972	1.000		
Rede AE	0.921	0.969	1.000	
Volume AE	0.985	0.976	0.919	1.000

Através da mediana da variável de porte (número de ligações de água e esgoto) das 25 empresas foi possível determinar as empresas estrutura operacional similares. Desta forma, o 1º estágio do DEA foi aplicado e foram obtidos os níveis de eficiência para as 25 empresas no ano de 2011, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Eficiências das 25 empresas - 1º estágio DEA - 2011

Ranking	Empresa	Porte	Eficiências	Ranking	Empresa	Porte	Eficiências
1	SANEATINS	Pequeno	100%	14	COMPESA	Grande	67%
2	CAGECE	Grande	99%	15	CAERN	Pequeno	66%
3	SANEPAR	Grande	98%	16	CAESA	Pequeno	66%
4	SABESP	Grande	94%	17	CASAL	Pequeno	64%
5	CAEMA	Pequeno	88%	18	CASAN	Grande	59%
6	SANEAGO	Grande	87%	19	CAGEPA	Grande	57%
7	COPASA	Grande	86%	20	COSANPA	Pequeno	52%
8	CESAN	Pequeno	82%	21	CORSAN	Grande	51%
9	CEDAE	Grande	80%	22	AGESPISA	Pequeno	50%
10	CAER	Pequeno	78%	23	DESO	Pequeno	50%
11	EMBASA	Grande	74%	24	CAESB	Grande	49%
12	SANESUL	Pequeno	69%	25	CAERD	Pequeno	41%
13	DEPASA	Pequeno	67%				

Observa-se, entretanto, que as empresas de pequeno porte possuem eficiência elevada, dominando os primeiros *rankings*. Este resultado deve-se ao fato de que as estruturas operacionais das empresas pequenas são muito diferentes daquelas prevaletentes nas empresas de grande porte, o que afeta a consistência dos resultados do DEA.

Com o objetivo de mitigar as possíveis inconsistências dos resultados, aplicou-se novamente a simulação do 1º estágio do DEA com as 12 empresas caracterizadas como de grande porte. Na Tabela 3, verifica-se que a empresa CAGECE apresentou a eficiência de 100%, seguida por SANEPAR, SABESP e SANEAGO, que apresentaram eficiências superiores a 90%.

Tabela 3 - Eficiências DEA 1º estágio

Ranking	Empresa	Eficiência	Ranking	Empresa	Eficiência
1	CAGECE	100%	7	CEDAE	81%
2	SANEPAR	98%	8	EMBASA	74%
3	SABESP	94%	9	CAGEPA	73%
4	SANEAGO	91%	10	COMPESA	67%
5	COPASA	88%	11	CORSAN	55%
6	CASAN	86%	12	CAESB	51%

1.3 DEA - 2º Estágio

No 2º estágio do DEA o nível de eficiência inicial, obtido no 1º estágio do DEA, é corrigido. O termo correção se refere ao ajuste decorrente da inclusão do impacto de variáveis ambientais, externas à gestão da empresa, mas que podem afetar sensivelmente a medida de sua eficiência. Deste modo, as variáveis utilizadas neste estudo foram o nível salarial médio da região onde a empresa atua e a proporção do esgoto tratado sobre o esgoto coletado.

A primeira variável retrata as diferenças de custo de mão de obra nas regiões onde cada uma das empresas opera (ANEEL NT 294/2011). A segunda objetiva capturar a qualidade relativa dos serviços de esgoto. O impacto destas variáveis foi estimado por uma análise de regressão tomando como variável dependente a eficiência estimada no 1º estágio do DEA, onde:

$$Efic_i \text{ 1}^{\circ}DEA \quad 0 \leq Efic_i \leq 1$$

O método adotado nessa regressão foi o TOBIT, pois seu estimador permite que a variável dependente seja estimada respeitando a restrição de que o nível de eficiência deve-se limitar ao intervalo entre 0 e 1.² Dessa forma, a equação pode ser apresentada da seguinte forma:

$$Efic_i^* = \gamma + \sum_{k=1}^n \alpha_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad \text{se} \quad \gamma + \sum_{k=1}^n \alpha_k X_{ki} + \varepsilon_i > 0$$

$$Efic_i^* = 0 \quad \text{se} \quad \gamma + \sum_{k=1}^n \alpha_k X_{ki} + \varepsilon_i \leq 0$$

Onde:

γ é o intercepto;

α_k é o parâmetro das variáveis ambientais k , $k=1,2$;

ε é o resíduo aleatório.

Os critérios de validação do modelo de regressão são:

- Sinal dos coeficientes com lógica econômica;
- Significância da variável explicativa, ou seja, se o p-valor da variável em questão é estatisticamente igual a zero ($\alpha = 10\%$);
- Correção de Huber-White para corrigir problemas de heterocedasticidade, evitando assim vies no estimador.

Atendendo aos critérios supracitados, foi possível averiguar a significância estatística da variável ambiental. A regressão adotada para a correção da eficiência do 1º estágio pode ser observada através da Figura 3.

Figura 3 - Regressão TOBIT

Dependent Variable: Eficiência				
Method: ML - Censored Normal (TOBIT) (Quadratic hill climbing)				
QML (Huber/White) standard errors & covariance				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
Constante	0.82482	0.01391	59.298	0.00
Salário	-0.00018	3.72E-05	-4.834	0.00

A partir dos parâmetros da regressão TOBIT estimada, foi possível incorporar ao nível de eficiência inicial o impacto dessas variáveis através da seguinte equação:

$$Efic_{2^{\circ}DEA} = \text{Min} \left[Efic_{1^{\circ}DEA} + \sum_i \text{Max}[\{(X_i - \bar{X}_i), 0\} * \alpha_i], 100\% \right]$$

Conforme apresentado na Tabela 4 e Tabela 5 é possível verificar o impacto das variáveis ambientais e os níveis de eficiência decorrentes do ajuste para cada empresa.

Tabela 4 - Eficiência Corrigida - 2º estágio DEA

Ranking	Empresa	Eficiência Corrigida
---------	---------	----------------------

² Modelo TOBIT utiliza o estimador de Máxima Verossimilhança.

1	SANEPAR	100%
2	SABESP	98%
3	CAGECE	95%
4	CASAN	92%
5	SANEAGO	91%
6	COPASA	88%
7	CEDAE	84%
8	EMBASA	70%
9	CAESB	70%
10	CAGEPA	69%
11	COMPESA	62%
12	CORSAN	59%

Tabela 5 - Tabela Comparativa

Empresa	Eficiência DEA 1º Estágio	Eficiência DEA 2º Estágio	Ranking DEA 1º Estágio	Ranking DEA 2º Estágio	Situação Eficiência
SANEPAR	98%	100%	2	1	Aumentou
SABESP	94%	98%	3	2	Aumentou
CAGECE	100%	95%	1	3	Diminuiu
CASAN	86%	92%	6	4	Aumentou
SANEAGO	91%	91%	4	5	Inalterado
COPASA	88%	88%	5	6	Inalterado
CEDAE	81%	84%	7	7	Aumentou
EMBASA	74%	70%	8	8	Diminuiu
CAESB	51%	70%	12	9	Aumentou
CAGEPA	73%	69%	9	10	Diminuiu
COMPESA	67%	62%	10	11	Diminuiu
CORSAN	55%	59%	11	12	Diminuiu

Observa-se que após a correção da eficiência do 1º estágio do DEA, a CAESB, que era a última no *ranking*, subiu três posições, mostrando que a variável ambiental considerada foi significativa no impacto da eficiência. Já a CORSAN passou a ser a última no ranking. A empresa SANEPAR passou a ser a mais eficiente e a CAGECE, que antes era o *benchmarking*, passou a ser a terceira na eficiência e no *ranking* das empresas.

As empresas SANEAGO e COPASA não apresentaram alteração no percentual de eficiência, o que mostra que a variável salário não era significativa para a determinação da eficiência destas, no entanto, no ranking de eficiência ambas caíram em uma posição.

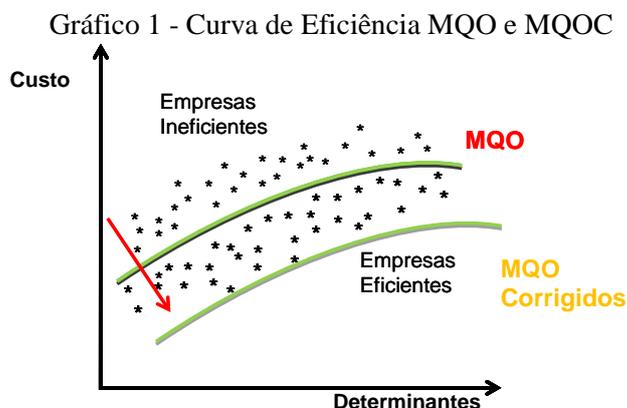
2. Fronteira Média Corrigida (Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos - MQOC)

Baseado nos custos operacionais, são concebidos modelos matemáticos ou estatísticos que relacionam custos com seus determinantes, permitindo que se encontrem os patamares de custos operacionais eficientes, ou as fronteiras de eficiência. Os métodos estatísticos que mais se destacam são o Método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos (MQOC).

O método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) é usualmente utilizado para a estimação da eficiência média da indústria, sendo dessa forma estimada a equação que corresponde ao melhor ajuste sobre uma amostra de dados, isto é, que minimiza a soma dos quadrados das diferenças entre os valores estimados e os observados. A essas diferenças dá-se o nome de resíduos.

A regressão por Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos (MQOC) ajusta a função de custos estimada pelo método MQO até que todos os resíduos sejam maiores ou iguais a zero. Isto enseja o deslocamento da curva de MQO, mantendo-se sua inclinação, até que nenhum dos pontos fique abaixo da mesma. O MQOC, portanto, calcula uma fronteira de custos mínimos ou

eficientes, sendo que todo ponto distante da curva retrata algum grau de ineficiência. O Gráfico 1 ilustra a curva de eficiência das duas metodologias paramétricas.



O objetivo da metodologia MQOC é validar os resultados do DEA 1º estágio. Dessa forma, foi formulada uma fronteira com os mesmos insumos e produtos adotados na metodologia do 1º estágio do DEA. A Tabela 6 apresenta o resultado comparativo entre estas as metodologias.

Tabela 6 - Eficiência MQOC vs. DEA 1º Estágio

EMPRESA	RANKING MQOC	EFICIÊNCIA MQOC	RANKING DEA 1º ESTÁGIO	EFICIÊNCIA DEA 1º ESTÁGIO	MÉDIA EFICIÊNCIAS (DEA e MQOC)
CAGECE	1	84%	1	100%	92%
SANEPAR	2	78%	2	98%	88%
CASAN	3	69%	6	86%	78%
CEDAE	4	67%	7	81%	74%
SANEAGO	5	66%	4	91%	78%
EMBASA	6	62%	8	74%	68%
SABESP	7	61%	3	94%	77%
COPASA	8	60%	5	88%	74%
CAGEPA	9	59%	9	73%	66%
COMPESA	10	58%	10	67%	62%
CAESB	11	54%	12	51%	52%
CORSAN	12	41%	11	55%	48%

Observa-se que através do MQOC as empresas apresentarem um nível de eficiência menor que a metodologia do DEA, entretanto, as empresas mais eficientes, segundo o DEA mantiveram-se nas mesmas posições do *ranking* de eficiência. O mesmo pode ser observado com as empresas de menor eficiência, como no caso da COMPESA e CAGEPE.

No entanto, alguns contrastes pode ser observado, como no caso da SABESP que de 3ª posição, DEA, passou a 7ª posição. O mesmo pode ser observado com a CEDAE e CASAN. Além das análises de *benchmarking*, DEA e MQOC, será realizada um estudo de indicadores, com objetivo de corroborar os resultados das empresas tidas como *benchmarking*.

3. Comparação por Indicadores

Para a análise comparativa por indicadores, foram selecionados 9 indicadores, Tabela 7, no ano de 2011, construídos a partir das variáveis disponíveis no Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS)³. Estes indicadores são referências de medidas usuais de eficiência de empresas de utilidade pública presentes na literatura e estudos regulatórios.

³ www.snis.gov.br

Tabela 7 - Indicadores

Indicadores	Composição dos Indicadores
IND001	Opex ⁴ por Unidade Consumidora de água e esgoto [R\$]
IND002	Opex ⁵ por Unidade Consumidora de água e esgoto [R\$]
IND003	Quantidade de Ligações de água e esgoto por total de empregados [unidade]
IND004	Extensão de rede de água e esgoto por total de empregados [km]
IND005	Volume de água e esgoto faturado por total de empregados [1000 m ³ /ano]
IND006	Quantidade de economias ativas de água e esgoto por total de empregados [Economia]
IND007	Índice de Faturamento de Água (%)
IND008	Índice de Perdas na Distribuição de Água (%)
IND009	Índice de Perdas por Ligação [L/dia/Ligação]

Para avaliar as diferentes dimensões de custos operacionais (Opex), foram considerados os custos com e sem os componentes de produtos químicos e de energia elétrica. A variável Opex foi ajustada pelo IPCA para a data base de Dez/2011.

Conforme mencionado anteriormente, com a finalidade de ratificar os resultados feito pela metodologia do DEA e MQOC, a análise de indicadores será realizada apenas para as empresas classificadas como *benchmarks*, CAGECE e SANEPAR. Para tanto, a avaliação será fundamentada com base na média e mediana dos indicadores supracitados.

Tabela 8 - Análise Indicadores

INDICADORES	MÉDIA	MEDIANA	VALOR CAGECE	VALOR SANEPAR	VARIAÇÃO MÉDIA CAGECE	VARIAÇÃO MEDIANA CAGECE	VARIAÇÃO MÉDIA SANEPAR	VARIAÇÃO MEDIANA SANEPAR
IND001	381.71	331.8	202.6	229.59	-46.92%	-38.94%	-39.85%	-30.80%
IND002	301.48	251.61	146.94	176.51	-51.26%	-41.60%	-41.45%	-29.85%
IND003	303.42	290.69	580.17	448.33	91.21%	99.58%	47.76%	54.23%
IND004	3.8	3.8	4.84	7.48	27.37%	27.37%	96.84%	96.84%
IND005	64.97	55.8	101.97	93.31	56.95%	82.74%	43.62%	67.22%
IND006	386.85	343.02	686.86	565.29	77.55%	100.24%	46.13%	64.80%
IND007	57.53	59.33	72.99	78.94	26.87%	23.02%	37.22%	33.05%
IND008	46.4	41.74	36.13	33.05	-22.13%	-13.44%	-28.77%	-20.82%
IND009	563.67	453.32	248.66	233.23	-55.89%	-45.15%	-58.62%	-48.55%

De acordo com a Tabela 8, As empresas CAGECE e SANEPAR se mostraram eficientes em todos os indicadores analisados. Para os indicadores de custos, IND001 e IND002, as empresas apresentaram uma variação abaixo da média, o que significa eficiência em relação ao gasto com a prestação de serviços, a mesma análise pode ser observada quanto aos indicadores de perdas, IND008 e IND009, onde objetiva-se a menor perda possível no abastecimento de água. Os demais indicadores, representantes de infraestrutura da empresa, ficaram acima da média e da mediana, o que mais uma vez reflete a eficiência destas empresas.

4. Conclusões

Um estudo de *benchmarking* foi realizado com o intuito de verificar a eficiência dos custos operacionais das empresas de sanamento do Brasil. Para tanto, foram empregadas duas abordagens. Na primeira, foi aplicado uma análise de DEA, para uma amostra de 25 empresas utilizando como insumo os custos operacionais e como produtos a extensão de rede de água e esgoto, a quantidade de ligações de água e esgoto e o volume de água e esgoto. Observou-se que a presença de empresas de pequeno porte e baixa complexidade na amostra tende a reduzir

⁴ Opex =Despesa com pessoal próprio[R\$/ano]+Despesa com produtos químicos [R\$/ano]+Despesa com energia elétrica [R\$/ano]+ Despesa com serviços de terceiros [R\$/ano];

⁵ Opex = Despesa com pessoal próprio[R\$/ano]+ Despesa com serviços de terceiros [R\$/ano].

excessivamente a eficiência de algumas empresas e conduz a uma situação onde tais empresas estejam na fronteira de eficiência, dessa forma foi feita uma reamostragem, a partir da mediana do número de ligações de água e esgoto, de modo a mitigar esta tendência.

O resultado desta segmentação foi uma amostra de 12 empresas homogênea, consideradas de grande porte. Uma nova simulação do 1º estágio do DEA foi feita e a empresa CAGECE se mostrou *benchmarking*. Após a aplicação do 2º estágio do DEA, a empresa SANEPAR foi a mais eficiente. A segunda abordagem tratou da metodologia de MQOC. Nesta verificou-se que a empresa CAGECE foi o *benchmarking* da amostra, bem como na metodologia do 1º estágio do DEA. Além destas abordagens, foi empregada uma análise descritiva através de 9 indicadores usuais para análise de eficiência. O resultado desta análise ratificaram as conclusões tidas pelas metodologias do DEA e MQOC, onde as empresas *benchmarks* apresentaram-se acima da média para a maioria dos indicadores.

Portanto, pode-se concluir que a empresa CAGECE é *benchmarking* tanto pela metodologia do DEA quanto na metodologia dos Mínimos Quadrados Corrigidos - MQOC. A empresa SANEPAR, também apresentou eficiência alta, o que foi confirmado pela análise dos indicadores. As empresas CAESB e CORSAN se posicionaram abaixo da eficiência média no 1º e no 2º estágio do DEA, o que representa uma baixa eficiência na prestação de serviços.

5. Bibliografia

- Pessanha, J. F. M.** “Um Modelo de Análise Envoltória de Dados para Estabelecimento das Metas de Continuidade do Fornecimento de Energia Elétrica” – PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2006.
- Jasmab, T. e Pollit, M.** Benchmarking and Regulation of Electricity transmission and Distribution Utilities: Lessons from International Experience. 2000.
- Kumbhakar, S.C. e Lovell, C.A.K.** Stochastic frontier analysis. Cambridge: University Press, 333.p, 2000.
- Souza, D.P.H.** Avaliação de Métodos Paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite. Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- Bogetoft, P. e Otto, L.** “Benchmarking with DEA, SFA, and R”. Nova York: Springer, 2011.
- Banker, R.D. e Charnes, A. e Cooper, W.W.** Some Models for Estimating Technical and Scales Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, Vol. 30, nº. 9, 1078-1092, Sept. 1984.
- Correia, A. T.** Eficiência dos Serviços de Água e de Águas Residuais em Portugal. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa. Outubro de 2008.
- ANEEL. Nota Técnica no 294/2011-SRE/ANEEL, de 26/10/2011.
- Analisando retornos de escala usando DEA: um estudo em Instituições de Ensino Tecnológico no Brasil. GEPROS. Gestão da Produção, Operações, e Sistemas – Ano 2, vol. 5, p.25-28.