

A PARTICIPAÇÃO PRIVADA NA PROVISÃO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL: UM ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS

The Participation of the Private Sector in the Provision of Water Services and Sanitation in Brazil: a Comparative Study of the Efficiency of Service Providers

Raphael de Paiva Barbosa¹
Ana Paula Vidal Bastos²

RESUMO: o estudo mensura o grau de eficiência técnica de 42 prestadores de serviços de saneamento básico no Brasil, a partir da utilização da técnica matemática não paramétrica de Análise por Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*). O intuito é analisar o desempenho de dois grupos específicos de operadoras, as Empresas Privadas e as Sociedades de Economia Mista com Administração Pública, identificando as Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision Making Units - DMUS*) com as melhores práticas operacionais e sugerindo os potenciais de melhoramentos das firmas ineficientes. Como resultado do modelo DEA empregado, verificou-se um elevado comprometimento da capacidade de provisão dos serviços de água e esgoto no país em decorrência do baixo desempenho das unidades produtivas dos dois grupos. Aproximadamente 68,97% dos prestadores com Administração Pública e 53,85% das Empresas Privadas apresentaram algum grau de ineficiência técnica, acarretando significativas possibilidades de melhorias dos 5 *outputs* estudados. Em suma, os prestadores privados destacaram-se por apresentar maiores capacidades de atendimento de esgotamento sanitário e de arrecadação, enquanto as Sociedades de Economia Mista com Administração Pública apresentaram resultados mais satisfatórios na provisão dos serviços de água.

Palavras-chave: Saneamento; DEA; *Benchmarking*; Eficiência; Empresa Privada; Sociedades de Economia Mista.

ABSTRACT: The study measures the degree of technical efficiency of 42 Brazilian sanitation service providers, using a non-parametric mathematics technic: Data Envelopment Analysis (DEA). The aim is to analyze the performance of two specific groups of operators, Private Firms and Mixed Economies Societies with Public Administration, identifying the Decision Making Units (DMUS) with operational best practices and suggesting potential improvements of inefficient firms. As a result of the DEA model used, it has been found a high impaired ability to provision of water and sewage services in the country, mainly due to the poor performance of productive units of the two groups. Approximately 68.97% of providers with Public Administration and Private Firms 53.85% had some degree of technical inefficiency, denoting significant possibilities for improvement of the 5 outputs studied. Briefly, private providers stood out due to the higher service capabilities on sewage collection, while Mixed Economy system presented better results in the provision of water services.

KEYWORDS: Sanitation, DEA, Benchmarking, Efficiency, Private enterprise, Mixed Economies Societies.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o setor de infraestrutura de saneamento brasileiro vem passando por um intenso processo de reestruturação. A escassez de fontes de recursos do Governo Federal, a partir da segunda metade dos anos oitenta, aliada ao redesenho da ordem institucional e federativa, através da constituição de 1988, contribuíram para o fim do mais importante programa

¹ Doutorando em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (PPGDSTU/NAEA/UFPA)

² Professora da Universidade Federal do Pará.

brasileiro de expansão e modernização dos serviços de água e esgotamento sanitário, o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA).

Instituído em 1968, o plano foi concebido a partir de um modelo de gestão extremamente centralizado, baseado no incentivo à concessão dos sistemas e serviços de saneamento para empresas públicas, e no financiamento federal, mediante recursos advindos, majoritariamente, do recém-criado Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS), geridos pelo Banco Nacional de Habitação (BNH).

Considerado um dos mais notáveis programas de saneamento básico do mundo, o PLANASA tinha como diretrizes centrais: a eliminação dos déficits de abastecimento de água e esgoto; a autonomia financeira do setor, mediante a consolidação dos Fundos de Água e Esgoto (FAEs) estaduais; o desenvolvimento e consolidação das Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs); a adoção dos mecanismos de subsídios cruzados segundo o poder aquisitivo; a gestão superior da Política Nacional de Saneamento por parte do governo federal; e o estudo de viabilidade global em âmbito estadual. (BRASIL, 1995a).

Conforme salienta Monteiro (1993, p. 7), a grandiosidade do programa pode ser mensurada pelo montante de recursos financeiros mobilizados. De 1970 a 1986 os investimentos totais somaram US\$ 10.000 milhões, o que equivale a uma média anual de US\$ 625 milhões. Ainda segundo o autor, a magnitude desses valores pode ser avaliada ao compará-los com os US\$ 4.902 milhões, ou US\$ 204 milhões médios por ano, aplicados pelo BIRD e pelo BID em 24 anos - de 1961 a 1985 - para financiar o saneamento básico em toda a América Latina.

Como resultado, o país apresentou um acentuado e constante aumento dos índices de cobertura de água e esgotamento sanitário. De acordo com os estudos censitários (IBGE - 1970, 1980, 1991), mesmo com o vertiginoso crescimento da população urbana, que saltou de aproximadamente 53 milhões em 1970 para cerca 111 milhões em 1991, os investimentos realizados durante a vigência do PLANASA conseguiram expandir a cobertura urbana dos serviços tanto de abastecimento de água, que passou de 46% em 1970 para 81% em 1991, quanto de esgotamento sanitário, que aumentou de 44% para 64%, no mesmo período.

Embora seja inegável a importância do plano para a ampliação do acesso aos serviços de saneamento, principalmente nos grandes centros urbanos, e para a criação e consolidação das CESBs, a experiência demonstrou que o emprego de vultosos recursos públicos no setor não logrou a melhoria efetiva das práticas produtivas:

O volume e a forma de obtenção de recursos no período auge do PLANASA permitiram a generalização de práticas gerenciais caracterizadas pela noção de que decisões de investimentos lesivas aos interesses dos beneficiários ou da própria empresa de saneamento poderiam ser compensadas por novos aportes de recursos (...) dando origem à concepção dominante

segundo a qual necessidades de ampliação da escala e da qualidade dos serviços somente poderiam ser resolvidas pela construção de novas obras (ARRETCHE, 1999, p.85).

Corroborando com este posicionamento, o diagnóstico de avaliação econômica e financeira divulgado no âmbito do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS)³, segundo o qual as CESBS foram vítimas de endividamento crescente, cobrança de tarifas irrealistas, incapacidade de atingir altos padrões de desempenho, baixa produtividade e custos elevados, causados por ingerência política na sua condução. Complementa ainda que a adoção de tecnologias incompatíveis com a realidade nacional resultou em obras e instalações demasiado custosas e conseqüente deterioração da situação econômico-financeira do sistema. (BRASIL, 1995a).

A conjunção destes efeitos extremamente debilitantes, com o não cumprimento das metas propostas e a precária situação macroeconômica do país, contribuiu, sobremaneira, para a extinção do BNH, agente financeiro do PLANASA, em 1986.

Nos anos subseqüentes, embora não seja possível definir uma trajetória linear de orientações político-institucionais, em substituição ao modelo do PLANASA, verifica-se um movimento favorável à ampliação da participação do capital privado no setor. A concessão dos serviços de água e esgoto para a iniciativa privada passou a ser encarada como uma forma viável de contornar o contingenciamento dos recursos estatais e reduzir o endividamento público. Com as promulgações das Leis 8.987/95 e 9.074/95, que regulamentam os regimes de concessão e permissão dos serviços públicos no país, esta modalidade de gestão alternativa encontra as condições necessárias para avançar.

As possibilidades e modelos de participação do capital privado no setor de saneamento são diversos⁴ e com a defesa comumente embasada nas necessidades de fontes alternativas de investimentos e aumento da eficiência na prestação dos serviços. Além de contribuir para a expansão e modernização da cobertura de saneamento, a atuação da iniciativa privada incentivaria a concorrência e a busca por práticas produtivas mais eficientes, além de possibilitar a transferência de tecnologias de ponta para o setor.

Neste sentido, o relatório do Ministério do Planejamento e Orçamento/SEPURB, afirma que o trabalho de modernização do setor:

Buscará conceber arranjos institucionais flexíveis que possibilitem a existência de uma gama de opções para a prestação dos serviços, envolvendo o setor público e o setor privado, sempre que possível e viável, na competição pelos recursos e na demonstração por resultados (...) e colocar à disposição dos interessados

³ Dirigido pelo Comitê de Direção do Projeto (CDP), integrado por representantes da Secretaria de Política Urbana (SEPURB) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

⁴ Contrato de administração ou gestão, contrato de administração ou gestão, arrendamento (affermage), admissão de parceiro estratégico com ou sem contrato de gestão ou operação, concessões parciais do tipo build, operate and transfer (BOT), concessões plenas, venda de controle acionário de CESBs ou CMSB.

todas as técnicas e métodos de gestão empresarial conhecidos, bem como explorar as opções conhecidas de processos de comercialização dos serviços, tendo como parâmetro as peculiaridades e potencialidades brasileiras, e buscando encontrar aquelas mais adequadas à nossa realidade. (BRASIL, 1995b, p 29-30)

No entanto, apesar do incentivo governamental ao aumento dos investimentos privados e da eficiência global, mediante a ampliação de concessões e de novas regras contratuais, a participação privada no setor ainda é bastante modesta, frente ao imenso potencial do mercado e à crescente necessidade da população brasileira por uma infraestrutura sanitária. Atualmente, existem em todo o país, 125 concessões plenas⁵ e parciais⁶ dos serviços de saneamento, sendo a mais significativa, a ocorrida em Manaus-AM, em julho de 2000, quando a DRMA-Suez Ambiental passou a atender a uma população de quase 1,5 milhões de habitantes (SINDCON, 2011, p.8).

Pelo exposto, o presente estudo busca analisar o desempenho de dois grupos específicos de prestadores de serviços de água e esgotamento sanitário no Brasil, as Empresas Privadas e as Sociedades de Economia Mista com Administração Pública, identificando as Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision Making Units – DMUS*) com as melhores práticas operacionais, a partir dos insumos empregados e dos produtos gerados, sugerindo os potenciais de melhoramentos das firmas ineficientes

Para tanto, utilizar-se-á a técnica de programação matemática não paramétrica denominada Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis- DEA*). A técnica DEA foi criada para avaliar a eficiência relativa de Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision Making Units- DMU*) passíveis de comparações entre si, que usam tipos de insumos similares e são capazes de gerar produtos com a mesma finalidade.

Este teste de distribuição livre, apesar de possuir a mesma finalidade e ser aplicável às mesmas situações dos métodos paramétricos, não se apoia na premissa de que as amostras analisadas possuem distribuição normal, podendo ser utilizado em uma gama maior de casos. Esta é a sua principal vantagem frente aos paramétricos, que se aplicam a populações com distribuição normal e variâncias muito próximas, além de exigirem que as medidas sejam feitas em escalas numéricas intervalares, suscetíveis de tratamento matemático. A DEA vai além da pura preocupação com a medida de eficiência de unidades produtivas e estende o tradicional conceito de eficiência para torná-lo adequado ao formato *multi-input* e *multi-output*.

Salienta-se, outrossim, que para este trabalho específico, o método é o mais indicado, por prescindir de definição prévia sobre a forma funcional (impossível para o setor de saneamento brasileiro) e permitir o tratamento de operadoras de diferentes portes com a adoção de um modelo com retornos variáveis à escala, sem prejuízo às empresas menores.

⁵ Investimento e operação dos sistemas de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto.

⁶ Investimento e operação do sistema de abastecimento de água ou coleta e tratamento de esgoto

2. O MÉTODO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS - DEA)

A Análise por Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica de programação matemática não paramétrica utilizada para medir a eficiência relativa de unidades semelhantes e independentes, denominadas Unidades Tomadoras de Decisão, a partir dos recursos empregados (*inputs*) e dos produtos gerados (*outputs*).

A DEA é aplicável a unidades que realizam tarefas similares e diferenciam-se pelas quantidades de insumos que consomem e dos produtos resultantes. Para cada DMU, a análise utiliza técnicas de programação linear para comparar o índice de desempenho atual com a combinação convexa mais eficiente das demais unidades.

O método permite identificar o conjunto de DMUs que determina a fronteira de produção eficiente (máxima produtividade), mensurar a ineficiência das unidades fora da fronteira, e as taxas de substituição (pesos) que determinam cada região e caracterizam as relações de valor que sustentam a classificação desta região como eficiente. A figura 1 ilustra esta situação:

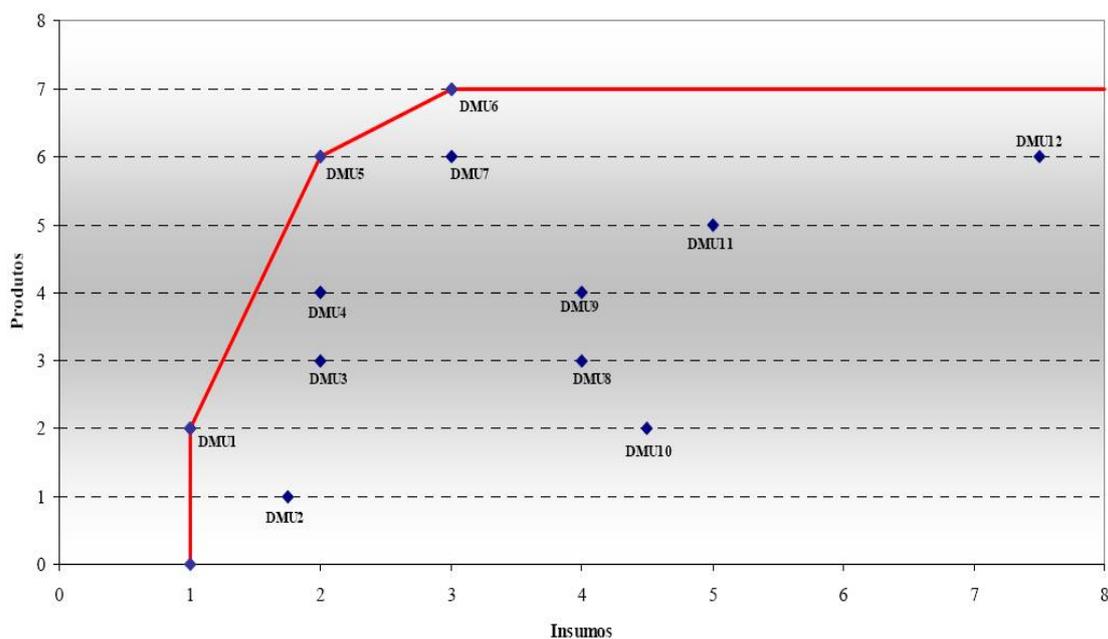


Figura 1: Representação da Fronteira de Eficiência

Fonte: FIGUEREDO, (2005)

No exemplo, a DMU6 utiliza a mesma quantidade de insumos da DMU7 gerando, no entanto, um produto superior, o que a torna mais eficiente. A DMU5 emprega uma menor quantidade de *inputs* que a DMU7 para alcançar o mesmo patamar produtivo. Já a DMU1 necessita de um menor montante de insumos para atingir o mesmo produto da DMU10. Desta forma, é possível afirmar que a fronteira de eficiência, ou o nível máximo de produção, para uma dada quantidade de insumos, é representada pelas DMUs 1, 5 e 6.

Conforme o apresentado, a técnica permite uma análise de eficiência comparativa, representando como uma DMU está operando em relação às demais, obtendo um retrato do grupo. Convém ressaltar que, pelo emprego deste método é impossível fazer qualquer inferência sobre uma DMU avaliada com outra fora do conjunto estudado, ou sobre variáveis distintas das previamente selecionadas.

Ressalta-se ainda que a análise por envoltória de dados está incorporada a uma série de modelos, com diversas possibilidades interpretativas, dentre os quais destacam-se: o CCR ou CRS, acrograma de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) que pressupõe retornos constantes de escala (*constant return to scale*) e o modelo BCC ou VRS desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), que considera retornos variáveis (*variable returns to scale*). Quanto à orientação, as medidas podem ser orientadas a insumo ou a produto.

A primeira formulação do modelo CCR tem orientação a insumo e pode ser expressa pelas seguintes relações matemáticas:

$$\text{Maximizar } \lambda_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (1)$$

sujeito a

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^n v_i x_{ik} = 1 \quad (3)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (4)$$

$y = \text{produtos}; x = \text{insumos}; u, v = \text{pesos}$
 $r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$

Este modelo procura minimizar o emprego de insumos de forma a produzir no mínimo o nível de produção dado, expresso pela maximização do somatório das quantidades produzidas y multiplicado pelos pesos u .

As equações 2 e 3 representam as restrições do modelo, sendo a segunda expressa pela subtração entre o somatório das quantidades produzidas multiplicadas pelos pesos dos produtos ($\sum_{r=1}^m u_r y_{rj}$) e o somatório do produto dos insumos consumidos pelos pesos ($\sum_{i=1}^n v_i x_{ij}$), limitado a 0, e a terceira pelo resultado do somatório do produto das quantidades consumidas de insumos pelos pesos específicos para a DMU K ($\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1$).

A solução desta programação matemática resulta em valores de eficiência (λ_k) que se situam entre 0 e 1. Se o resultado da eficiência (λ_k) for igual à unidade, a DMU é 100% eficiente, caso contrário ($0 < \lambda_k < 1$), ela será considerada ineficiente.

De maneira análoga, formula-se o modelo CCR orientado a produto, conforme o disposto abaixo. Neste caso, porém, o intuito da programação é maximizar a produção a partir da melhor utilização dos insumos.

$$\text{Minimizar } \lambda_k = \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} \quad (5)$$

sujeito a

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0 \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^n u_r y_{rk} = 1 \quad (7)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (8)$$

$$Y = \text{produtos}; x = \text{insumos}; u, v = \text{pesos}$$

$$r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$$

O modelo BCC nada mais é que uma extensão do CCR, e ao pressupor que as DMUs apresentam rendimentos variáveis de escala ao longo de sua fronteira, admite que a produtividade máxima varie em função da escala de produção. Abaixo, a formulação matemática do Modelo BCC, com orientação a insumo:

$$\text{Maximizar } \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} - u_k \quad (9)$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1 \quad (10)$$

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - u_k \leq 0 \quad (11)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (12)$$

$$y = \text{produtos}; x = \text{insumos}; u, v = \text{pesos}$$

$$r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$$

Neste caso, foi introduzida a variável U_k , que representa os rendimentos variáveis de escala. Ressalta-se que, esta variável não deve atender necessariamente à restrição de positividade, podendo assumir valores inferiores a 0.

Segundo a orientação ao produto, o modelo BCC pode ser expresso da seguinte forma:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} + v_k \quad (13)$$

sujeito a

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} = 1 \quad (14)$$

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - v_k \leq 0 \quad (15)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (16)$$

$$y = \text{produtos}; x = \text{insumos}; u, v = \text{pesos}$$

$$r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$$

A notação V_k , representa novamente rendimentos de escalas variáveis, podendo assumir valores positivos ou negativos. O modelo admite a variação da produtividade máxima em função da escala de produção, permitindo, portanto, a utilização de DMUs de tamanhos diferentes.

Além das possibilidades analíticas apresentadas até o momento, a técnica DEA pode ainda ser utilizada no estudo dos *benchmarks*. Segundo Gariba Junior (2005, p.116), “*benchmarking* é um procedimento de pesquisa, contínuo e sistemático, pelo qual se realizam comparações entre organizações, objetos ou atividades, criando-se um padrão de referência”. O resultado do modelo fornece unidades de referência que podem ser utilizadas como parâmetro para a melhoria do desempenho das unidades menos eficientes. Estes *benchmarks* indicam o que precisa ser melhorado nos *inputs* ou *outputs* para transformar unidades ineficientes em eficientes.

Embora a abordagem DEA represente um grande avanço, tanto por possibilitar o trabalho com múltiplos recursos e múltiplos resultados, quanto por propiciar a obtenção de um indicador que atenda ao conceito de eficiência de Pareto-Koopmans, ela apresenta algumas limitações. A este respeito, Anderson (1997 *apud* NIEDERAUER, 2000, p.3), ressalta que:

- i) Por ser uma técnica de ponto extremo, ruídos, tais como erros de medição, podem comprometer a análise;
- ii) Como é uma técnica não paramétrica, torna-se difícil formular hipóteses estatísticas;
- iii) Por criar um programa linear para cada DMU em análise, problemas extensos podem levar a um tempo computacional elevado;
- iv) A DEA estima bem o desempenho relativo, mas tem pouco a dizer sobre o desempenho absoluto; e
- v) A técnica impossibilita a comparação de desempenho de uma DMU analisada com outra fora do grupo, assim como de variáveis que não as previamente selecionadas no modelo.

Apresentados o tratamento matemático da técnica DEA, imprescindível demonstrar alguns importantes trabalhos que contribuíram para o aperfeiçoamento desta abordagem nas análises de eficiência do setor de saneamento.

2.1. Aplicação da Análise por Envoltória de Dados (DEA) nos Estudos do Setor de Saneamento

Segundo Castro (2003, p.50), Cubbin e Tzanidakis (1998) podem ser considerados os precursores do emprego da técnica DEA nos estudos dos serviços de água e esgoto. Os autores aplicaram a DEA e a análise de regressão para comparar os custos da provisão dos serviços de saneamento com vista a estabelecer limites tarifários, dentro do ambiente de regulação, na Inglaterra e no país de Gales. A partir de um modelo com 29 DMUs e quatro variáveis, sendo 1 *input* – OPEX (Despesa de Exploração) – e 3 *outputs* – WDEL (volume de água entregue), LEN (comprimento da rede de água) e PMNH (proporção de água distribuída não-residencial), determinaram a fronteira de eficiência e as possibilidades de reduções nos custos de operação dos serviços.

No mesmo ano, Aida *et al.* (1998 *apud* CASTRO, 2003, p.52) utilizaram a análise por envoltória de dados para avaliar o desempenho dos prestadores de serviços de água e correlatos no Japão, sob a égide da lei de águas japonesas. Para tanto, foram selecionadas 07 variáveis, sendo 05 *inputs*, quais sejam: número de empregados, despesas de operação, ativos produtivos, população e comprimento da tubulação, e dois *outputs*: água faturada e receita operacional. O método foi aplicado em amostras representativas de duas regiões do país, contendo 19 e 108 DMUS cada uma. Buscando analisar a sensibilidade do modelo, foram criados 05 outros diferentes grupos, onde certas unidades foram retiradas da avaliação, para captar possíveis distorções

causadas pelo porte das empresas. Apesar da retirada dessas unidades, a proporção de eficientes e ineficientes permaneceu inalterada em todas as situações, permitindo concluir que os resultados obtidos a partir da análise DEA continuam a ser robustos com relação a proporção apontada para as categorias eficiente e ineficiente.

Thanassoulis (2000) utiliza a técnica não-paramétrica para avaliar a eficiência de 32 empresas de água e esgoto com o intuito de estabelecer limites de preços para revisão de tarifas, fixadas pelo OFWAT (*Office of Water Service*), na Inglaterra e Gales. O modelo DEA com retornos constantes de escala (CCR), *orientado a produto*, foi estruturado a partir de 03 variáveis *outputs*: número de conexões servidas; comprimento da rede de água e quantidade de água entregue; além de 1 *input*: despesas operacionais.

No Brasil, Castro (2003) em sua dissertação de mestrado intitulada “Avaliação da Eficiência Gerencial de Empresas de Água e Esgoto Brasileiras por meio da Envoltória de Dados (DEA)” verifica a aplicabilidade da abordagem ao setor de saneamento, avaliando a eficiência das 71 maiores prestadoras de serviços de água⁷ e esgoto no Brasil, segundo o critério de número de ligações ativas de água. O modelo DEA-BCC orientado a produto, foi estruturado a partir de 5 variáveis *outputs*: volume de água consumido; extensão da rede de água; quantidade de ligações ativas de água; e quantidade de ligações ativas de esgoto, além da *input* despesa de exploração (DEX).

Pari Passu ao estudo de Castro, Carmo e Távora (2003, p. 09) estimaram a eficiência técnica de 26 companhias estaduais de saneamento básico (CESBs), no ano 2000, empregando dois modelos DEA. A eficiência foi calculada tanto com orientação a *insumo* quanto a *produto*, abarcando 5 *INPUTS*: mão-de-obra; capacidade instalada - volume de água produzido; capacidade instalada – volume de esgoto coletado; extensão da rede de água; extensão da rede de esgoto; além de 4 *OUTPUTS*: volume de água faturado; volume de esgoto faturado; quantidade de economias ativas de água; quantidade de economias ativas de esgoto.

Nos anos seguintes, Seroa da Motta e Moreira (2004), Sampaio e Sampaio (2007), Périco *et al* (2008), Cruz e Ramos (2013), dentre outros, apresentaram importantes contribuições da abordagem DEA para o entendimento das especificidades do setor de saneamento brasileiro, conforme o sumariado no quadro abaixo:

⁷ As unidades foram escolhidas entre as empresas participantes do SNIS, com informações suficientes, com um número mínimo de 30 mil ligações de água.

Quadro 1 – Estudos de mensuração da eficiência do setor de saneamento utilizando a técnica DEA

Autor (ANO)	Descrição	País	Variáveis Utilizadas	Método
Cubbin e Tzanidakis (1998)	Aplicação simultânea de DEA e análise de regressão para o estabelecimento de limites tarifários dentro do ambiente de regulação dos serviços de água e esgoto na Inglaterra e no país de Gales	Inglaterra e País de Gales	<i>INPUT (1)</i> - OPEX (Despesa de Exploração) – <i>OUTPUTS (3)</i> - WDEL (volume de água entregue), - LEN (comprimento da rede de água) e - PMNH (proporção de água distribuída não-residencial)	DEA CCR e DEA BCC, orientados a <i>output</i> . Análise de Regressão.
Aida <i>et al.</i> (1998)	Avaliação da possibilidade de uso da DEA como ferramenta para avaliar o desempenho dos prestadores de serviços de água, sob as leis de águas do Japão.	Japão	<i>INPUT (5)</i> - Quantidade Equivalente de Pessoal; - Despesa de Exploração; - Ativo Produtivo; - População Total do Município Atendido; - Extensão da Rede de Água. <i>OUTPUT (2)</i> - Volume de Água Consumido; - Receita Operacional de Água.	DEA-BCC orientado a <i>output</i>
Thanassoulis (2000)	Utilização da DEA para estabelecer limites de preços para revisão de tarifas, fixadas pelo OFWAT (<i>Office of Water Service</i>), na Inglaterra e Gales.	Inglaterra	<i>OUTPUT (3)</i> - Número de conexões servidas; - Comprimento da Rede de Água; - Quantidade de Água Entregue. <i>INPUT (1)</i> - Despesas Operacionais.	DEA-CCR orientado a <i>output</i> .
Castro (2003)	Verificação da aplicabilidade da metodologia DEA ao setor de saneamento brasileiro.	Brasil	<i>OUTPUT (4)</i> - Volume de Água Consumido; - Extensão da Rede de Água; - Quantidade de Ligações Ativas de Água; - Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto. <i>INPUT (1)</i> - Despesas de	DEA-BCC orientado a <i>output</i> .

			Exploração.	
Carmo e Távora Jr. (2003)	Utilização da DEA para mensurar as eficiências técnica e econômica dos prestadores de serviços de saneamento de abrangência estadual.	Brasil	<p><i>OUTPUT (4)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Volume de Água Faturado; - Volume de Esgoto Faturado; - Quantidade de Economias Ativas de Água; - Quantidade de Economias Ativas de Esgoto. <p><i>INPUT (5)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mão De Obra; - Volume de Água Produzido; - Volume de Esgoto Coletado; - Extensão da Rede de Água; - Extensão da Rede de Esgoto. 	DEA-CCR; DEA-BCC-orientados a <i>input</i> e a <i>output</i> .
Seroa da Motta e Moreira (2004)	Emprego da DEA na análise do setor de saneamento brasileiro, considerando 73 operadoras locais, 20 regionais e 11 privadas.	Brasil	<p><i>OUTPUT (4)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Volume de Água Produzido; - Água entregue (em volume e conexões); - Esgoto coletado (em volume e conexões); - Esgoto Tratado. <p><i>INPUT (1)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Despesa de Operação. 	DEA-CCR; DEA-BCC-orientados a <i>output</i> .
Sampaio e Sampaio (2007)	Análise da eficiência das empresas de saneamento dos municípios brasileiros, utilizando DEA, e modelo econométrico para análise de variáveis operacionais e políticas que influenciam a eficiência global da empresa.	Brasil	<p><i>OUTPUT (8)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - População Total Atendida com Água; - Quantidade de Ligações Ativas de Água; - Percentual de Água tratada - Receita Operacional Direta – Água; - População Total Atendida com Esgoto; - Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto; - Percentual de Esgoto tratado; - Receita Operacional Direta – Esgoto. 	DEA – BCC orientado a produto e método dos mínimos quadrados.

			<i>INPUTS (4)</i> - Despesas Totais com Serviço; - Número de Empregados; - Extensão da Rede de Água; - Extensão da Rede de Esgoto.	
Périco <i>et al</i> (2008)	Análise da evolução da eficiência no fornecimento de água da SABESP, por meio da técnica de Análise por Envoltória de Dados (DEA).	Brasil	<i>OUTPUTS (4)</i> - Ligações de Água e Esgoto; - Volume Consumido; - Índice de Perda; - Número de Funcionários <i>INPUTS (1)</i> - População Atendida.	DEA-CCR orientado a <i>input</i> .
Cruz e Ramos (2013)	Utilização da DEA para analisar a eficiência da Gestão do Saneamento Básico e seus impactos sobre a promoção da saúde.	Brasil	<i>OUTPUT (1)</i> - Número de Crianças, acima de anos que sobrevivem. <i>INPUT (5)</i> - Cobertura por Redes de Abastecimento de Água; - Cobertura por Redes Coletoras de Esgoto; - Grau de Urbanização; - Médicos por Grupos de 1.000 habitantes; - PIB <i>Per Capita</i> .	DEA-BCC orientado a <i>output</i> .

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base nos fundamentos da técnica DEA e dos estudos supramencionados, o tópico subsequente demonstra os caminhos analíticos percorridos para a estruturação do modelo, a partir da seleção das unidades produtivas, das variáveis de avaliação (*Inputs e Outputs*), e do Modelo DEA básico e sua orientação.

3. A MODELAGEM DO PROBLEMA

As informações utilizadas foram extraídas do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades, referente

aos serviços de água e esgoto, no exercício 2010. O SNIS possui o maior banco de dados do setor de saneamento, abrangendo os aspectos operacionais, administrativos, econômico-financeiros, contábeis e de qualidade dos serviços, dispostos por grupos de mesmas características e de forma separada para água e esgoto. Em 2010, disponibilizou um total de 956.887 dados agregados de 1.064 prestadores de serviços. (BRASIL, 2010, p.6)

A coleta das informações disponíveis no sistema é realizada a partir da submissão de formulários eletrônicos aos prestadores, discriminados segundo o perfil, abrangência, natureza jurídica e o tipo de serviço prestado. Posteriormente é procedida a análise prévia da consistência das informações recebidas, estabelecendo contato direto em caso de necessidade de complementação ou correção das informações disponibilizadas. Uma versão preliminar do Diagnóstico, contendo tabelas com as informações e o cálculo dos indicadores é encaminhada aos prestadores de serviços para correções, críticas e sugestões, que são incorporadas à versão final do documento (BRASIL, 2006, p.2).

Este tratamento é de suma importância para a manutenção da confiabilidade dos dados, que refletirá na qualidade dos resultados do modelo. Conforme o apresentado, anteriormente, a técnica DEA é particularmente sensível a informações não confiáveis, uma vez que as unidades julgadas eficientes determinam a fronteira de produção eficiente. Se os dados de determinadas unidades não forem verdadeiros, corre-se o risco de se estabelecer uma fronteira que não represente a realidade do conjunto estudado.

A partir da base do SNIS foram pré-selecionadas as operadoras que ofertavam, em 2010, tanto serviços de água, quanto de esgotamento sanitário. Posteriormente, foram excluídas do estudo as companhias que atendem menos de 30.000 ligações ativas de água e 10.000 ligações ativas de esgoto, restando 42 unidades. O crivo foi estabelecido com base em trabalhos anteriores que consideram que as empresas desse porte em diante, normalmente atendem populações acima de 150 mil habitantes, número considerado ideal para a viabilidade de exploração de um sistema de abastecimento público de água e coleta de esgotos (Abicalil *apud* Castro, 2003, p.58.).

Não obstante, esse conjunto de DMUs apresenta os requisitos propostos por Angulo Meza (1998) para a seleção das unidades, quais sejam: ser homogêneo, isto é, realizar as mesmas tarefas; utilizar comumente as mesmas entradas e saídas, variando somente a intensidade; trabalhar nas mesmas condições de mercado; e ter autonomia na tomada de decisões.

O quadro 2 apresenta as 42 unidades utilizadas no estudo, discriminadas segundo a região, a abrangência e a natureza jurídica. O grupo selecionado possui representantes com sedes em todas as regiões do país, com maior destaque para o Sudeste, com 17, seguido do Nordeste e do Norte, com 10 e 6 operadoras, respectivamente. Quanto à natureza jurídica,

compõem a amostra 29 Sociedades de Economia Mista com Administração Pública⁸ e 13 Empresas Privadas⁹.

Quadro 2 – Prestadores de serviços de água e esgoto, segundo região, abrangência e natureza jurídica

Prestador	Abrangência	Natureza	Prestador	Abrangência	Natureza
CENTRO-OESTE			Sudeste		
CAESB	Regional	SEMAP	FOZ	Local	Emp. Privada
SANEAGO	Regional	SEMAP	CESAN	Regional	SEMAP
SANECAP	Local	SEMAP	COPASA	Regional	SEMAP
SANESUL	Regional	SEMAP	CAJ-RJ	Microrregional	Emp. Privada
AG	Local	Emp. Privada	ANF	Local	Emp. Privada
Nordeste			AI	Local	Emp. Privada
CASAL	Regional	SEMAP	CAP	Local	Emp. Privada
EMBASA	Regional	SEMAP	CEDAE	Regional	SEMAP
EMASA	Local	SEMAP	PROLAGOS	Microrregional	Emp. Privada
CAGECE	Regional	SEMAP	CAN	Local	Emp. Privada
CAEMA	Regional	SEMAP	SABESP	Regional	SEMAP
CAGEPA	Regional	SEMAP	SAEG	Local	SEMAP
COMPESA	Regional	SEMAP	SANASA	Local	SEMAP
AGESPISA	Regional	SEMAP	DAEJUNDIAI	Local	SEMAP
CAERN	Regional	SEMAP	SANED	Local	SEMAP
DESO	Regional	SEMAP	FDL	Local	Emp. Privada
Norte			ADI	Local	Emp. Privada
CAESA	Regional	SEMAP	Sul		
ADA	Local	Emp. Privada	CAB AdP	Local	Emp. Privada
COSANPA	Regional	SEMAP	CORSAN	Regional	SEMAP
CAERD	Regional	SEMAP	CASAN	Regional	SEMAP
CAER	Regional	SEMAP	CAJ-SC	Local	SEMAP
SANEATINS	Regional	Emp. Privada			

FONTE: SNIS, 2010. Elaborado pelos autores.

Para a escolha das variáveis, foi realizada a adaptação de outros trabalhos que utilizaram a abordagem não paramétrica para avaliar a eficiência relativa dos serviços de saneamento (AIDA *et al*, 1998; THANASSOULIS, 2000; e CASTRO, 2003), contemplando informações financeiras e operacionais com grande relevância na provisão dos serviços de água e esgoto, conforme as especificações abaixo:

i) *Input 1* (X_1) - Despesas de Exploração (1.000 R\$/ano) - valor anual das despesas realizadas para a exploração dos serviços, compreendendo Despesas com Pessoal, Produtos Químicos, Energia Elétrica,

⁸ Entidade paraestatal, criada por lei, com capital público e privado, maioria pública nas ações com direito a voto, gestão exclusivamente pública, com todos os dirigentes indicados pelo poder público.

⁹ Empresa com capital predominante ou integralmente privado, administrada exclusivamente por particulares.

Serviços de Terceiros, Água Importada, Esgoto Exportado, Despesas Fiscais ou Tributárias computadas na DEX, além de Outras Despesas de Exploração;

ii) *Output 1* (Y_1) - Quantidade de Ligações Ativas de Água (unidade) – número de ligações ativas de água à rede pública, provida ou não de hidrômetro;

iii) *Output 2* (Y_2) – Extensão da Rede de Água (Km) – comprimento total da malha de distribuição de água, incluindo adutoras, sub-adutoras e redes distribuidoras e excluindo ramais prediais, operada pelo prestador de serviços;

iv) *Output 3* (Y_3) - Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto (unidade) - quantidade de ligações ativas de esgoto à rede pública;

v) *Output 4* (Y_4) - Extensão da Rede de Esgoto (Km) – comprimento total da malha de coleta de esgoto, incluindo redes de coleta, coletores tronco e interceptores e excluindo ramais prediais e emissários de recalque, operada pelo prestador de serviços;

vi) *Output 5* (Y_5) - Receita Operacional Direta Total (1.000 R\$/ano) - valor faturado anual decorrente das atividades-fim do prestador de serviços, resultante da exclusiva aplicação de tarifas e/ou taxas.

Desta forma, o modelo ficou estruturado com 1 *Input* (X_1) e 5 *Outputs* ($Y_1... Y_5$)¹⁰, conforme Figura 2.

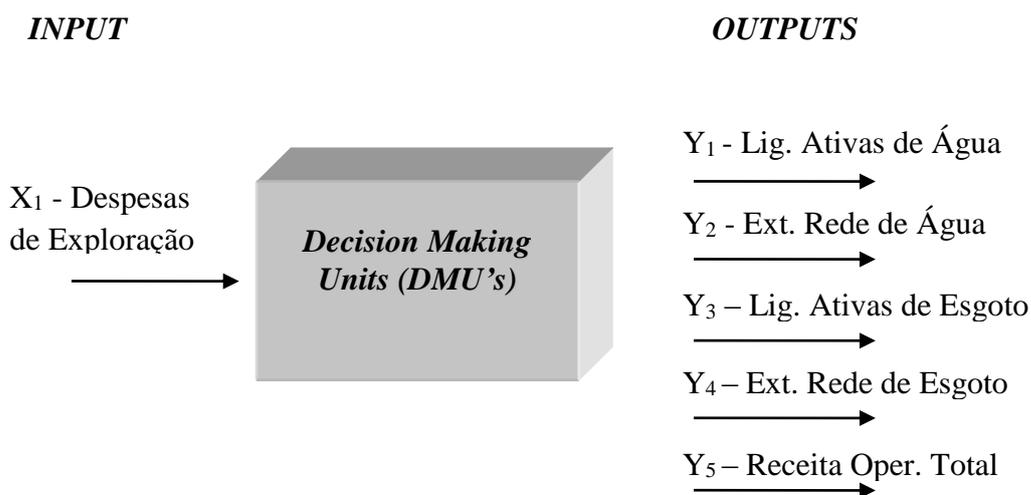


Figura 2 – Ilustração da modelagem do problema

Fonte: Elaborado pelos autores.

Definidos o grupo de DMUs e as variáveis, torna-se necessária a escolha do modelo matemático. Considerando as especificidades do setor de saneamento básico, caracterizado pela existência de economias de escalas⁸ e de escopo⁹, e das características da amostra selecionada, composta por unidades com os mais diferentes portes, optou-se por utilizar o modelo DEA com retornos variáveis (BCC). A este respeito, Belloni (2000, p. 69) afirma que o Modelo BCC, ao trabalhar com uma fronteira convexa, considera as unidades com baixos níveis de consumo de insumos como unidades operadas com retornos crescentes de escalas e vice-versa. Assim, este modelo admite que a

¹⁰ O modelo cumpre a recomendação empírica de que o número de DMUs utilizado deve ser, no mínimo, 3 a 4 vezes o quantitativo de variáveis

eficiência máxima varie em função da economia de escala e permite comparar unidades de portes distintos.

A escolha da orientação a produto (*output*) é coerente com a necessidade de expansão do setor, buscando-se analisar como aumentar a cobertura dos serviços de água e esgotamento sanitário, mantendo-se inalteradas as quantidades de insumos empregados no processo produtivo.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

A tabela 1 apresenta os escores de eficiência resultantes do modelo DEA com rendimentos variáveis e orientado a *output*, calculados com o uso do *software* SIAD (ANGULO MEZA *et al.*, 2005), e o posicionamento das 42 Unidades de Tomadas de Decisão.

Constata-se a existência de 15 DMUS tecnicamente eficientes (apresentaram indicador igual a 100%), o que equivale a 35,7% do conjunto analisado. Estas unidades compõem a fronteira externa de produção, alcançando os maiores *outputs* em relação às outras unidades da amostra, para o montante de Despesa de Exploração empregado na atividade.

Integram este conjunto 9 Sociedades de Economia Mista com Administração Pública (SEMAPs) e 6 Empresas Privadas (EPs). Em termos percentuais, 31,03% das SEMAPs e 46,15% das EPs estudadas estão sobre a curva tecnológica de eficiência, obtendo desempenho máximo.

Tabela 1 – Escores de Eficiência dos Prestadores de Serviços de Saneamento

Pos.	DMU	BCC	Posição	DMU	BCC	Posição	DMU	BCC
1	SANEAGO	100,0%	1	CORSAN	100,0%	29	CAJ-SC	79,1%
1	AG-MS	100,0%	16	AI	99,9%	30	CASAN	77,5%
1	EMBASA	100,0%	17	EMASA	96,7%	31	CAP	76,5%
1	CAGECE	100,0%	18	SANESUL	90,7%	32	ANF	75,9%
1	CAER	100,0%	19	COMPESA	90,3%	33	SANED	73,7%
1	SANEATINS	100,0%	20	SANECAP	89,5%	34	CAESB	70,3%
1	COPASA	100,0%	21	CAJ-RJ	87,5%	35	CAGEPA	67,3%
1	PROLAGOS	100,0%	22	COSANPA	87,0%	36	DAEJUNDIAI	66,8%
1	CEDAE	100,0%	23	FOZ	86,4%	37	CAN	66,8%
1	SAEG	100,0%	24	SANASA	85,2%	38	AGESPISA	66,6%
1	FDL	100,0%	25	CESAN	84,7%	39	DESO	65,0%
1	SABESP	100,0%	26	ADA	83,9%	40	CAEMA	63,6%
1	ADI	100,0%	27	CASAL	82,6%	41	CAESA	56,5%
1	CABA _d P	100,0%	28	CAERN	81,9%	42	CAERD	55,9%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Abaixo desta fronteira, estão as demais 27 unidades produtivas, que possuem algum grau de ineficiência, relativamente à combinação das DMUS com as melhores práticas. Em tese, estas empresas, por não alocarem de maneira ótima seus recursos, podem incrementar os 5 *outputs* analisados, sem aumentar necessariamente a quantidade de insumo.

Quanto ao desempenho médio das prestadoras, ao se estimar a fronteira de produção, evidencia-se uma ligeira vantagem das Empresas Privadas, com o percentual de 90,53%, aproximadamente 6,71% superior ao conjunto das Sociedades de Economia Mista com Administração Pública.

Pelo modelo DEA empregado é possível, ainda, analisar as possibilidades de melhorias dos resultados produtivos das unidades com folgas e/ou excessos à curva de eficiência tecnológica, a partir dos resultados de seus parceiros de excelência (*Benchmarking*). A técnica adotada pressupõe retornos variáveis com a restrição de convexidade, determinando os melhores parceiros que servirão de referência para as companhias tecnicamente ineficientes

A tabela 2 exhibe a relação de todas as DMUs com seus respectivos *benchmarks*. As unidades ineficientes espelham o padrão de eficiência que deve ser alcançado, identificado pelo valor do parâmetro λ_k ($k=1, \dots, 15$), das 15 DMUs eficientes, entre as 42 do conjunto em análise.

Embora pela análise não paramétrica empregada seja possível observar 15 operadores com eficiência igual a 1, nem todos possuem a mesma relevância na amostra. Conforme o apresentado na tabela 2, a CAGECE-CE (D4) e a PROLAGOS-RJ (D8), são mais importantes do que as outras prestadoras, dado que influenciam a eficiência de um conjunto maior de unidades. Em outras palavras, contribuem mais efetivamente como parceiros de excelência para as unidades ineficientes, tendo os seus parâmetros espelhados por 15 DMUs, cada uma.

Em uma posição diametralmente oposta encontra-se a CORSAN-RS (D15), que embora tenha apresentado o escore de eficiência 100%, não compõe o conjunto de referência de nenhuma DMU ineficiente. Esta situação de eficiência isolada indica que a companhia alcançou a fronteira com uma composição de recursos e resultados que não atende a outra unidade.

A partir do conjunto de referência, pode-se ainda calcular os *outputs* ideais para as companhias ineficientes, propondo os aumentos necessários dos produtos para que se tornem eficientes como seus *benchmarks*. Esses resultados, embora quantitativos, apresentam a dimensão dos esforços a serem despendidos no caminho das mudanças qualitativas, com vista a alcançar as melhores práticas produtivas.

Tabela 2 - Parceiros de Excelência, modelo BCC orientado a *Output*

DMU	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
CAESB	0,00	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
SANEAGO	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SANECAP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,23	0,00	0,08	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
AG	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SANESUL	0,00	0,18	0,00	0,13	0,00	0,62	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CASAL	0,00	0,45	0,00	0,18	0,00	0,17	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EMASA	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EMBASA	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAGECE	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAEMA	0,00	0,00	0,11	0,28	0,00	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAGEPA	0,00	0,26	0,00	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COMPESA	0,00	0,00	0,38	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AGESPISA	0,00	0,00	0,00	0,43	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAERN	0,00	0,42	0,00	0,43	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DESO	0,10	0,00	0,00	0,19	0,00	0,69	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAESA	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,13	0,00	0,11	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADA	0,00	0,87	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COSANPA	0,00	0,00	0,00	0,11	0,20	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAERD	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAER	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SANEATINS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CESAN	0,00	0,20	0,00	0,18	0,00	0,55	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FOZ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,09	0,00	0,72	0,00	0,00
COPASA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAJ-RJ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,01	0,00	0,88	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
PROLAGOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANF	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,53	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00
AI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
CAP	0,00	0,18	0,00	6E-5	0,00	0,01	0,00	0,62	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAN	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CEDAE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SAEG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FDL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SABESP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
SANED	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,93	0,01	0,00	0,00	0,00
ADI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
DAEJUNDIAI	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,60	0,00	0,00	0,35	0,01	0,00	0,00	0,00
SANASA	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	0,05	0,00	0,00	0,00
CABAdP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
CORSAN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
CAJ-SC	0,00	0,15	0,00	0,01	0,00	0,17	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CASAN	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
REFERÊNCIA	4	14	3	16	3	15	2	16	9	8	7	5	3	2	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

A tabela 3 apresenta, além do somatório dos *outputs* atuais de cada uma das 42 DMUs, a agregação dos *outputs* ideais individualizados projetados pelo modelo (situação ótima condicionada às restrições de convexidade do Modelo DEA-BCC), e os potenciais de melhorias para cada *output*. Importante salientar que, os resultados dispostos nas colunas "Outputs Ideais" e "Melhorias", expressam quantitativamente a busca pela excelência operacional das DMUs que não detêm as melhores práticas, com base nos parâmetros de eficiência do modelo proposto.

Pela análise dos *outputs* atuais conclui-se que o conjunto de DMUS estudado alcançou, em 2010, um total de 28.449.912 unidades ativas de água dispostas em redes com extensão de 337.929 quilômetros. A rede coletora de esgoto chegou à marca de 12.892.340 ligações ativas, distribuídas em uma malha de aproximadamente 119.500 quilômetros. A arrecadação total direta e indireta dos operadores superou os 25,4 bilhões de reais.

Em um cenário ideal, com todas as 42 unidades operando com excelência operacional, o número de ligações ativas de água seria 12,82% superior à atual, alcançando a marca de 32.549.157 unidades, dispostas em uma malha com o comprimento total de aproximadamente 382.431 quilômetros.

Tabela 3 – Melhoramentos potenciais globais dos *outputs*

VARIÁVEIS	OUTPUTS ATUAIS	OUTPUTS IDEAIS	MELHORIAS (%)
Ligações Ativas de Água (un.)	28.849.912	32.549.157	12,82
Extensão da Rede de Água (Km)	337.929	382.431	13,17
Ligações Ativas de Esgoto (un.)	12.892.340	15.574.401	20,80
Extensão da Rede de Esgoto (km)	119.464	143.263	19,92
Receita Operac. Total (mil R\$/ano)	25.420.756,73	27.647.435.64	08,76

Fonte: Elaborado pelos autores.

A projeção para os serviços de esgoto demonstra possibilidades de melhorias ainda mais significativas. Seria possível superar a marca de 15,5 milhões de unidades ligadas a redes coletoras de esgotos, além de expandir em cerca de 20% a extensão total da malha. O valor total faturado pelo conjunto avaliado seria 8,76% maior, superando os 27,6 bilhões de reais anuais.

A tabela 4 apresenta o detalhamento das possibilidades de melhorias das 27 DMUs ineficientes, segundo a natureza jurídica da operadora.

Pelo plano de melhorias, as unidades produtoras não eficientes de ambos os grupos atuam em um patamar muito abaixo dos seus parceiros de referência, resultando em uma significativa possibilidade de aumento de seus *outputs*. No cômputo geral, considerando os 5 produtos estudados, as 7 empresas privadas e as 20 economias mistas, alocando melhor os seus recursos, poderiam aumentar em média seus produtos em 61,75% e 65,47%, respectivamente.

Os prestadores privados possuem maior capacidade ociosa na provisão de três dos cinco *outputs* do modelo. O grupo demonstra possibilidades de expansão das ligações ativas de água, e das extensões das redes de água e de esgoto, superiores ao agregado das economias mistas. Os percentuais de incrementos possíveis de 49,14%, 47,12% e 96,68%, frente aos 41,23%, 41,02% e 90,47% do último grupo, comprovam que, nestes quesitos, as instituições de capital privado tiveram desempenhos inferiores.

As próprias características do setor de saneamento brasileiro podem ser utilizadas para explicar esta constatação. Os grandes montantes de recursos públicos aportados, durante a vigência do PLANASA, garantiram a consolidação e a expansão da infraestrutura básica dos serviços, a partir das companhias estaduais de saneamento. Por outro lado, a recente entrada da iniciativa privada no setor, acarreta a necessidade de grandes inversões em capital altamente específico (*sunk cost*) para a criação das estações e expansão das redes de água e esgotamento sanitário. Sendo assim, além de atender um maior quantitativo de economias, o grupo das economias mistas apresenta um portfólio de custos distintos das empresas privadas, com maior gasto na manutenção das redes do que, propriamente, em criação e expansão da malha.

Não obstante, o quantitativo de ligações interligadas à rede de esgoto representou o grande gargalo das operadoras com administração pública, evidenciado pela alta margem para incremento (120,39%). Em 2010, o agregado de 20 economias mistas possuía pouco mais de 2,03 milhões de ligações ativas de esgoto, podendo a partir da adoção de melhores práticas produtivas superar o montante de 4,4 milhões de unidades.

Tabela 4 - Melhorias Potenciais das DMUS ineficientes

VARIÁVEIS	OUTPUTS ATUAIS	OUTPUTS IDEAIS	MELHORIAS (%)
EMPRESAS PRIVADAS			
Ligações Ativas de Água (un.)	643.897,00	960.308,06	49,14
Extensão da Rede de Água (Km)	8.498,00	12.502,71	47,12
Ligações Ativas de Esgoto (un.)	267.409,00	499.343,59	86,73
Extensão da Rede de Esgoto (km)	2.588,00	5.090,12	96,68
Receita Operac. Total (mil R\$/ano)	720.126,89	929.599,53	29,08
SOCIEDADES DE ECONOMIA MISTA COM ADM. PÚBLICA			
Ligações Ativas de Água (un.)	8.205.140,00	11.587.973,77	41,23
Extensão da Rede de Água (Km)	98.733,00	139.230,43	41,02
Ligações Ativas de Esgoto (un.)	2.035.105,00	4.485.231,90	120,39
Extensão da Rede de Esgoto (km)	23.541,00	44.838,22	90,47
Receita Operac. Total (mil R\$/ano)	5.896.715,75	7.913.922,02	34,21

Fonte: Elaborado pelos autores.

Destaca-se ainda que o grupo de prestadores com gestão pública apresentou desempenho financeiro inferior ao conjunto de unidades privadas, o

que pode ser comprovado pela maior possibilidade de incremento da Receita Operacional Total (34,21%). Sobre este aspecto, Alchian (1965 *apud* CARRERA-FERNANDEZ e OLIVEIRA 2006, p.292) enfatizam que a propriedade pública enfraquece a relação entre a utilidade gerencial e o lucro da firma, afetando negativamente a eficiência da empresa estatal. Informam ainda que, (...) a teoria da escolha pública sinaliza que a empresa estatal está mais propícia a aspirações de renda pessoal, fato esse que acaba por levar a empresa a uma situação de menor eficiência.

Nesta mesma linha, Barbosa (2009, p. 140-143) ao analisar o desempenho comparativo das prestadoras de serviços de saneamento, constatou que o conjunto das Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs) - grande maioria do conjunto de SEMAP -, apresentou, os menores índices de coleta e atendimento de esgoto, tanto a nível urbano quanto total. Não obstante, apresentou o pior desempenho financeiro com a média da receita operacional total inferior à média das despesas, acarretado, principalmente, pelo alto índice de evasão de receitas e de dias de faturamento comprometidos com contas a receber. Ainda segundo o autor, o equilíbrio financeiro das operadoras públicas fica comprometido com a politização deste serviço público de consumo de massa e com grande caráter social. O governo, agindo por motivações políticas, tende a interferir nos ajustes das tarifas, fixando valores incompatíveis com os custos da atividade, uma vez que o aumento das tarifas representa um fator negativo à atração de votos. (BARBOSA, 2009, p. 144)

Os resultados obtidos a partir do modelo proposto demonstram a expressiva possibilidade de melhoria na provisão dos serviços de saneamento básico do conjunto estudado, e principalmente, do sistema de esgoto. Constata-se ainda, uma pequena diferença na eficiência técnica com que os grupos das empresas privadas e sociedades de economia mista desempenham suas atividades, comprovando, assim, a existência de distintos padrões de comportamento na oferta dos serviços de água e esgoto. As economias mistas conseguem prover em maior proporção, se comparadas às empresas privadas, os serviços de água. Por outro lado, as companhias privadas apresentam um maior equilíbrio financeiro, com maior capacidade arrecadadora.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o apresentado ao longo deste artigo, a técnica não paramétrica DEA, por possibilitar a mensuração do desempenho comparativo de unidades semelhantes e a projeção de metas de melhorias para as DMUs ineficientes, pode ser considerada uma poderosa ferramenta de auxílio no processo de tomada de decisões, tanto por parte dos gestores das companhias regionais de saneamento, no processo de planejamento e monitoramento da execução dos serviços, quanto pelas autoridades na implementação de novas estratégias e na própria regulação das atividades do setor.

A partir dos resultados do modelo DEA BCC orientado a *output*, pôde-se constatar que, de maneira geral, a oferta dos serviços de saneamento básico

no país encontra-se bastante comprometida pelo baixo desempenho das prestadoras de serviços. Pouco mais de 1/3 das DMUs avaliadas operam em um nível tecnicamente eficiente.

Isto se reflete nas possibilidades de melhorias apresentadas na análise de *Benchmarking*, onde, a partir da adoção de melhores práticas produtivas pelas unidades ineficientes, seria possível alcançar significativos incrementos tanto no quantitativo de unidades ligadas à rede pública de saneamento, quanto no comprimento total da malha de distribuição de água e coleta de esgoto. Como consequência, a projeção do valor faturado anualmente pelo conjunto das companhias supera o arrecadado atualmente.

Ao comparar a eficiência técnica das operadoras, segundo a natureza jurídica, esperava-se uma grande disparidade no desempenho entre os dois grupos, uma vez que, para o conjunto de DMUs com administração pública, a maximização do lucro não é encarada como objetivo primordial da atividade. Constatou-se, porém, apenas uma ligeira vantagem das Empresas Privadas, não obstante sua maior capacidade arrecadadora e, principalmente, sua maior cobertura dos serviços de esgoto.

Conforme o evidenciado, parte destes resultados pode ser explicada pelo tamanho das DMUs. O grupo de prestadores com administração pública, por possuir unidades com maior porte, se beneficia da economia de escala, uma vez que os custos de manutenção e expansão das redes de água e esgoto tendem a diminuir à medida que aumentam a quantidade e concentração dos domicílios conectados.

Não obstante, o exposto neste trabalho, corrobora com a visão econômica dominante, segundo a qual, as empresas com gestão pública apresentam enormes dificuldades em manter uma política tarifária capaz de equilibrar receitas e despesas, e conseqüentemente, a auto-sustentação financeira de suas atividades. Da mesma forma, demonstra a priorização, pelos grandes programas do setor, e mais especificamente pelo PLANASA, dos investimentos em produção e distribuição de água, em detrimento aos de coleta e tratamento de esgoto.

Salienta-se, outrossim, que as contribuições apresentadas corresponderam a um pequeno esforço de entendimento da estrutura de provisão dos serviços de água e esgotamento sanitário no país, sem a pretensão de esgotar a ampla possibilidade de interpretações que a temática permite. Entende-se não ser possível a avaliação dos riscos e oportunidades da participação privada no setor, a partir somente da análise comparativa de desempenho, sendo necessários novos estudos acerca da qualidade dos serviços prestados, e principalmente, sobre um ordenamento institucional capaz de assegurar a regulação e o controle social do setor.

Por fim, é importante enfatizar que os indicadores calculados devem ser utilizados com cautela, uma vez que, os modelos determinísticos DEA são extremamente benevolentes e altamente dependentes da qualidade dos dados utilizados. Da mesma forma, as eficiências relativas calculadas devem ser utilizadas somente para o conjunto de observação selecionado. A entrada ou

saída de uma ou mais DMUs e/ou variáveis no modelo pode causar alterações significativas nos indicadores do modelo.

6. REFERÊNCIAS

AIDA, Kazuo; COOPER William; PASTOR, Jesus; SUEYOSHI, Toshiyuki. **Evaluating water supply services in Japan with RAM: a range-adjusted measure of inefficiency**. Omega, International Journal of Management Science. V. 26, n. 2, pp. 207- 232, 1998.

ÂNGULO MEZA, Lídia. (1998). **Data Envelopment Analysis (DEA) na determinação da eficiência dos programas de pós-graduação da COPPE/UFRJ**. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Rio de Janeiro, 1998.

ANGULO MEZA, Lídia; BIONDI NETO, Luiz; SOARES DE MELLO, João Carlos; GOMES, Eliane Gonçalves. **ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model**. Pesquisa Operacional, v. 25, (3), p. 493-503, 2005.

ARRETCHE, Marta. **Política Nacional de Saneamento: a reestruturação das Companhias Estaduais**. In Temas Especiais – Infra-Estrutura. Perspectivas de Reorganização. IPEA, Brasília, 1999.

BANKER, Rajiv; CHARNES, Abraham; COOPER, William. **Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis**. Management Science. V. 30, n. 9, pp. 1078-1092, 1984.

BARBOSA, Raphael de Paiva. **A Estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Estado do Pará: uma análise a partir dos determinantes do déficit de acesso**. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará (NAEA/UFPA). Belém/PA, 2009.

BELLONI, José Ângelo. **Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidades Federais Brasileiras**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento/SEPURB. **Diagnóstico do setor de saneamento: estudo econômico e financeiro**. Série modernização do setor de saneamento/PMSS. Brasília, 1995a, 251p.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento/SEPURB. **Flexibilização institucional da prestação de serviços de saneamento: implicações e desafios**. Série modernização do setor de saneamento/PMSS. Brasília, 1995b, 186p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgoto – 2006, 2010**. Brasília, 2010.

Disponível em: <http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=95>. Acesso em: 10/12/2012.

CASTRO, Carlos Eduardo. **Avaliação da eficiência gerencial de empresas de água e esgoto brasileiras por meio da Envolvória de Dados (DEA)**. Originalmente apresentada como Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: PUC-RJ, 2003.

CARRERA-FERNANDEZ, J, O. OLIVEIRA, A, S. **Análise da eficiência dos serviços de saneamento básico da Bahia no contexto da estrutura nacional do setor**. Revista Análise e Dados. Salvador-BA, v. 15, n. 2-3, p. 291-309, set/dez. 2005.

CHARNES, Abraham; COOPER, William; RHODES, Edward. **Measuring the Efficiency of Decision Making Units**. *European Journal of Operational Research*. V. 2, pp. 429-444, 1978.

CRUZ, Carlos Eduardo; RAMOS, Francisco de Souza. **Eficiência na gestão do saneamento básico e seus impactos sobre a promoção da saúde: uma aplicação da Análise Envolvória de Dados – DEA**, 2013. Disponível em: <http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/eventos/forumbnb2012/docs/sim2_mesa4_eficiencia_gestao_saneamento_basico.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2014.

FIGUEREDO, D.S. **Índice híbrido de eficácia e eficiência para loja de varejo**. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado ao programa de mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense. Niterói/Rio de Janeiro. 2005.

GARIBA JUNIOR, Maurício. **Um modelo de avaliação de cursos superiores de tecnologia baseado na ferramenta Benchmarking**. 2005. 283 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/tese.asp>>. Acesso em: 12/01/2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censos demográficos**. Brasília: DF, 2012.

MONTEIRO, José, Roberto do Rego **PLANASA: Análise de Desempenho**. 1993. Extraído de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/planasa/planasa.pdf>. Acesso em: 10/07/2012.

NIEDERAUER, C.A. P. **Avaliação dos bolsistas de produtividade em pesquisa da engenharia de produção utilizando Data Envelopment Analysis**. Apresentado inicialmente como Dissertação de mestrado do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2000.

PÉRICO, Ana Elisa; SANTANA, Naja; REBELATTO, Daisy. **O Uso racional de água na SABESP: uma análise por Envolvória de Dados**. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO) João Pessoa, 2008.

SAMPAIO, Breno; SAMPAIO, Yony. **Influências políticas na eficiência de empresas de saneamento brasileiras**. Revista Economia Aplicada. São Paulo - SP v. 11, n. 3, p. 369-386, Julho-Setembro 2007.

SEROA DA MOTTA, Ronaldo; MOREIRA, Ajax, R. **As opções de marco regulatório de saneamento no Brasil**. *Plenarium*, Brasília, n. 3, p. 100-116, set. 2006.

SINDCON - SINDICATO NACIONAL DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVADAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO. **Saneamento: concessões privadas**. Extraído de <http://www.sindcon.com/concessoes-privadas/>. Acesso em: 12/03/2013.

THANASSOULIS, Emmanuel. **The Use of Data Envelopment Analysis in the Regulation of UK Water Utilities: Water distribution**. European Journal of Operational Research. V. 126, pp. 436-453, 2000.