

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS EMPRESAS DE SANEAMENTO  
BRASILEIRAS UTILIZANDO A METODOLOGIA DEA**

**ÁREA 4: MICROECONOMIA, ECONOMIA INDUSTRIAL, MUDANÇA TECNOLÓGICA E  
MÉTODOS**

**CÓDIGO JEL: L25 – FIRM SIZE AND PERFORMANCE**

**AUTORES:**

**Cinthy Melo do Carmo**

Engenharia Civil, UPE; M. Sc. Em Engenharia de Produção, UFPE; Doutoranda em Economia, PIMES/UFPE; Endereço – Rua Eurípedes Lavor Paes Barreto, 476, apto. 401 – Jardim Atlântico – Olinda – CEP: 53.050-240 – Fone: 34923292/91113538 – E-mail: [cinthyacarmo@aol.com](mailto:cinthyacarmo@aol.com)

**José Lamartine Távora Junior**

Engenheiro Químico, UFPE; Especialização em Engenharia Econômica UFRJ; M.Sc. e D.Sc em Engenharia de Produção COPPE/UFRJ; Professor Adjunto do Departamento de Economia UFPE; Pesquisador do CNPq; Coordenador PIMES/UFPE – Endereço: Av. dos Economistas, S/N, Cidade Universitária – Recife – PE - CEP: 50.670-901 – Fone: 081 – 32718381/32718378/99784139 – E-mail: [tavora@ufpe.br](mailto:tavora@ufpe.br) [tavora@decon.ufpe.br](mailto:tavora@decon.ufpe.br)

# AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS EMPRESAS DE SANEAMENTO BRASILEIRAS UTILIZANDO A METODOLOGIA DEA

## RESUMO:

Atualmente, o setor de saneamento básico brasileiro está passando por estudos para modernização das empresas responsáveis pelos serviços d'água e captação de esgoto nos âmbitos regionais, estaduais e municipais, a fim de mapear, conhecer a qualidade, amplitude e eficiência desses serviços.

Este artigo determina o grau de eficiência técnica das 26 companhias estaduais de saneamento básico, através da metodologia DEA - Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis), cuja metodologia baseia-se em procedimentos de programação matemática e possibilita a obtenção de uma fronteira não-paramétrica de eficiência. O procedimento selecionado para assegurar um resultado satisfatório foi à aplicação do *software Analyst Frontier*, com o propósito de avaliar a eficiência.

Nesse sentido, é apresentada uma visão geral do tema e objetivos seguido por um estudo do setor de saneamento brasileiro e das fronteiras de produção e eficiência produtiva. Para isso, foram escolhidos os modelos a serem utilizados, a amostra, os *inputs* e *output* para aplicação às empresas do setor de saneamento.

Finalmente são apresentados os escores de eficiência obtidos nos modelos DEA, os quais foram analisados segundo os critérios de localização, retornos de escalas e indicadores técnicos.

As companhias estaduais de saneamento básico, de um modo geral apresentaram bons resultados nos dois modelos DEA. Entretanto, observou-se que, a ineficiência técnica foi mais expressiva que a ineficiência de escala.

**PALAVRAS-CHAVES:** DEA; Data Envelopment Analysis; Eficiência; Saneamento.

## ABSTRACT:

Nowadays, the Brazilian basic sanitation is passing through studies for companies modernization which are responsible for water services and sewerage system of regions, states and cities to map, identify the quality level, magnitude and efficiency of these services.

This paper have determined the technical efficiency grade of 26 basic sanitation state's companies, through DEA (Data Envelopment Analysis) methodology, which is based in mathematics programming procedures and make possible to get the efficiency non-parametric edge. The chosen procedure, for achieve a satisfactory result, was the application of Analyst Frontier Software, with goal of efficiency evaluation.

On this way, it is presented a subject and goals overview followed by a detailed analysis of the Brazilian sanitation division, production edges and productive efficiency. To achieve these targets, it have been chosen the models to be used, the sample, inputs and outputs for application in the sanitation's companies.

Finally it is showed the efficiency results got from DEA models, which were analyzed in accordance with placement criteria, scale feedback and technical metrics.

In general, the basic sanitation state's companies have presented good results in the two used DEA models, but it could be observed that the non-technical efficiency was higher than non-scale efficiency.

**KEY-WORDS:** DEA; Data Envelopment Analysis; Efficiency; Sanitation.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil enfrenta dificuldades no setor de saneamento, tendo como consequência custo elevado per capita para tratamento hospitalar devido às doenças transmissíveis pela água e esgoto não

tratados. Portanto, quanto mais eficiente for o setor de saneamento melhor será a qualidade de vida da população.

Com o propósito de elevar a qualidade de vida, a Política Nacional de Saneamento estabelecida pelo governo tem como objetivos centrais a universalização do atendimento em abastecimento de água, esgotamento sanitário e a prestação desses serviços com qualidade e preços adequados.

Nessa tendência de identificar soluções para tornar as empresas mais produtivas, o estudo da eficiência é de extrema importância, para ajudar na escolha de uma conduta ótima para as empresas e oferecer ao governo meios para regulamentar o setor.

Quanto aos ganhos de eficiência, sabemos que é primordial aumentar a produtividade através da eliminação de desperdícios. Nesse sentido, é apresentada uma visão geral do tema e objetivos seguidos por um estudo detalhado do setor de saneamento brasileiro e das fronteiras de produção e eficiência produtiva. Para isso, foram escolhidos os modelos a serem utilizados, a amostra, os *inputs* e *output* para aplicação às empresas do setor de saneamento.

Finalmente são apresentados os escores de eficiência obtidos nos modelos DEA, os quais foram analisados segundo os critérios de localização, retornos de escalas e indicadores técnicos.

## **2. O SETOR DE SANEAMENTO NO BRASIL**

### **2.1 Histórico**

No decorrer da Década de 1970 até meados da Década de 1980, o governo através do Plano Nacional de Desenvolvimento – PLANASA, incentivou a criação das CESBs (Companhias Estaduais de Saneamento Básico) que se tornaram executoras do referido plano. Os recursos para as CESBs, oriundos do FGTS (Fundo de Garantia do Tempo de Serviço), foram transferidos pela União através do BNH (Banco Nacional de Habitação).

Com o PLANASA e as CESBs, a grande maioria dos municípios concederam a prestação de serviços às CESBs através de contratos de concessão de 20 a 25 anos. Segundo dados do SNIS-2000 (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) existem 26 CESBs responsáveis pelo atendimento de 3.850 municípios, dos quais 3.204 encontram-se com concessão em vigor, 310 com concessões vencidas e 336 inexistentes que possuem seus próprios sistemas de saneamento, atuando de forma autônoma em relação às CESBs.

### **2.2 Perspectivas do Setor de Saneamento**

No Brasil, 63,9% dos domicílios são atendidos por serviço de água tratada. Entretanto, apenas 33,5% possuem conexões com redes de coleta de esgoto. Ou seja, dois em cada três domicílios brasileiros lançam seus dejetos diretamente em córregos, rios, mares e lençóis freáticos. Esses dados são da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no ano 2000.

Os dados acima dão-nos uma idéia do grau de poluição do meio-ambiente. Segundo dados publicados pela Organização Mundial de Saúde, no ano 2000, cerca de 80 doenças são causadas pelo contato com água contaminada. A falta de investimentos em coleta e tratamento de esgotos, bem como o desperdício de água, é um terrível problema com o qual a sociedade é obrigada a conviver.

A falta de investimentos no setor tem suas bases em justificativas econômicas e políticas, visto que possuímos tecnologia capaz de transformar esgoto em água com apenas 3% de impurezas, (a chamada água de re-uso, que não é potável) a qual pode ser consumida para outros fins; e a cobrança pelo serviço de coleta de esgoto é feita baseada no consumo de água. Contudo, esta cobrança é inapropriada, pois apenas 33,5% dos municípios brasileiros coletam esgoto, enquanto 63,9% possuem o serviço de fornecimento de água. Um número mais alarmante é o dos municípios que oferecem algum tipo de tratamento ao esgoto: 20,2%.

Os investimentos em saneamento trazem retornos consideráveis para todos os envolvidos. Segundo dados do Sistema Único de Saúde (SUS/2000), para cada real investido em saneamento, os municípios economizam cinco em medicina curativa da rede pública.

Segundo Silva & Alves (2002), para melhoria das condições do saneamento brasileiro, o governo federal através da Política Nacional de Saneamento estabeleceu os seguintes objetivos:

- Universalizar o atendimento, de forma a viabilizar a oferta essencial de serviços básicos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e destinação final de resíduos sólidos;
- Criar um ambiente de modernidade e de eficiência na prestação dos serviços;
- Fomentar a participação dos diversos agentes envolvidos na gestão dos serviços;
- Descentralizar as ações.

Para alcançar a meta de universalização dos serviços de saneamento à população urbana brasileira em 2010, são necessários investimentos anuais de US\$ 2,7 bilhões, aproximadamente 0,38% do PIB (Produto Interno Bruto). Os investimentos realizados de 1995 a junho de 1998 já permitiram reduzir os déficits na área, contribuindo para resultados significativos também na recuperação e proteção do meio ambiente e na melhoria das condições de vida e saúde das comunidades.

As ações de apoio à redução das desigualdades sócio-econômicas são destinadas aos municípios cujos sistemas não têm viabilidade financeira. A reestruturação e modernização do setor dão sustentação à implementação da Política Nacional de Saneamento.

Com o estabelecimento de regras claras, estáveis e duradouras, o marco regulatório em implantação viabiliza a entrada do setor privado no mercado dos prestadores de serviços de saneamento, tendo como primeiro objetivo assegurar o interesse público. Os serviços de saneamento constituem-se em atividade econômica, organizada em regime de monopólios naturais, com limitados estímulos à eficiência, diferentemente do que ocorre com atividades competitivas. Dessa forma, é indispensável a regulação da prestação de serviços pelo poder público, seja na presença de prestadores públicos ou privados. (Silva & Alves, 2002).

Devido à impossibilidade de investimentos por parte do Estado, torna-se necessário o desenvolvimento de ações imediatas que viabilizem uma nova política para o setor. Assim, as empresas privadas surgem como agentes participantes, com capacidade de investimento e endividamento para suprir o setor dos recursos necessários à universalização destes serviços. Esta ainda é uma alternativa que depende de discussões a níveis de Governo Federal, Estadual ou Municipal. Além disso, os maiores problemas hoje encontrados dizem respeito à ampliação da rede de coleta de esgotos, seu tratamento e a redução das perdas nos sistemas de abastecimento de água. Assim, estas deverão compreender as peculiaridades do setor, especialmente no que tange à extrema responsabilidade de se prestar um serviço público do qual depende diretamente a saúde da população atendida.

É importante destacarmos três pontos:

- Deve-se estabelecer o marco legal para a prestação dos serviços;
- Deve haver a criação do órgão regulatório para o setor de saneamento;
- Definição de alternativas para a continuidade dos investimentos no setor na fase de transição para o novo modelo.

Esta participação já existe, de forma ainda embrionária, em cerca de 30 concessões municipais, além de duas empresas estaduais: SANEPAR (Paraná) e SANEATINS (Tocantins), (Botter, 2002).

### **2.3 O Risco de Déficit**

Segundo Vidáguas (2002), no Brasil temos sérios problemas de gerenciamento dos recursos hídricos, apesar de possuímos o maior rio do Mundo (Amazonas), um dos maiores lagos do planeta (a Lagoa dos Patos), e quedas de água com os maiores fluxos de água do Planeta.

Segundo dados do IBGE, 30 milhões de habitantes, dos 150 milhões do Brasil não recebem água tratada; todos os dias são lançados 10 bilhões de litros de esgoto produzido no país nos rios e no mar sem qualquer tratamento; nossos rios são responsáveis por 51 % do consumo de água no país; e nosso lixo normalmente é enterrado em aterros contaminando córregos e os lençóis freáticos de água.

No Brasil, o desperdício de água pode chegar a 45% do volume ofertado à população, o que representa cerca de 4,6 bilhões de metros cúbicos de água produzidos por ano e, por isso, é uma questão a ser discutida.

Segundo Silva & Alves (2002), para tentar reduzir o desperdício e melhorar o sistema de abastecimento, foi criado o PNCD (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água) cujo

objetivo central é promover o uso racional da água para abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando melhor produtividade dos ativos existentes, além de postergar investimentos para a expansão dos sistemas.

Contudo, devemos estar sempre atentos ao impacto ambiental, visto que é retirada uma grande quantidade de água limpa dos recursos hídricos e boa parte é devolvida na forma de esgotos não tratados para os oceanos, mares e rios.

Analisando a evolução dos níveis de cobertura dos serviços de saneamento no Brasil, percebemos que houve melhorias sensíveis no atendimento à população, sobretudo urbana. Entretanto, ainda constata-se déficits significativos, que refletem o padrão desigual de crescimento nas últimas Décadas trilhado pela economia brasileira. Hoje em dia, o principal déficit do setor de saneamento, está na área de esgotamento sanitário, mais especificamente no que tange ao tratamento dos esgotos. Segundo dados do PNAD/96(Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios), 49% do esgoto sanitário produzido no Brasil são coletados em rede pública, sendo que, destes, apenas 32% são tratados, ou seja, aproximadamente 16% dos esgotos produzidos. (Silva & Alves, 2002).

Investir no saneamento do município melhora a qualidade de vida da população, bem como a proteção ao meio ambiente urbano, evitando com isso a incidência de doenças transmissíveis pela água como a cólera, desintéria e outras. Combinado com políticas de saúde e habitação, o saneamento ambiental diminui o número de internações hospitalares. Por evitar comprometer os recursos hídricos disponíveis, o saneamento ambiental garante o abastecimento e a qualidade da água.

### **3. FRONTEIRAS DE PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA PRODUTIVA**

#### **3.1 A Importância da Medição da Eficiência**

Como foi visto anteriormente, a água em nosso planeta esta cada vez mais escassa devida à forma ineficiente de utilização dos recursos hídricos, desde a captação, tratamento, distribuição e consumo de água, como também a captação e tratamento dos resíduos sólidos.

O processo de privatização das Companhias de Saneamento no Brasil reflete a necessidade de recursos para sustentar o crescimento da demanda, para isto o setor de serviços públicos é obrigado a aumentar a produtividade e reduzir os custos através do aumento de eficiência.

As CESBs operam em um mercado diferenciado onde toda melhora de eficiência pode ser traduzida como expansão ou até mesmo a sobrevivência no mercado. Desta forma, o governo pode fazer um estudo detalhado de cada CESB e com isso, incluir este fator na análise do preço de venda das mesmas.

#### **3.2 Funções de Produção e as Medidas de Eficiência**

Essa necessidade de investimento no setor de saneamento requer a aplicação de métodos que possibilitem mensurar o atual desempenho dessas empresas.

Segundo Slack (1997), *A produção envolve um conjunto de recursos de input usado para transformar algo ou para ser transformado em output de bens e serviços.*

Como se sabe no ambiente de trabalho existem restrições, isto é, nem todas as combinações de *inputs* são viáveis para produzirem a quantidade correta de *output*. Essa relação entre a quantidade de *output* que pode ser obtida a partir de certa quantidade de *inputs* é descrita através da função de produção.

Desta forma, pode-se medir a eficiência através da análise da relação entre *inputs* e *output* de acordo com a função de produção da atividade em questão e da fronteira do conjunto de produção, a qual representa todas as combinações *input/output*.

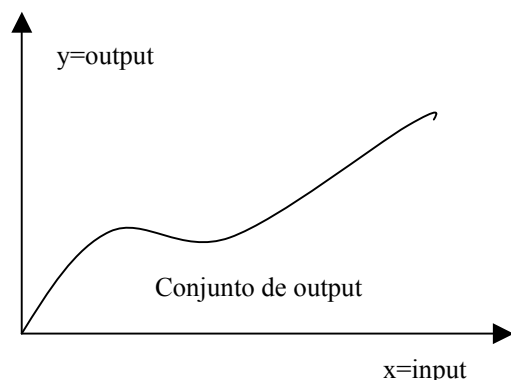


Figura 1 – Função de Produção  $y = f(x)$  (Slack, 1997)

O entendimento do ambiente de trabalho é de fundamental importância, principalmente na regulamentação de utilidades públicas, como é o caso do setor de saneamento. Ao resultado em termos de produção final, obtido por meio da variação da utilização dos *inputs* dá-se o nome de rendimentos ou retornos de escala, os quais podem ser classificados em:

- Rendimentos ou Retornos Constantes de Escala; estes acontecem quando a variação total de output é proporcional a variação dos inputs. Neste caso o tamanho da empresa não influencia a produtividade dos seus fatores de produção.
- Rendimentos ou Retornos Crescentes de Escala; estes acontecem quando a variação total de output é mais que proporcional à variação dos inputs. Desta forma é mais vantajoso ter-se uma grande empresa a muitas empresas pequenas.
- Rendimento ou Retornos Decrescentes de Escala; estes acontecem quando a variação total de *output* é menos que proporcional à variação dos *inputs*.

### 3.2.2 Quantificação da Eficiência

Um plano de produção variável é eficiente tecnologicamente se não existe uma outra forma variável de produzir mais output com a mesma quantidade de inputs ou produzir a mesma quantidade de output, utilizando-se menos inputs, (Varian, 1992).

Assim podemos medir a eficiência através de um estudo detalhado da relação entre inputs e output que fazem parte da função de produção e da fronteira do conjunto de produção, onde os elementos do conjunto são as combinações de input-output que são fisicamente viáveis ao produtor. Desta forma todo ponto localizado no plano de produção viável define uma atividade produtiva.

*Um ponto sobre a fronteira corresponde a quantidade máxima de produto para um dado nível de insumo, ou quantidade mínima de insumo necessária para alcançar um nível estabelecido de produto. Uma atividade produtiva sobre a fronteira é definida como eficiente e aquela abaixo da mesma é uma atividade produtiva ineficiente.* (Sampaio, 2001).

Também podemos medir a eficiência através do conceito de distância, onde uma atividade considerada eficiente tem uma distância igual a zero em relação a fronteira, estando desta forma sob a mesma; e uma atividade considerada não eficiente tem sua distância diferente de zero em relação a fronteira e será tão mais ineficiente quanto maior for esta distância. (Färe & Primont, 1995)

Desta forma podemos quantificar a eficiência através da razão entre a quantidade de output produzida pela quantidade de inputs.

$$\text{Eficiência} = \text{output} / \text{inputs} \quad (1)$$

Como sabemos é raríssimo a atividade produtiva com apenas um único *input* e um único *output*. Normalmente são vários fatores que determinam a eficiência de uma empresa, logo a medida da eficiência passa a ser uma relação ponderada dos output e dos inputs.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{composição ponderada dos } output}{\text{composição ponderada dos } inputs} \quad (2)$$

As empresas tidas como eficientes podem ser utilizadas como fator de referência, para que as outras tidas como ineficientes possam estabelecer suas metas afim de otimizarem sua performance. Essa comparação entre as empresas pode ser feita pela divisão dos pontos obtidos por cada empresa individualmente, pelo maior valor obtido para o conjunto das empresas em análise. Multiplicando-se esse resultado por cem, temos os percentuais de cada empresa, os quais chamamos de eficiência relativa.

A fronteira de produção está centrada na abordagem paramétrica ou na abordagem não-paramétrica. A primeira é caracterizada por uma função de parâmetros constantes, fazendo com que seja definido inicialmente a tecnologia e a estimação será feita através dos métodos econométricos. A segunda não está baseada em uma função especificada inicialmente, é determinada considerando que o conjunto de produção deve satisfazer determinadas propriedades.

Segundo Farrell (1957), existem duas abordagens tradicionais: a paramétrica e a não-paramétrica para determinação da eficiência produtiva e a eficiência econômica (EE) possui duas componentes:

- Eficiência técnica (ET) pode ser orientada a input, mede a fração de inputs que seria suficiente para produzir um dado nível de output; ou com orientação a output, isto é, maximizar a quantidade de output a partir de determinada quantidade de input.
- Eficiência alocativa (EA) é a habilidade de combinar input e output de forma a se obter o menor custo possível, ou seja, é a busca pela máxima eficiência técnica, a minimização de custo dos output através da consideração dos preços dos inputs.

A eficiência econômica de uma empresa pode ser mensurada através do produto:

$$EE = ET \times EA \quad (3)$$

Nos serviços públicos, se adota a orientação para *inputs*, devido a “obrigatoriedade do serviço” imposta ao setor. Assim as unidades produtivas não controlam sua oferta de serviços, apenas tentam otimizar o seu requerimento de *inputs*. (Gasparini, 2000).

As medidas de eficiência (ME) com orientação a *inputs* e *output* apenas fornecerão valores equivalentes da eficiência técnica quando existirem retornos constantes de escala, visto que a eficiência é medida em relação a todas as empresas, sendo desprezível o tamanho da sua escala de operações.

### 3.3 Análise Envoltória de Dados (DEA)

Com a finalidade de estimar o grau de eficiência das CESBs foi usado o método DEA, o qual é muito utilizado em problemas de cálculos de eficiência.

As medidas de eficiência na produção se originaram nos estudos de Pareto-Koopmans e Debreu em 1951. Posteriormente no ano de 1957 Farrell ampliou este modelo incluindo os preços dos *inputs* determinando assim a Eficiência Alocativa.

O método DEA permite a consideração de múltiplos *inputs* e *output*. As DMUs (Decision Maker Units) realizam tarefas similares e se diferenciam pelas quantidades dos *inputs* que consomem e dos *output* que resultam. Em sua aplicação considera-se que a fronteira de produção deve satisfazer determinadas propriedades como:

- Livre disponibilidade.
- Convexidade, implicando rendimentos de escala não-crescentes e rendimentos variáveis.
- Proporcionalidade, implicando rendimentos constantes de escala.

A metodologia DEA é direcionada na possibilidade de construção de uma fronteira de segmentos lineares, onde estão as empresas eficientes.

Este método vai analisar individualmente cada unidade produtiva, medindo sua eficiência em relação a todo o conjunto que esta sendo avaliado. Como dito anteriormente, a princípio o método não

exige considerações sobre a forma analítica da função de produção o que o torna superior em relação aos demais.

Contudo, medir a eficiência global de uma DMU, tanto pela ótica do *input* e *output* simultaneamente é um problema encontrado na metodologia DEA, que pode limitar suas aplicações práticas nas atividades de gerenciamento, por reduzir o campo de visão necessário fornecendo elementos incompletos para o desenvolvimento de tais atividades.

A metodologia DEA é composta de três estágios:

- Seleção das DMUs; ao se escolher as DMUs temos que tomar muito cuidado pois, elas devem ter os mesmos *inputs* e *output*, entretanto para que se possa avaliar as características peculiares referentes a cada uma delas é preciso que elas possuam certo grau de diferenciamento. O número de unidades na análise deve ser suficientemente grande. Um outro cuidado a ser tomado é a determinação do tempo de avaliação das DMUs, pois períodos muito grandes podem ocultar fatos importantes.
- Determinação dos *inputs* e *output*; como foi dito anteriormente, a determinação dos *inputs* e *output* são a base do estudo da eficiência e por isso só os mais importantes são levados em conta, sem que nenhum destes tenha prioridade sobre o outro. As variáveis que apresentam grande correlação com outras poderão ser excluídas, pois sua contribuição não tem grande influência.
- Aplicação do Modelo e Análise dos Resultados; nesta etapa é definido o tipo de modelo de otimização utilizado. Para isso será definido o tipo de retorno de escala (constante ou variável) e o tipo de abordagem (orientada a *inputs* ou *output*).

### 3.3.1 Métodos DEA e Comparação Entre Os Mesmos

O DEA-C (Modelo DEA com Retornos Constantes de Escala) foi o primeiro modelo DEA, e proposto por Charnes, Cooper & Rhodes (1978), utilizando uma orientação a *inputs* e admitindo retornos constantes de escala.

A extensão do modelo DEA-C supondo rendimentos variáveis de escala foi proposta por Banker et al. (1984), pois as medidas de eficiência de escala influenciam as medidas de eficiência técnica, quando é usado retornos constante de escala e se tem algumas DMUs sem operar na escala ótima.

Uma DMU possui eficiência de escala se os resultados obtidos a partir dos modelos DEA-C e DEA-V forem iguais. Se estes resultados forem distintos a ineficiência de escala será obtida através da razão entre os escores para cada modelo.

A Figura 2 mostra as fronteiras de produção dos métodos DEA-C e DEA-V para um *input* e um *output*. A fronteira associada ao DEA-C é dada pelo segmento OF e a ineficiência técnica do ponto P é dada pela distância  $PP_c$ . No DEA-V a fronteira tem uma forma segmentada linear representada pela linha VABCD e a ineficiência técnica do ponto P é a distância  $PP_v$ . A ineficiência de escala é dada pela diferença entre as duas distâncias,  $P_cP_v$ .

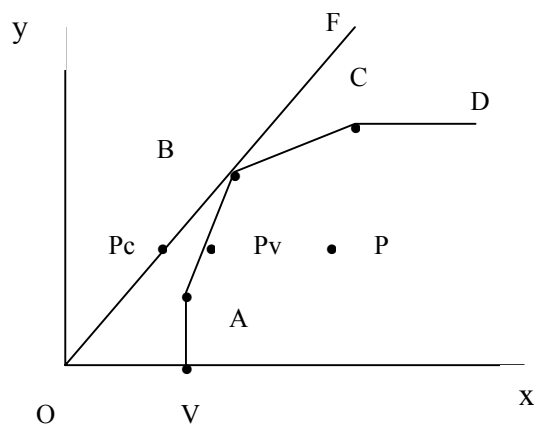


Figura 2 - Formas Alternativas de Construção da Fronteira de Produção (Vidal, 2002)



Ao analisar a figura percebe-se que todas essas medidas variam de zero a um e as variantes com retornos variáveis de escala possuem índices de eficiência no modelo DEA-V mais elevados, a explicação para tal fato é que esse modelo envolve melhor os dados por utilizar hipóteses menos restritivas que o modelo DEA-C. Assim pode-se afirmar que o índice de eficiência obtido no modelo DEA-C é, para cada observação, sempre menor ou igual ao obtido no modelo DEA-V.

## 4. APLICAÇÃO ÀS COMPANHIAS DE SANEAMENTO BRASILEIRAS

### 4.1 Modelos Usados

O estudo da eficiência das CESBs, será baseado na construção da fronteira de eficiência técnica para o Setor usando a metodologia DEA (Data Envelopment Analysis), tanto para retornos constantes de escala (DEA-C), como para retornos variáveis de escala (DEA-V). Assim poder-se-á mensurar os escores de eficiência técnica e as eficiências de escala para cada empresa.

A eficiência técnica poderá ser medida através de duas abordagens distintas: com orientação a *inputs* ou com orientação a *output*. Nos serviços públicos há uma tendência em usar-se a orientação a *inputs*, pois como sabemos há uma obrigatoriedade do serviço, principalmente no caso do saneamento, visto que a água é vital a vida. Logo a orientação a *inputs* talvez seja mais adequada, visto que, as companhias podem se tornar mais eficientes apenas fornecendo um determinado nível de *output*, a partir da utilização de uma menor quantidade de *input*. (Deprins, Simar & Tulkens, 1984).

### 4.2 Amostra

Os dados correspondentes às variáveis consideradas neste trabalho são de origem do SNIS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento) referentes ao ano 2000. O SNIS foi instituído em 1995 dentro do PMSS (Programa de Modernização do Setor de Saneamento), vinculado à SEDU/PR (Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República) e executado com o apoio do IPEA (Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas). Nesta fonte, há informações sobre as 26 CESBs em operação, ou seja 26 unidades produtivas. Como a metodologia DEA pressupõe homogeneidade dos dados, esse estudo será feito entre as empresas que apresentam a mesma estrutura.

### 4.3 Seleção dos *Inputs* e *Output*

A seleção dos *inputs* e *outputs* tem uma fundamental importância, já que eles definem a base sobre a qual o estudo da eficiência será realizado. Somente os *inputs* e *output* devem ser considerados na análise e nenhum deles pode ser mais importante que os outros.

Do conjunto dos *inputs/output* existentes, vamos considerar um subconjunto daqueles mais relevantes para aplicação da metodologia DEA, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 – *Inputs* e *Output* mais Relevantes

<i>INPUTS</i>	<i>OUTPUT</i>
Mão-de-Obra	Volume de Água Faturado
Capacidade Instalada –Volume d'água produzido	Volume de Esgoto Faturado
Capacidade Instalada –Volume de esgoto coletado	Quantidades de Economias Ativas de Água
Extensão da Rede d'Água	Quantidades de Economias Ativas de Esgoto
Extensão da Rede de Esgoto	

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram aplicados o DEA-C e o DEA-V, utilizando-se para os cálculos o Analyst Frontier, em virtude de não conhecer o comportamento do setor quanto à tecnologia para análise do tipo de fronteira.

Essa metodologia, entretanto, não é fácil de se aplicar a muitos casos, já que freqüentemente, é muito difícil escolher os *inputs* e *outputs* por ocasião da pesquisa. Não obstante, sua dificuldade de aplicação, o modelo DEA, é fundamental para obtenção de uma posição ótima relativa à fronteira de eficiência.

## 5.1 Análise dos Resultados das CESBs

Os resultados de eficiência encontrados nos modelos DEA-C e DEA-V, juntamente com o escore de eficiência de escala (EE) estão indicados na Tabela 2.

Como se pode verificar, o modelo citado apresenta quinze empresas eficientes, representando 57,69% do total. Segundo o modelo DEA-V, vinte e uma empresas foram consideradas eficientes, isto é, 80,77% do total. Como já era previsto, o percentual de empresas eficientes no modelo DEA-V, foi maior ao DEA-C. Vale salientar que 57,69% apresentam eficiência de escala (EE).

Tabela 2 – Escores de Eficiência

EMPRESA	DEA-C (%)	DEA-V (%)	EE
COSAMA/AM	100,00	100,00	1,00
CAERD/RO	100,00	100,00	1,00
SANEATINS/TO	100,00	100,00	1,00
AGESPISA/PI	100,00	100,00	1,00
COMPESA/PE	100,00	100,00	1,00
CAGECE/CE	100,00	100,00	1,00
CESAN/ES	100,00	100,00	1,00
CAGEPA/PB	100,00	100,00	1,00
SANEAGO/GO	100,00	100,00	1,00
CAESB/DF	100,00	100,00	1,00
CASAN/SC	100,00	100,00	1,00
SANEPAR	100,00	100,00	1,00
COPASA/MG	100,00	100,00	1,00
CEDAE/RJ	100,00	100,00	1,00
SABESP/SP	100,00	100,00	1,00
COSAMPA	99,48	100,00	0,99
SANESUL	98,63	100,00	0,98
EMBASA/BA	95,08	100,00	0,95
CASAL/AL	94,27	95,87	0,98
CORSAN/RS	94,22	100,00	0,94
CAERN/RN	92,99	93,70	0,99
DESO/SE	85,06	85,72	0,99
CAESA/AP	73,98	100,00	0,74
CAER/RR	70,68	90,19	0,78
DEAS/AC	69,48	100,00	0,69
CAEMA/MA	67,07	68,87	0,97

Das CESBs avaliadas como eficientes no DEA-V, seis foram consideradas ineficientes para o DEA-C.

Na amostra considerada, não foi constatado nenhum caso de ineficiência puramente técnica, visto não ter sido verificado escores de ineficiência técnica com valores coincidentes para os modelos DEA-C e DEA-V.

No que diz respeito à Tabela-2 é importante perceber que a distinção entre as empresas não foi relevante, como consequência da pequena proporção de empresas ineficientes. Como a eficiência da metodologia DEA depende do número de variáveis aplicadas ao modelo, algumas empresas podem ser consideradas eficientes por impossibilidade de comparação com outras (*default*) e não por serem superiores às demais da amostra.

Tabela 3 – Resumo Estatístico dos Escores de Eficiência Técnica: DEA-C e DEA-V

ESTATÍSTICA	DEA-C (%)	DEA-V(%)
Media	93,88	97,48
Mínimo	67,07	68,87
Máximo	100,00	100,00

Os Gráficos 1 e 2 mostram o número de vezes que cada empresa considerada eficiente, fez parte do grupo de referência das empresas avaliadas como ineficientes. Quanto maior a frequência que uma empresa aparece no grupo de referência, mais alta é a oportunidade do seu desempenho ser considerado excelente. Algumas empresas apesar de eficientes apresentam baixa frequência e, portanto não servem como modelo de comparação.

A empresa que faz parte da maioria dos conjuntos de referências e, assim apresentando maior frequência é considerada *líder global*, pois atrai para si as atenções de outras empresas, em virtude de dinamizar seus métodos de produção em relação às demais congêneres. A empresa que conseguiu maior destaque no presente trabalho foi a CESAN/ES, sendo, portanto eleita a líder global do grupo. Entretanto, para tal afirmação seria necessário verificar se a mesma não é *out-line*.

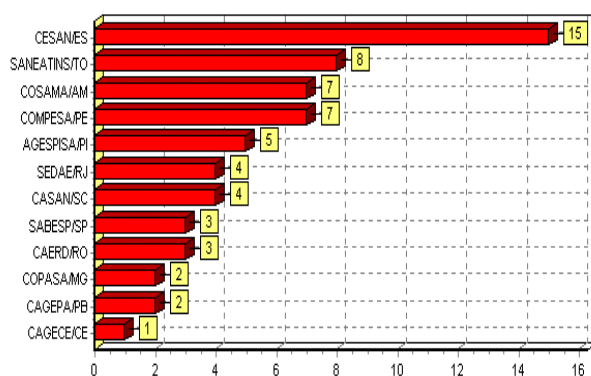


Gráfico 1 - Frequência do Conjunto de Referência (DEA-C)

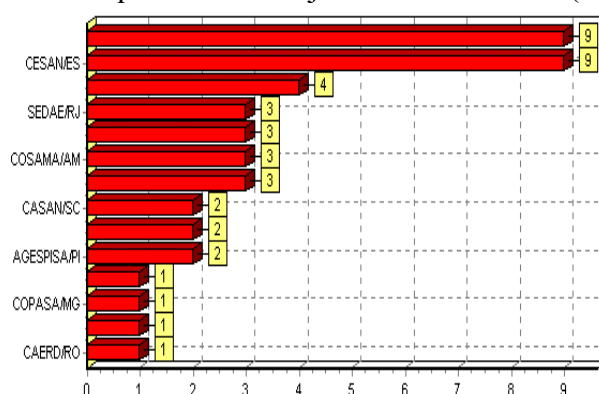


Gráfico 2 - Frequência do Conjunto de Referência (DEA-V)

## 5.2 Melhoramentos Potenciais

As empresas hoje precisam reconhecer, através da política e ações, a necessidade de maximizar a produção. Uma das maneiras de obter melhoramentos potenciais é aplicar a metodologia DEA, que consiste em estabelecer metas referentes às quantidades de *inputs* e *output*, para que uma empresa ineficiente possa se tornar eficiente.

A Tabela 4 registra uma média dos valores de melhoramento para cada *input* e *output* nos dois modelos DEA-C e DEA-V, permitindo uma rápida percepção da realidade e uma imediata interpretação da situação, ajudando assim a determinar de quanto as empresas devem reduzir esses *inputs* e aumentar ou manter os *output* para que uma empresa ineficiente se torne eficiente.

Observando a Tabela 4 percebe-se que os valores dos potenciais de melhoramento médio em ambos os modelos apresentam pouca discrepância exceto no que diz respeito aos *output* volume faturado de esgoto e quantidade de economia ativa de esgoto.

Tabela 4 – Melhoria Potenciais

<b>INPUTS</b>	<b>DEA-C (%)</b>	<b>DEA-V (%)</b>
Mão-de-obra	-0,09	-4,3
Volume produzido d'água	-0,09	-2,99
Volume coletado de esgoto	-0,07	-3,24
Extensão rede d'água	-0,07	-3,75
Extensão rede esgoto	-0,1	-3,63
<b>OUTPUT</b>	<b>DEA-C (%)</b>	<b>DEA-V (%)</b>
Volume faturado d'água	0,02	0,79
Volume faturado esgoto	1,21	74,24
Quantidade economias ativas d'água	1,00	0,40
Quantidade economias ativas esgoto	98,35	6,65

### 5.2.1 Melhoria Potencial Específico

No que diz respeito a CAEMA/MA, empresa avaliada como a mais ineficiente em ambos os modelos, verificamos que para o modelo DEA-C e DEA-V, as percentagens mostradas Tabela 5 indicam como decisão a ser aplicada uma redução e um aumento dos valores percentuais correspondentes aos *inputs* e *outputs*, respectivamente, que participam da atividade produtiva da empresa.

Para o DEA-V, as reduções potenciais para os *inputs* foram iguais a 31,13%, isto é pouco inferior aos valores indicados para o modelo DEA-C. Quanto aos *output*, o aumento dos potenciais de melhoria necessários foram de 12% para o volume faturado d'água e 2% para a quantidade de economias ativa de esgoto, os demais não apresentaram necessidade de melhoria. Vale salientar que a variação entre os *inputs/output* é simultânea.

Tabela 5 - Melhoria Potencial/CAEMA/MA – DEA-C e DEA-V

<b>Inputs/Output</b>	<b>Atual</b>	<b>DEA-C</b>		<b>DEA-V</b>	
		<b>Meta</b>	<b>Melhora(%)</b>	<b>Meta</b>	<b>Melhora(%)</b>
Mão-de-Obra	2349	1521,87	-35,21	1617,81	-31,13
Volume produzido d'água	218601	138584,46	-36,6	150555,72	-31,13
Volume coletado esgoto	27164	18219,21	-32,93	18708,49	-31,13
Extensão rede d'água	4653	3120,82	-32,93	3204,63	-31,13
Extensão rede esgoto	874	586,2	-32,93	601,94	-31,13
Volume faturado d'água	74764	85646,12	14,56	84389,89	12,88
Volume faturado esgoto	22543	22543	0	22543	0
Quant econom.ativas água	413881	413881	0	413881	0
Quant. econom.ativas esgoto	110057	115083,39	4,57	112475,04	2,2

Os demais valores do melhoria potencial específico para cada DMU, tida como ineficiente, nos dois modelos encontram-se no Anexo I.

### 5.2.2 Contribuições do Conjunto de Referência

Os Gráficos 3 e 4 indicam a importância que cada empresa de referência teve na classificação da eficiência em ambos os modelos analisados. A participação das empresas tomadas como referência é apresentada em valores percentuais e somam 100% para cada grupo de *inputs* e *output* respectivamente.

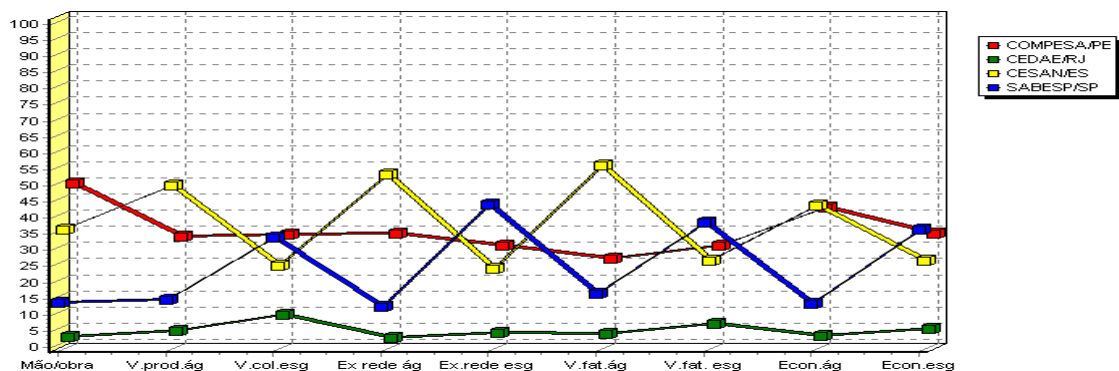


Gráfico 3 - Contribuições Conjunto de Referência (DEA-C)

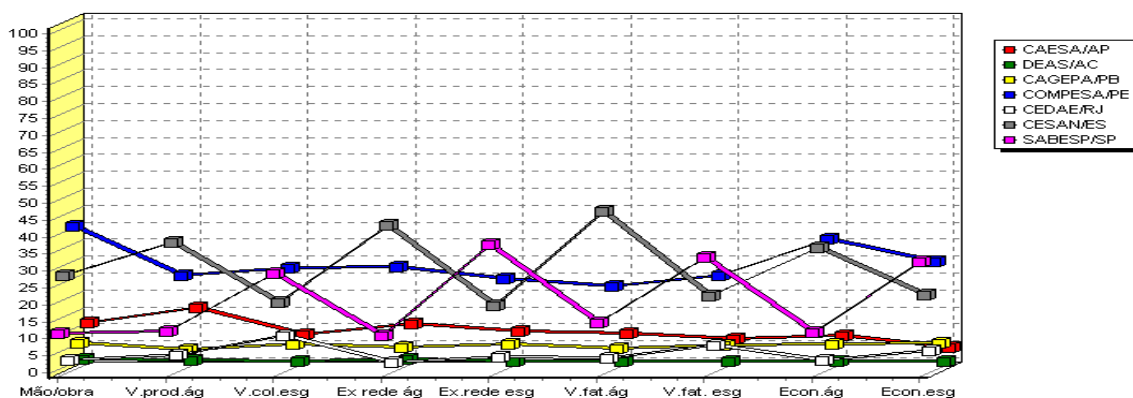


Gráfico 4 - Contribuições Conjunto de Referência (DEA-V)

### 5.2.3 Contribuição dos Inputs e Outputs

O Gráfico 5, de contribuição dos *inputs* e *output*, permite avaliar a importância que foi dada para cada *input* e *output*. Ele mostra quais *inputs* e *outputs* foram considerados para atingir a eficiência e quais foram desprezados.

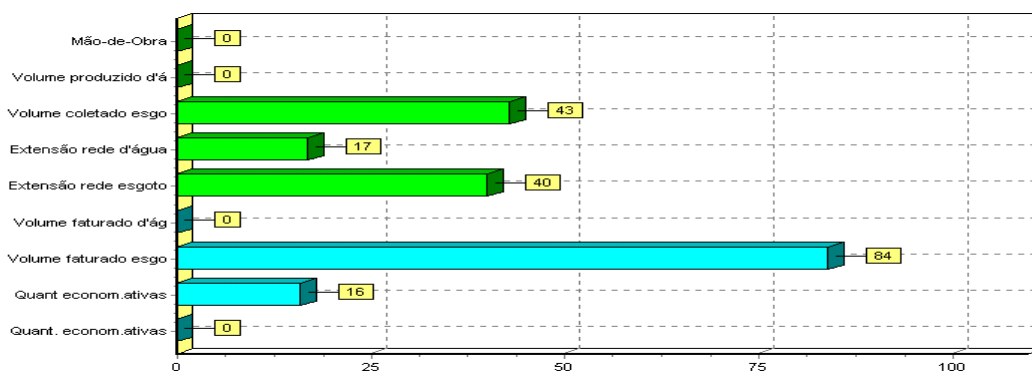


Gráfico 5 - Contribuições dos *inputs* e *Output* (DEA-C)

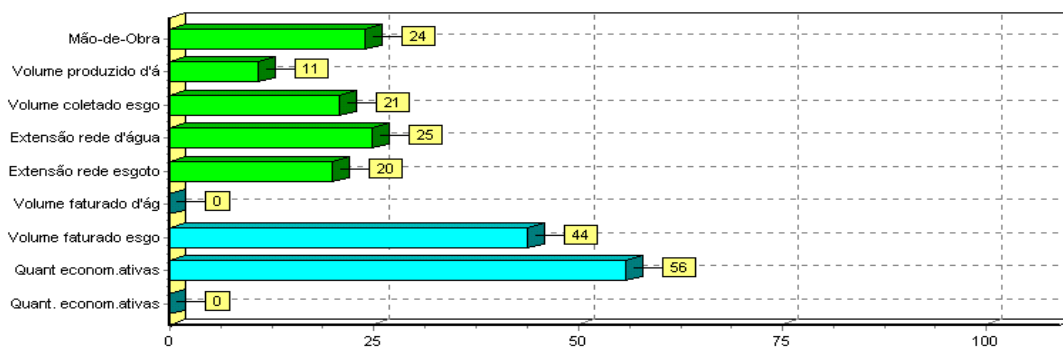


Gráfico 6 - Contribuições dos *inputs e Output* (DEA-V)

### 5.3 Indicadores Técnicos X Modelo DEA

Os escores de eficiência apresentados através dos modelos DEA-C e DEA-V, foram comparados com indicadores técnicos obtidos através do SNIS (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento). Os seis indicadores técnicos avaliados estão relacionados abaixo:

- Perdas de Faturamento ( $I_1$ ) – indica as perdas durante o processo de faturamento, em termos percentuais (ex: fraude).
- Perdas na Distribuição ( $I_2$ ) – são perdas técnicas constatadas durante o processo de distribuição, em termos percentuais (ex: rede com vazamento, manutenção inadequada).
- Perdas por Ligação ( $I_3$ ) – são perdas por falta de instalação de hidrômetros em economias ativas, em  $m^3$ /dia lig.
- Economia Ativa por Pessoal Total (Economia Ativa/Empregado) ( $I_4$ ) – reúne os efeitos do crescimento do mercado consumidor e do aumento da produtividade da mão-de-obra utilizada.
- Pessoal Próprio p/1000 Ligações ( $I_5$ ) – relaciona empregado por 1000 ligações de água e esgoto e também reflete o esforço da empresa de aumentar o número de ligações (produtividade) no decorrer dos anos.
- Esgoto Tratado p/Água Consumida ( $I_6$ ) – esse indicador demonstra de uma maneira relativa o esforço da empresa de aumentar ganhos através do crescimento de economias ativas de esgoto, em termos percentuais.

Conforme o exposto, foram considerados valores relativos para os indicadores citados. Os indicadores  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_5$ , inversamente proporcionais à eficiência, foram calculados dividindo o valor mínimo encontrado de cada grupo pelo valor real. Para os indicadores diretamente proporcionais a eficiência,  $I_4$ ,  $I_6$  os mesmos foram obtidos pela divisão do valor real pelo valor máximo encontrado no grupo.

Vale salientar que a grande importância desses indicadores é fornecer subsídios para análise do desenvolvimento de uma mesma empresa no decorrer dos anos.

A Tabela 6 exhibe os valores dos escores de eficiência obtido nos modelos DEA e os valores relativos dos indicadores técnicos.

Tabela 6 – Escores de Eficiência (DEA) e Índices de Eficiência

EMPRESA	DEA-C (%)	DEA-V (%)	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>6</sub>
CAER/RR	70,68	90,19	0,26	0,26	0,28	0,25	0,24	0,45
CAERD/RO	100,00	100,00	-	-	-	-	-	-
CAESA/AP	73,98	100,00	0,18	0,20	0,11	0,30	0,25	0,24
COSAMA/AM	100,00	100,00	1,00	1,00	9,73	0,36	0,26	-
COSANPA/PA	99,48	100,00	0,28	0,29	0,34	0,36	0,31	-
DEAS/AC	69,48	100,00	0,19	0,19	0,16	0,07	0,01	-
SANEATINS/TO	100,00	100,00	0,42	0,45	0,84	0,29	0,27	-
AGESPISA/PI	100,00	100,00	0,21	0,20	0,29	0,33	0,32	0,13
CAEMA/MA	67,07	68,87	0,20	0,21	0,19	0,37	0,34	0,00
CAERN/RN	92,99	93,70	0,29	0,25	0,30	0,43	0,38	0,22
CAGECE/CE	100,00	100,00	0,38	0,37	0,58	1,00	1,00	0,86
CAGEPA/PB	100,00	100,00	0,32	0,31	0,52	0,52	0,46	0,50
CASAL/AL	94,27	95,87	0,31	0,25	0,31	0,33	0,32	0,47
COMPESA/PE	100,00	100,00	0,25	0,23	0,33	0,45	0,42	0,54
DESO/SE	85,06	85,72	0,27	0,26	0,34	0,42	0,43	0,36
EMBASA/BA	95,08	100,00	0,33	0,33	0,47	0,58	0,54	1,00
CEDAE/RJ	100,00	100,00	0,24	0,33	0,16	0,77	0,35	0,53
CESAN/ES	100,00	100,00	0,43	0,33	0,30	0,65	0,52	0,19
COPASA/MG	100,00	100,00	0,50	0,41	0,63	0,59	0,45	0,02
SABESP/SP	100,00	100,00	0,41	0,37	0,38	0,78	0,61	0,75
CASAN/SC	100,00	100,00	0,41	0,29	0,47	0,66	0,50	0,23
CORSAN/RS	94,22	100,00	0,25	0,31	0,48	0,56	0,45	0,14
SANEPAR/PR	100,00	100,00	0,50	0,38	0,68	0,69	0,65	0,77
CAESB/DF	100,00	100,00	0,61	0,59	0,55	0,53	0,33	0,88
SANEAGO/GO	100,00	100,00	0,37	0,39	0,71	0,56	0,46	0,30
SANESUL/MS	98,63	100,00	0,31	0,29	0,45	0,45	0,41	0,11

#### 5.4 Retornos de Escala e Eficiência

As CESBs foram classificadas em grupos de acordo com o volume faturado d'água, afim de fornecer um melhor entendimento sobre o tipo de retornos de escala do setor de saneamento.

A Tabela 7 mostra os escores médios de eficiência, por grupos, considerados conforme o volume faturado.

Tabela 7 – Eficiência Técnica Média

Volume Faturado d'água (1000m <sup>3</sup> /ano)	Quantidade de Empresas	Eficiência Média		
		DEA-C	DEA-V	EE
Até 50.000,00	7	0,8754	0,9860	0,8843
50.000,00 a 100.000,00	7	0,9126	0,9202	0,9886
100.000,00 a 200.000,00	6	1,0000	1,0000	1,0000
200.000,00 a 500.000,00	3	0,9643	1,0000	0,9633
Acima de 500.000,00	3	1,0000	1,0000	1,0000
<b>Média Total</b>	<b>26</b>	<b>0,9388</b>	<b>0,9748</b>	<b>0,9615</b>

Percebe-se que a eficiência média nos dois modelos DEA-C ,DEA-V e EE (Eficiência de Escala) são crescentes exceto no grupo de faixa compreendida entre 200.000,00 e 500.000,00 (1000 m<sup>3</sup>/ano). Assim podemos considerar que o setor de saneamento funciona com retornos crescentes de escala.

## 5.5 Eficiência e Localização

Tabela 8 – Volume Faturado e Empresas Eficientes por Região

Região	Quantidade de Empresas	Volume Faturado d'água (100 m <sup>3</sup> /ano)	Volume Faturado Esgoto (100 m <sup>3</sup> /ano)	Quantidade Empresas Eficientes	
				DEA-C	DEA-V
Norte	7	161.607,9	11.974,8	3	6
Nordeste	9	1.118.840,4	294.895,1	4	5
Sudeste	4	3.238.822,4	1.807.176,8	4	4
Sul	3	826.505,5	217.100,2	2	3
Centro Oeste	3	357.959,7	215.024,3	2	3
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>5.703.735,8</b>	<b>2.546.171,3</b>	<b>15</b>	<b>21</b>

Fonte: SNIS/2000

É importante salientar que do conjunto das 26 empresas analisadas, as mais eficientes estão localizadas na região Sudeste que representa, 56,78% do volume faturado d'água e 70,97% do volume faturado de esgoto no país.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um estudo sobre o setor de saneamento brasileiro visando avaliar a eficiência das CESBs e assim fornecer pistas para o aumento da produtividade. A ênfase do trabalho é mostrar a necessidade de avaliação das CESBs como maneira de assegurar maior credibilidade para o setor, em virtude de uma tendência de privatização.

Os dados técnico-operacionais a respeito das CESBs foram retirados do SNIS (Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento). A grande dificuldade encontrada foi à seleção dos dados, visto ser o banco de dados bastante variado.

No que diz respeito às fronteiras de produção e eficiência produtiva, vimos que a mensuração da produção associada à variação dos *inputs* pode fornecer indicadores do processo produtivo, denominados retornos de escalas. Portanto, podemos quantificar a eficiência através da relação entre *inputs* e *outputs*, ou por intermédio do conceito de distância.

Neste trabalho foi utilizada a metodologia DEA (Data Envelopment Analysis), que está inserida no contexto da abordagem não paramétrica e direcionada na possibilidade de construção de uma fronteira de segmentos lineares, onde estão as empresas eficientes. Usando essa metodologia, foi levada em consideração, a quantidade de *inputs/output* com o número de DMU's (amostra), e então feita uma análise comparativa entre os modelos, obtendo-se um maior número de empresas eficientes pelo modelo DEA-V que pelo DEA-C, assim como o escore médio do DEA-V foi maior.

Considerando somente os resultados do DEA-V, que apresenta uma maior quantidade de empresas eficientes, nota-se também um relevante número de empresas ineficientes. A justificativa para maior ou menor eficiência de uma empresa, pode depender do tipo de administração atuante.

No que diz respeito ao conjunto de referência verificou-se que a líder global do grupo de empresas eficientes foi a CESAN/ES, por ter apresentado maior frequência no grupo de referência das empresas avaliadas como ineficientes em ambos os modelos.

No estabelecimento de metas referentes às quantidades de *inputs* e *outputs*, destacou-se como empresa mais eficiente a COSAMA/AM e a mais ineficiente a CAEMA/MA, em ambos os modelos.

Quanto as variáveis (*input/output*), observou-se que no modelo DEA-C as que mais contribuíram para atingir a eficiência foram: o *output* volume faturado de esgoto; e o *input* volume coletado de esgoto; entretanto, para o DEA-V foram: os *output* quantidade de economia ativa d'água; e volume faturado de esgoto.

Com relação ao tipo de retorno de escala, percebe-se que são crescentes. A justificativa para tal fato pode ser o grau de diferença na escala de produção de cada companhia. Logo, o modelo DEA-V seria o mais adequado para aplicações no setor de saneamento.



Analisando a eficiência de acordo com a localização, observou-se que a região mais eficiente foi a Sudeste. Em seguida vieram as regiões: Sul; Centro-Oeste; Norte; e Nordeste. Este resultado está diretamente relacionado com a eficiência das empresas conforme Tabela 2.

Em suma, esse trabalho procurou avaliar a eficiência das CESBs, com intuito de fornecer uma visão administrativa que disponibilize dados técnicos e operacionais, afim de tornar a organização eficiente e potencialmente preparada para responder às necessidades sociais.

Entretanto, deve-se atentar para o fato que as empresas são consideradas eficientes (no modelo DEA) apenas em relação a elas mesmas. Assim, para que se possa ter uma posição mais completa da eficiência de uma empresa, é importante que se tenha condições de compará-las com outros setores.

Recomenda-se a ampliação deste trabalho através da análise de outras metodologias paramétricas e não-paramétricas no estudo da eficiência que torne possível uma comparação maior entre os resultados e uma maior percepção do setor.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANKER, R. D.; CHARNES, A. & COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, vol.13, p.1078-1092, Sept., 1984.
- BOTTER, M. *Conjuntura Nacional das Privatizações em Saneamento*. Disponível em < <http://www.abacon.com.br/artigomabotter.doc> >. Consultado em 22/12/2002.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W. & RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, p.429-444,1978.
- DEPRINS, D.; SIMAR, L.; TULK ENS, H. Measuring labor efficiency in post offices. In: GASPARINI, C. E. Uma análise da eficiência na provisão de serviços públicos e municipais do estado de Pernambuco. Recife, 2000. 103 p. Mestrado (UFPE)
- FÄRE, R. & PRIMONT, D. *Multi-output production and duality: theory and applications*. Kluwer Academic Publishers, 1957.
- FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of The Royal Statistical Society*, Vol 125, p.252 – 267,1957
- GASPARINI, C. E. Uma análise da eficiência na provisão de serviços públicos municipais no estado de Pernambuco. Recife, 2000. 103 p. (Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco).
- SAMPAIO, L. M. B. Eficiência das Usinas Hidrelétricas Brasileiras: uma abordagem utilizando o método DEA. Recife, 2001. 98 p. (Mestrado-UFPE).
- SILVA, H. K. S. & ALVES, R. F. F. *O Saneamento das Águas no Brasil*. Disponível em < <http://www.ana.gov.br/Usuários/saneamento/sanebrasil/>.consultado> > em 23/11/2002
- SLACK, N. , Coord. Administração da Produção. 1º ed. São Paulo, Atlas, 1997.
- VIDAL, D. Avaliação da eficiência técnica das empresas de distribuição de energia elétrica brasileira, utilizando a metodologia DEA. Recife, 2002.95 p. (Mestrado UFPE)
- VARIAN, H. R. *Microeconomic analysis*. 3.ed. New York, W. W. Norton & Company, 1992.
- VIDÁGUA, Instituto Ambiental, *Organização não Governamental*. Disponível em < <http://www.vidagua.org.br/portaiverde/agua.shtm> >. Consultado em 12/11/2002.

## 8 ANEXOS

### Anexo I – Percentuais de Melhoria para os inputs e output de cada unidade ineficiente

EMPRESA INEFICIENTE	Mão-de-Obra					Volume Produzido d'água				
	Valor Atual	DEA-C		DEA-V		Valor Atual	DEA-C		DEA-V	
		Meta	M%	Meta	M%		Meta	M%	Meta	M%
COSANPA/PA	1919	1909,09	-0,52	–	–	147791,9	143842,93	-2,67	–	–
SANESUL/MS	1084	1069,15	-1,37	–	–	85419,8	72433,65	-15,2	–	–
EMBASA/BA	6330	6018,83	-4,92	–	–	536687,1	510305,06	-4,92	–	–
CASAL/AL	1714	1113,24	-35,05	1190,31	-30,55	103376	97455,49	-5,73	99111,53	-4,13
CORSAN/RS	5750	5417,74	-5,78	–	–	497926,7	469153,98	-5,78	–	–
CAERN/RN	2083	1879,9	-9,75	1933,15	-7,19	175209	162931,15	-7,01	164173,24	-6,3
DESO/SE	1563	1329,49	-14,94	1339,74	-14,28	118862	101104,03	-14,94	101883,3	-14,28
CAESA/AP	318	191,39	-39,81	–	–	41928,2	18618,03	-55,6	–	–
CAER/RR	475	335,72	-29,32	428,39	-9,81	28801,2	20356,38	-29,32	25975,26	-9,81
DEAS/AC	309	115,06	-62,76	–	–	7834,9	3298,64	-57,9	–	–
CAEMA/MA	2349	1521,87	-35,21	1617,81	-31,13	218601	138584,46	-36,6	150555,72	-31,13
EMPRESA INEFICIENTE	Volume Coletado Esgoto					Extensão rede d'água				
	Valor Atual	DEA-C		DEA-V		Valor Atual	DEA-C		DEA-V	
		Meta	M(%)	Meta	M(%)		Meta	M(%)	Meta	M(%)
COSANPA/PA	5808,3	5778,3	-0,52	–	–	4401,7	4378,97	-0,52	–	–
SANESUL/MS	3065,4	3023,39	-1,37	–	–	4595,6	4487,99	-2,34	–	–
EMBASA/BA	71428,8	63092,1	-11,67	–	–	17118,1	16276,62	-4,92	–	–
CASAL/AL	10984	9549,34	-13,06	99111,5 3	-4,13	2584	2436,01	-5,73	2477,4	-4,13
CORSAN/RS	34828	32815,4 6	-5,78	–	–	21051	19834,57	-5,78	–	–
CAERN/RN	13748	12784,6	-7,01	12882,0 6	-6,3	4497	4181,87	-7,01	4213,75	-6,3
DESO/SE	10019	8522,16	-14,94	8497,61	-15,19	4445	3780,92	-14,94	3810,06	-14,28
CAESA/AP	2464,9	1823,43	-26,02	–	–	602	445,33	-26,02	–	–
CAER/RR	3084,8	2180,3	-29,32	2782,12	-9,81	1291,7	912,96	-29,32	878,09	-32,02
DEAS/AC	0,1	0,07	-30,52	–	–	461,9	320,95	-30,52	–	–
CAEMA/MA	27164	18219,2 1	-32,93	18708,4 9	-31,13	4653	3120,82	-32,93	3204,63	-31,13
EMPRESA INEFICIENTE	Extensão rede esgoto									
	Valor Atual	DEA-C		DEA-V						
		Meta	M(%)	Meta	M(%)					
COSANPA/PA	289	274,31	-5,08	–	–					
SANESUL/MS	542	110,97	-79,53	–	–					
EMBASA/BA	2199	2090,9	-4,92	–	–					
CASAL/AL	261	246,05	-5,73	250,23	-4,13					
CORSAN/RS	1619	1226,12	-24,27	–	–					
CAER/RN	629	533,39	-15,2	529,37	-15,84					
DESO/SE	291	247,52	-14,94	249,43	-14,28					
CAESA/AP	91,3	67,54	-26,02	–	–					
CAER/RR	131,8	91,58	-30,52	106,03	-19,55					
DEAS/AC	0,1	0,07	-30,52	–	–					
CAEMA/MA	874	586,2	-32,93	601,94	-31,13					

EMPRESA INEFICIENTE	Volume Faturado d'Água					Volume Faturado Esgoto				
	Valor Atual	DEA-C		DEA-V		Valor Atual	DEA-C		DEA-V	
		Meta	M(%)	Meta	M(%)		Meta	M(%)	Meta	M(%)
COSANPA/PA	79898,4	79898,4	0	-	-	508,3	9136,73	1697,51	-	-
SANESUL/MS	49826,7	49826,7	0	-	-	3834,3	3942,8	2,83	-	-
EMBASA/BA	326380,4	326380,4	0	-	-	71330,1	72300,93	1,36	-	-
CASAL/AL	60110	61193,47	1,8	60110	0	10897	10897	0	10897	0
CORSAN/RS	235897	305193,01	29,38	-	-	18557	42437,88	128,69	-	-
CAERN/RN	96279	96279	0	96279	0	18259	18259	0	18259	0
DESO/SE	62280	65775,93	5,61	65833,28	5,71	10019	10019	0	10019	0
CAESA/AP	11733,1	11793,59	0,52	-	-	2464,9	2464,9	0	-	-
CAER/RR	14496,3	14496,3	0	14496,3	0	3084,8	3084,8	0	3084,8	0
DEAS/AC	2340,5	2340,5	0	-	-	0,1	1,14	1040,01	-	-
CAEMA/MA	74764	85646,12	14,56	84389,89	12,88	22543	22543	0	22543	0
EMPRESA INEFICIENTE	Quantidade Economias Ativas Água					Quantidade Economias Ativas Esgoto				
	Valor Atual	DEA-C		DEA-V		Valor Atual	DEA-C		DEA-V	
		Meta	M(%)	Meta	M(%)		Meta	M(%)	Meta	M(%)
COSANPA/PA	388223	388223	0	-	-	25718	43519,53	69,22	-	-
SANESUL/MS	269932	269932	0	-	-	20460	24414,08	19,33	-	-
EMBASA/BA	1782122	1782122	0	-	-	388916	388916	0	-	-
CASAL/AL	283059	283059	0	283059	0	55687	55687	0	56122,91	0,78
CORSAN/RS	1749997	1749997	0	-	-	178263	231741,33	30	-	-
CAER/RN	470576	470576	0	470576	0	79598	90720,22	13,97	90735,73	13,99
DESO/SE	340551	340551	0	340551	0	51310	52717,03	2,74	52058,85	1,46
CAESA/AP	52561	52561	0	-	-	7174	12386,2	72,65	-	-
CAER/RR	63026	68195,09	8,2	66399,08	5,35	9124	16135,64	76,85	14663,4	60,71
DEAS/AC	13424	13424	0	-	-	0,1	303,58	303478,97	-	-
CAEMA/MA	413881	413881	0	413881	0	110057	115083,39	4,57	112475,04	2,2