

# ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS UNIDADES DE NEGÓCIO DA SABESP - UM ESTUDO APOIADO EM DEA

**Alba Valéria Moraes Amaral Rocha**

Mestre em Controladoria e Contabilidade pela FEA-USP  
Analista de Gestão na Superintendência de Custos e Tarifas – Sabesp  
Av. do Estado 561 – Tel: 55 11 3388-7006  
[albarocha@sabesp.com.br](mailto:albarocha@sabesp.com.br)

**Marcelo Álvaro da Silva Macedo**

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense  
Pós-doutorado em Controladoria e Contabilidade pela FEA-USP  
Professor Adjunto na UFRJ no Departamento de Contabilidade (FACC)  
[malvaro.facc.ufrj@gmail.com](mailto:malvaro.facc.ufrj@gmail.com)

**Luiz João Corrar**

Professor Doutor na FEA-USP Departamento de Controladoria e Contabilidade  
[ljcorrar@usp.br](mailto:ljcorrar@usp.br), [corrar@terra.com.br](mailto:corrar@terra.com.br)

## RESUMO

O planejamento estratégico da Sabesp é apoiado pelo *Balanced Scorecard* (BSC), ferramenta gerencial amplamente utilizada no ambiente empresarial desde a década de 1990. No entanto, apesar de sua proposta metodológica ser multidimensional, sua utilização fica limitada a uma análise monocritério. Assim, não há um indicador capaz de traduzir o desempenho das unidades em todas as dimensões. O atual ambiente regulatório impõe um novo patamar de eficiência operativa para a empresa, que deve ser buscada em termos de custos de operação e manutenção, investimentos e controle sobre os ativos. O presente trabalho apresenta uma avaliação comparativa da eficiência técnica das 15 unidades de negócio da Sabesp utilizando a análise envoltória de dados ou *Data Envelopment Analysis* (DEA), metodologia não paramétrica que se baseia em conceitos de programação linear para estimar uma fronteira de eficiência produtiva. As unidades posicionadas na fronteira são consideradas eficientes e servem de *benchmark* para as demais. Os resultados apontaram seis unidades como eficientes, sendo duas da diretoria metropolitana e quatro da diretoria de sistemas regionais. De natureza exploratória, o principal objetivo desse estudo é apresentar o potencial gerencial da metodologia DEA frente ao novo ambiente regulatório.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência produtiva, regulação, DEA.

## 1. INTRODUÇÃO

Os setores de infraestrutura apresentam características econômicas específicas, que os tornam pouco atraentes aos investimentos privados: (i) exigência de investimentos intensivos de capital envolvendo significativos custos irrecuperáveis (*sunk costs*); (ii) longo prazo de maturação para a execução dos projetos e (iii) sujeição à obrigação jurídica de fornecimento, por se constituírem como serviços públicos e gerarem importantes externalidades (Pires e Piccinini, 1999). Nas últimas décadas o ambiente institucional passou por mudanças importantes, entre as quais se destacam a regulação e a presença de prestadores de serviços privados, o que significa mais incerteza.

A especificidade dos ativos cria riscos e a incerteza dificulta os investimentos. Nesse contexto a regulação estabelece um modelo de governança que diminui a incerteza, e, portanto aumenta as chances de entrada de capital privado, fundamental para viabilizar os investimentos e a universalização dos serviços.

Indicadores são medidas que sintetizam um conjunto de fenômenos complexos tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, que a partir da década de 60 começaram a ser largamente disseminados no ramo das ciências sociais (CORRAR, 1981). Sua construção pressupõe um referencial teórico sob o qual são elaborados e interpretados, e um dos seus aspectos mais importantes é que permitem a comparabilidade em vários níveis. Por essas razões sua utilização tem sido amplamente difundida nas organizações com o objetivo geral de medir desempenho. Um problema que se apresenta é estabelecer uma avaliação comparativa

contemplando um conjunto de indicadores multicritério capaz de medir tanto a eficiência das unidades com relação ao seu nível de recursos, quanto à eficácia de suas ações operacionais emanadas do planejamento estratégico.

É neste contexto que se apresenta este trabalho que, utilizando a metodologia Análise Envoltória de Dados (em inglês *Data Envelopment Analysis – DEA*), se guiará no sentido de responder a seguinte pergunta: é possível, a partir de um conjunto de indicadores, estabelecer um *ranking* de desempenho das Unidades de Negócio da Sabesp?

A Sabesp presta serviços públicos de distribuição de água tratada e coleta de esgotos em 365 municípios do Estado de São Paulo e adota o modelo de administração por Unidades de Negócio, as quais possuem autonomia para a aplicação de seus recursos orçamentários seguindo as diretrizes estratégicas fixadas pela Alta Administração. A Sabesp adotou o *Balanced Scorecard (BSC)* como artefato gerencial para traduzir e acompanhar a execução do seu planejamento estratégico, no qual o Orçamento Empresarial exerce papel fundamental. Juntos, o BSC e o Orçamento atuam como grandes instrumentos de alinhamento dos planos estratégico, tático e operacional da empresa.

## 2. OBJETIVO

Sendo assim, o objetivo deste estudo é analisar o desempenho das Unidades de Negócio da Sabesp utilizando a ferramenta DEA. As variáveis foram extraídas do orçamento empresarial e BSC. Foram utilizados os dados acumulados em dezembro/2011, os quais foram extraídos do relatório gerencial Acompluri, elaborado pela área de Orçamentos. Com isso, procura-se formar um *ranking* de *performance* das unidades, identificar as unidades tidas como *benchmarks* para as outras, bem como fazer um exercício sobre as melhorias necessárias nas unidades com baixo desempenho a fim de torná-las eficientes.

Assim, tem-se para este estudo as seguintes questões de pesquisa:

- Qual o desempenho de cada Unidade de Negócio da Sabesp?
- Quais as unidades tidas como *benchmarks*?
- O que cada unidade não eficiente precisa fazer para se tornar eficiente?

## 3. A REGULAÇÃO

Segundo as teorias político-econômicas modernas, a regulação de mercados é um tipo de intervenção pública na economia, a qual tem como objetivo corrigir vários tipos de “falhas de mercado” (Majone, 2006). Nos setores de infraestrutura essas falhas estão associadas principalmente ao conceito de monopólio natural, segundo o qual para uma determinada dimensão da demanda só há espaço para uma única firma produzir em condições de eficiência, e ao de ativos específicos, que, por envolver elevados custos irrecuperáveis, não possuem um mercado secundário. Portanto, os investimentos nesses setores embutem maiores riscos e incerteza (Salgado & Seroa da Motta, 2005).

Victor Goldberg (1976) argumenta que as diferentes operações dos serviços públicos podem ser vistas como sendo regidas por contratos entre o provedor e seus clientes individuais, cujo conteúdo e interpretação, por sua vez, são regidos por outro nível coletivo de contrato, envolvendo o prestador e o agente regulador. Nessa linha de raciocínio a regulação pode ser vista como um contrato implícito entre empresa regulada e agência reguladora.

No caso da empresa produtora, aumentar a proteção do seu direito de servir tornará o contrato mais atrativo para ela, mas em contrapartida ela se tornará menos atraente para os consumidores a serem servidos. Assim, uma maior proteção do direito dos consumidores será valorizada pelos mesmos e será tratada como um custo adicional pela empresa produtora. Desse modo, o agente regulador deve determinar a proteção adequada tanto para o direito de servir quanto para o de ser servido. Para transpor esse desafio os principais instrumentos das agências são a prerrogativa de elaborar regras e determinar as tarifas.

Quando a empresa opera de forma ineficiente, ou sua configuração de ativos não é ótima, a questão que se coloca é sobre qual seria a melhor configuração de gastos, depreciação e valoração dos ativos, para determinar o nível de receitas a serem geradas pela tarifa. Uma opção seria utilizar os custos declarados pela empresa. No entanto, isso significaria “validar” as ineficiências embutidas nesses custos, além de não proporcionar incentivos para a empresa melhorar sua eficiência produtiva. Idealmente, as tarifas só deveriam reconhecer os custos eficientes da empresa, ou seja, os custos decorrentes de uma operação eficiente e de um bom controle sobre os ativos. Conhecer esse custo consiste no principal problema regulatório, uma vez que essa questão envolve um problema conhecido na literatura como assimetria de informação entre a empresa regulada e o órgão regulador (Gómez-Lobo, 2003).

Dado o exposto, o regulador necessita de um mecanismo que o auxilie a superar o problema da assimetria de informação, e desse modo determinar custos potencialmente eficientes para as empresas reguladas. Finalmente, para ser eficaz, tal mecanismo deveria proporcionar incentivo para que a empresa se esforce para melhorar sua

eficiência. Um mecanismo que vem sendo amplamente utilizado na regulação é o da comparação da eficiência, ou a medição da eficiência relativa entre empresas do mesmo setor.

#### 4. UM MODELO MULTICRITERIO PARA AVALIAR DESEMPENHO

Segundo Johnson e Kaplan (1991), os três objetivos da informação gerencial são: controlar processos, avaliar o custo dos produtos e avaliar o desempenho dos gestores. Na década de 1980 avaliou-se que esses objetivos não vinham sendo atingidos pelas organizações industriais norte-americanas, as quais perderam competitividade especialmente para o Japão e Alemanha. Como resposta a esse cenário surge a ferramenta *Balanced Scorecard*, ou BSC.

Neely *et al* (2005), declaram que um sistema de mensuração de *performance* pode ser definido como o jogo de métricas usado para quantificar tanto a eficiência quanto a eficácia das ações das empresas. Neste sentido, Rocha *et al* (2005) esclarecem que os indicadores de eficiência indicarão quão bem os recursos vêm sendo usados para gerar receitas e se tem havido desperdícios de recursos. Já os de eficácia indicam o nível de atingimento dos objetivos organizacionais.

Esposito *et al* (2002) definem que um sistema de medição de desempenho é um conjunto de processos e ferramentas para se coletar e analisar dados com o intuito de apresentar informações sobre a *performance* de uma unidade organizacional de interesse.

Rocha *et al* (2005) ressaltam que o julgamento do sucesso de uma empresa depende dos critérios adotados. Isto é, a partir de alguns critérios poder-se-ia considerar uma unidade eficiente, porém a partir de critérios diferentes poder-se-ia considerar esta mesma unidade como ineficiente. A definição de critérios é essencial, pois os executivos determinam suas ações futuras baseadas em como percebem e julgam o desempenho.

Isso nos remete a uma discussão interessante sobre quais indicadores utilizar e como utiliza-los no julgamento final. Neste sentido, Ferraz e Martins (2002) afirmam que o campo da mensuração de *performance* empresarial vive uma revolução e busca novas formas e modelos para mensuração do sucesso frente à inadequação dos modelos tradicionais, baseados apenas nas métricas financeiras.

O Planejamento Estratégico da Sabesp tem perspectiva de alcance para 10 anos e anualmente passa por um processo de realinhamento que tem por finalidade adequá-lo às mudanças de cenário nos ambientes econômico e social e, mais recentemente, regulatório. O processo tem início com a revisão dos Direcionadores Estratégicos pela Diretoria, que representam as linhas mestras que irão orientar todas as fases do planejamento nos níveis estratégico, tático e operacional. Esse último ocorre no nível da Unidade de Negócio, e deverá ser detalhado em termos de metas e ações para atingi-las..

A Sabesp utiliza o BSC como ferramenta de apoio ao seu planejamento estratégico. No entanto, uma questão que se torna importante numa análise de desempenho apoiada em múltiplas perspectivas é como consolidar seus indicadores. Ou seja, como tomar a decisão sobre a *performance* de unidades sob análise tendo-se um conjunto de vetores de desempenho, sendo cada um destes representativo de um modelo monocritério de análise do desempenho.

Para isso é preciso aplicar metodologias que integrem os indicadores de diversas naturezas, de modo a organizar e condensar a informação, haja vista a quantidade de indicadores e a diversidade de combinações possíveis para análise de desempenho. Segundo Santos e Casa Nova (2005), o que está na base de aplicação destas metodologias é o entendimento do desempenho como um fator multidimensional ou multicritério, expresso mediante uma análise conjunta dos indicadores.

O uso de Métodos Multicritério de Apoio à Decisão pode ser uma solução para este tipo de problema. De acordo com Gomes *et al.* (2004), o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar a tomada de decisões, quando da presença de uma multiplicidade de critérios.

De acordo com Macedo *et al.* (2009), a resposta mais importante do uso destes métodos é a caracterização de uma medida de desempenho, que faz com que a decisão fique orientada por um único indicador construído a partir de várias abordagens de desempenho diferentes. Vale ressaltar que isso facilita em muito o processo decisório, pois ao invés de considerar vários índices para concluir a respeito do desempenho da empresa o decisor se utilizaria apenas da medida de *performance* resultado do uso da metodologia multicritério.

Dentre os métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) destaca-se a Análise Envoltória de Dados (DEA), que segundo Lins e Meza (2000), apresenta-se como um método que fornece uma medida de desempenho capaz de comparar a eficiência de várias unidades similares mediante a consideração explícita do uso de suas múltiplas entradas para a produção de múltiplas saídas. Desta forma, esta metodologia faz com que a decisão fique orientada por um único indicador construído a partir de várias abordagens de desempenho diferentes.

Apesar de originalmente ser uma metodologia proposta em um ambiente de produção (transformação de insumos em produtos), salientam Macedo e Cavalcante (2009), a DEA pode ser utilizada como um método multicritério, quando se utiliza indicadores do tipo quanto menor melhor no lugar dos *inputs* (ex.: risco, custo, endividamento etc.) e do tipo quanto maior melhor no lugar dos *outputs* (ex.: lucratividade, retorno, satisfação etc.). Isso transforma a DEA em um método de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), aplicado com o intuito de consolidar várias perspectivas (critérios) de desempenho diferentes.

A DEA já foi utilizada em vários trabalhos para consolidar medidas de desempenho organizacional, especialmente em medidas do BSC, dentre os quais destaca-se: Rickards (2003), Eilat *et al.* (2006), Wang e College (2006), Chen e Chen (2007), Macedo *et al.* (2009) e Macedo e Cavalcante (2009). É esta linha de pensamento que esta pesquisa procura seguir, no que diz respeito à análise do desempenho organizacional.

## 5. METODOLOGIA

Esta pesquisa pode ser caracterizada, de acordo com Vergara (2009), como sendo descritiva e quantitativa, pois se busca através da aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) às informações das unidades de negócio de uma empresa, expor características a respeito do desempenho das mesmas.

O escopo da avaliação desse trabalho são as 15 Unidades de Negócio da Sabesp, sendo que cinco atuam na Região Metropolitana da cidade de São Paulo, e são aqui denominadas M1, M2, M3, M4 e M5; duas atuam no litoral e são aqui denominadas L1 e L2; e oito atuam no interior do Estado e são aqui denominadas R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7 e R8. Para que a aplicação da metodologia DEA seja bem sucedida, é necessário garantir três condições (NIEDERAUER, 2002):

- que as unidades sob avaliação sejam comparáveis, ou seja, realizem as mesmas tarefas e possuam objetivos semelhantes;
- que as unidades atuem sob as mesmas condições de mercado; e
- que as variáveis (insumos e produtos) sejam as mesmas, exceto em intensidade e magnitude.

O modelo de gestão com base em unidades de negócio é indicado para organizações cuja área geográfica de atuação seja muito vasta, com unidades operacionais podendo estar localizadas em diferentes municípios, estados ou países, o que torna a gestão muito complexa.

O pressuposto desse modelo é de que a organização pode funcionar de maneira mais eficaz em relação aos seus objetivos estratégicos se for gerenciada como um conjunto de unidades de forma descentralizada (FREZATTI *et al.*, 2009).

Esse é o caso da Sabesp. Cada Unidade de Negócio, dentro das diretrizes definidas pela Alta Administração, possui autonomia para a utilização dos seus recursos orçamentários. Embora as Unidades de Negócio apresentem especificidades decorrentes da localização geográfica, perfil da população atendida, entre outros fatores, sua estrutura foi planejada para alinhar o mais possível os níveis hierárquicos e torná-las comparáveis. Além disso, suas atividades apresentam alto nível de estruturação corporativa promovida pelos Sistemas Corporativos, Políticas Institucionais, Procedimentos Empresariais e Procedimentos Operacionais. O cumprimento das diretrizes estratégicas pelas Unidades de Negócio é acompanhado principalmente através de dois artefatos, os quais já foram abordados nesse trabalho, que são o orçamento e o BSC.

### 5.1 Definição das Variáveis

No modelo foram utilizadas cinco variáveis, sendo: duas como *inputs*: (i) despesas operacionais e (ii) investimentos; e três como *outputs*: (i) aumento das ligações de água e esgoto; (ii) aumento do volume faturado de água e esgoto; (iii) aumento do volume faturado de água e esgoto e (iv) aumento da arrecadação. O aumento nos *outputs* foi medido pela variação entre o acumulado de 12 meses em dezembro/2011 com relação ao acumulado de 12 meses em dezembro/2010.

Vide abaixo mais detalhes sobre as variáveis.

- *Input 1* - Despesas operacionais (em milhões de reais): optou-se por trabalhar apenas com as despesas de Pessoal e Serviços para garantir maior homogeneidade para as análises. As despesas de serviços abrangem os serviços administrativos, operacionais e comerciais. Além desses grupos, as Despesas Operacionais abrangem também os grupos Material de Tratamento, Energia Elétrica e Despesas Gerais. Os dois primeiros foram excluídos devido ao ciclo operacional das Unidades de Negócio da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) ser diferente do ciclo operacional das Unidades de Negócio do Interior e Litoral. Nessas últimas o ciclo operacional abrange as etapas de captação da água bruta, tratamento, distribuição de água tratada e coleta do esgoto. No grupo das Unidades de Negócio da RMSP o ciclo operacional apresenta apenas as etapas de distribuição de água tratada e coleta do esgoto, sendo que a captação e o tratamento da água bruta são executados por outra Unidade de Negócio, a qual não é objeto de avaliação desse trabalho. Em

decorrência dessa diferença os valores gastos com Material de Tratamento e Energia Elétrica não são comparáveis para todo o conjunto. Além disso, o grupo de Despesas Gerais abrange gastos que por ora não alcançam todas as Unidades de Negócio, como é o caso da cobrança pelo uso da água (Lei 12.183/05) e das externalidades decorrentes da renovação dos contratos de concessão com os municípios.

- *Input 2* - Investimentos (em milhões de reais): Representa o volume de recursos investidos ao longo do ano. Mede o sacrifício em termos de ativos disponibilizados para as operações das unidades.
- *Output 1* – Aumento de Ligações de Água e Esgoto (em percentual): esse indicador reflete principalmente: (i) a gestão da área operacional de serviços sobre as empresas contratadas para executar o prolongamento das redes de água (crescimento vegetativo), e de esgoto (levar infraestrutura de sistema de esgotamento sanitário onde ainda não há); (ii) na RMSP reflete também o relacionamento das Unidades de Negócio com as subprefeituras principalmente em áreas carentes cujo atendimento depende de uma atuação em conjunto.
- *Output 2* – Aumento do volume faturado de água e Esgoto (em metros cúbicos): indicador importantíssimo por vários aspectos, entre os quais pode-se citar: (i) reflete o esforço das áreas técnica e operacional para reduzir perdas, principalmente as físicas (água perdida antes de chegar ao cliente final devido principalmente a vazamentos visíveis e não-visíveis), e aparentes (perdas no faturamento decorrentes de fraude, medição incorreta por falta de manutenção preventiva de hidrômetros, entre outros); (ii) reflete a gestão da área comercial sobre as empresas contratadas para efetuar a leitura dos hidrômetros, que é a base do faturamento.
- *Output 3* – Arrecadação referente à atuação da Unidade de Negócio (em milhões de reais): Reflete um esforço de gestão porque envolve, além do recebimento do faturamento “novo”, valores recuperados decorrentes de acordos firmados com os clientes, parcelamentos de contas, entre outros. O número considerado refere-se à atuação da Unidade de Negócio, não incorporando valores recebidos decorrentes de acordos firmados pela Administração Central.

Os valores das variáveis por Unidade de Negócio são apresentados na Tabela 1.

<b>DMU</b>	<b>INPUT 1</b> <b>Pessoal+Serviços</b> <b>2011</b> <b>em milhões R\$</b>	<b>INPUT 2</b> <b>Investimentos</b> <b>2011</b> <b>em milhões R\$</b>	<b>OUTPUT 1</b> <b>Aumento Ligações</b> <b>(A+E)</b> <b>em % (2011/2010)</b>	<b>OUTPUT 2</b> <b>Aumento Vol.</b> <b>Fat.(A+E)</b> <b>em m³ (2011-2010)</b>	<b>OUTPUT 3</b> <b>Aumento</b> <b>Arrec em R\$</b> <b>(2011-2010)</b>
M1	194.323	72.700	1,4%	10.366	99.604
M2	171.474	86.989	2,5%	10.777	52.014
M3	174.768	118.952	3,1%	12.471	76.951
M4	145.660	81.951	3,0%	13.695	49.244
M5	151.117	65.491	3,6%	13.538	74.331
R1	60.686	6.902	7,5%	9.597	18.059
R2	131.789	19.502	2,6%	11.706	31.361
R3	88.337	28.170	4,0%	733	5.749
R4	72.102	8.120	2,2%	4.108	13.280
R5	82.549	12.724	2,7%	16.993	13.707
R6	92.475	12.803	1,3%	2.201	12.941
R7	79.037	13.531	2,6%	4.681	10.758
L1	156.476	28.910	6,1%	3.778	64.498
R8	35.562	7.537	3,1%	486	3.012
L2	46.363	8.387	7,1%	1.951	7.687

**Tabela 1:** Values of variables of each Business Unit

## 5.2 Análise Envoltória de Dados (DEA)

Conforme mencionado anteriormente, para fazer a análise do desempenho de cada unidade da Sabesp utilizou-se uma metodologia multicriterial denominada *Data Envelopment Analysis* ou Análise Envoltória de Dados (DEA).

De acordo com Macedo *et al* (2009) a DEA é uma metodologia que utiliza conceitos de programação linear e tem sido largamente utilizada em vários setores da economia para medir a eficiência relativa de unidades operacionais que possuem os mesmos objetivos.

Essa metodologia tem origem no trabalho de Farrell (1957). Nesse trabalho o autor discute e distingue a eficiência técnica da eficiência de preços, questão fundamental para o posterior desenvolvimento da DEA na década de 1970. Farrell (1957) argumenta que os fatores de produção sempre apresentarão algum grau de heterogeneidade, mas isso não vai importar se essa heterogeneidade se apresentar em todas as unidades sob análise. Se as diferenças na qualidade desses fatores forem fisicamente mensuráveis, então será possível reduzir o seu efeito definindo-se um número maior de fatores relativamente homogêneos de produção. No entanto, é preciso ressaltar que na medição da eficiência técnica de uma firma é impossível separar completamente a eficiência de sua gestão da qualidade de seus *inputs*. Eficiência técnica é, portanto, definida em relação a um dado conjunto de firmas em respeito a um dado conjunto de fatores medidos de um modo específico, e qualquer alteração nessas especificações afetará as medidas (FARRELL, 1957).

A eficiência de preços também depende da medição de *inputs* e do conjunto de firmas sob análise, sendo muito mais sensível à introdução de novas firmas do que a eficiência técnica (FARRELL, 1957). Em seu trabalho, Farrell (1957) levanta a questão se uma elevada eficiência de preços é necessariamente desejável, pois a adoção de políticas de preços de uma firma pode ser subjetiva e implicar em baixa eficiência de preços por determinado período. Portanto, por ser instável e de interpretação duvidosa, a medida de eficiência de preços só poderia ser considerada boa numa situação completamente estática. Nesse contexto, do ponto de vista do planejador, a eficiência técnica de uma empresa ou unidade indica o ganho indiscutível que pode ser alcançado simplesmente melhorando a gestão, enquanto a eficiência dos preços indica o ganho que, sob certas hipóteses e condições de mercado, pode ser obtido através da variação das taxas de entrada (FARRELL, 1957).

Segundo Macedo e Cavalcante (2009), o primeiro modelo DEA surgiu em 1978 e é denominado CRS (*Constant Return Scale*). Foi desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), por isso também é chamado de CCR. Nessa metodologia cada unidade avaliada é denominada DMU (*Decision Making Unit*). Sua formulação matemática considera que cada DMU  $k$  é uma unidade de produção que utiliza  $n$  *inputs*  $x_{ik}$  para produzir  $m$  *outputs*  $y_{jk}$ . Esse modelo determina a eficiência pela otimização da divisão entre a soma ponderada das saídas (*output* virtual) e a soma ponderada das entradas (*input* virtual), generalizando, assim a definição de Farrell (1957).

O modelo permite que cada DMU escolha os pesos para cada variável (entrada ou saída) da forma que lhe for mais benevolente, desde que esses pesos aplicados às outras DMUs não gerem uma razão superior a 1. Além dessa restrição, que deverá ser aplicada tantas vezes quantas forem as DMUs avaliadas, é necessário impor ainda a restrição da não negatividade dos pesos  $u$  e  $v$ , que são as variáveis de decisão. A estrutura matemática desse modelo permite que uma DMU seja considerada eficiente com vários conjuntos de pesos, e podem ser atribuídos pesos zeros a algum *input* ou *output*, o que significa que essa variável foi desconsiderada na avaliação (SOARES DE MELLO *et al.*, 2005).

A formulação do modelo CCR, já considerando o artifício proposto por Charnes e Cooper (1962) para linearizar uma otimização fracionária, é apresentada em (1).

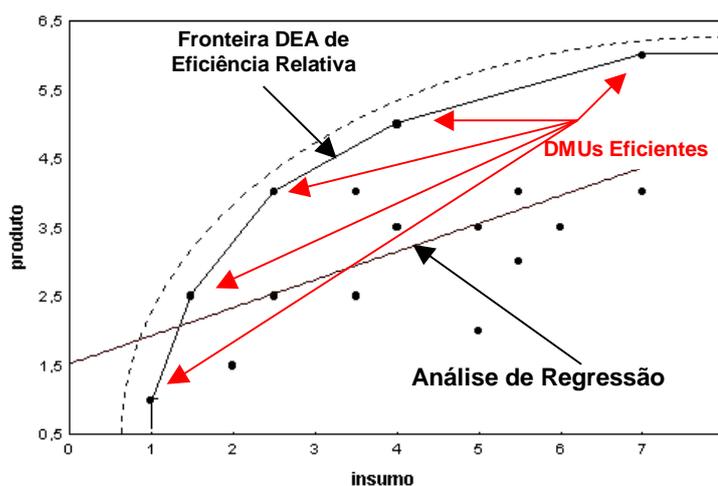
$$\begin{aligned} \text{max } h_o &= \sum_{j=1}^m u_j y_{jo} \\ \text{sujeito a} \quad & \sum_{i=1}^n v_i x_{io} = 1 \\ & \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} \leq 0, k = 1, \dots, s \\ & u_j v_i \geq 0 \forall i, j \end{aligned} \tag{1}$$

De acordo com Macedo *et al* (2009), o outro modelo considerado clássico é o VRS (*Variable Return Scale*), também chamado BCC por ter sido desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984). Esse modelo considera situações de eficiência de produção com variação de escala e não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Nesse trabalho esse modelo não será utilizado.

Uma vez que não supõe relação funcional pré-definida com base na média entre os recursos utilizados e o que foi produzido, a metodologia DEA figura como um método quantitativo empírico e não paramétrico de medir a eficiência alocativa. Nesse sentido, a DEA determina o quão eficientemente uma unidade operacional converte *inputs* (insumos) em *outputs* (produtos), quando comparada com outras unidades semelhantes (NIEDERAUER, 1998).

Tendo sido desenvolvida para determinar a eficiência de unidades produtivas onde não se deseja considerar somente o aspecto financeiro, a modelagem DEA prescinde da conversão de todos os insumos e produtos em unidades monetárias (MACEDO E CAVALCANTE, 2009).

É comum encontrar na literatura a comparação entre os resultados obtidos pela metodologia DEA com os obtidos pela Análise de Regressão Linear. Essa, a partir de observações, otimiza um plano de regressão representado numa reta denominada Reta dos Mínimos Quadrados, assim chamada porque minimiza a soma dos desvios (erros) quadrados (KASSAI, 2002; SOARES DE MELLO *et al*, 2005). A metodologia DEA, por sua vez, otimiza cada observação com o objetivo de calcular uma fronteira de eficiência, determinada pelas unidades que são Pareto eficientes. Uma unidade é Pareto eficiente se, e somente se, ela não consegue melhorar alguma de suas características sem piorar as demais (SOARES DE MELLO *et al*, 2005). A reta resultante da Regressão Linear é uma reta de comportamento médio que não representa necessariamente o desempenho de nenhuma das unidades analisadas (KASSAI, 2002). A figura 1 mostra uma comparação entre a análise pela Regressão e pela DEA.



**Figura 1:** Comparação entre DEA e Regressão Linear  
Fonte: NIEDERAUER (1998)

Algumas vantagens da metodologia DEA com relação a métodos paramétricos são apresentados a seguir (KASSAI, 2002):

- tem foco em observações individuais em contraste com as médias da população;
- pode utilizar simultaneamente vários insumos e produtos com cada um sendo considerado em diferentes unidades de medida;
- pode ser ajustada a variáveis exógenas;
- é livre de valores e não requer especificação ou conhecimento de pesos ou preços de insumos e produtos *a priori*;
- pode incorporar julgamentos quando necessário;
- produz estimativas específicas das mudanças almejadas nos insumos e produtos para projeção das DMUs localizadas abaixo da fronteira de eficiência;
- é Pareto eficiente;
- têm ênfase nas melhores práticas identificadas;
- satisfaz ao critério de equidade estrita na avaliação relativa de cada DMU.

Porém, a metodologia também apresenta algumas limitações, que são destacadas a seguir (NIEDERAUER, 2002):

- por ser um técnica de ponto extremo, a análise é sensível a ruídos, tais como erros de medição ou valores extremos (*outliers*);
- à medida que cresce o número de variáveis, aumenta também a chance de mais unidades alcançarem desempenho máximo;
- sendo a DEA uma técnica não paramétrica, torna-se difícil formular hipóteses estatísticas;
- como a DEA resolve um programa linear para cada unidade sob análise, problemas extensos podem levar a um tempo computacional elevado;
- DEA estima bem o desempenho relativo, mas converge muito vagarosamente para o desempenho absoluto porque está baseada nos dados observados e não no ótimo ou no desejável.

## 6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nos dados das variáveis apresentadas de *inputs* e *outputs* executa-se o DEA modelo CCR orientado a *inputs* utilizando o software SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão, que foi desenvolvido por Meza *et al.* (2005) principalmente para resolver os problemas de programação linear da Análise Envoltória de Dados (DEA). A seguir na tabela 2 apresenta-se os resultados da eficiência obtidos com a aplicação da DEA:

DMU	Eff
M1	1,000000
M2	0,645365
M3	0,887556
M4	0,809706
M5	1,000000
R1	1,000000
R2	0,708378
R3	0,316701
R4	0,625062
R5	1,000000
R6	0,414683
R7	0,408276
L1	1,000000
R8	0,571419
L2	1,000000

**Tabela 2:** Eficiência de cada Unidade de Negócio da Sabesp

Verifica-se que as unidades M1, M5, R1, R5, L1 e L2 são eficientes, pois obtiveram indicador igual a 1,0000, sendo referência para as outras 9 unidades não eficientes. Assim, os resultados apontaram duas unidades eficientes na região metropolitana, duas no interior e as duas do litoral, indicando que boas práticas de gestão não estão concentradas em apenas uma região, e, portanto, todas as unidades da Sabesp são potenciais geradoras de benefícios.

A tabela 3 mostra as unidades arrumadas em forma de um *ranking* de desempenho:

DMU	Posição/Ranking	Eff
M1,M5,R1,R5,L1 e L2	1°	1,000000
M3	2°	0,887556
M4	3°	0,809706
R2	4°	0,708378
M2	5°	0,645365
R4	6°	0,625062
L1	7°	0,571419
R6	8°	0,414683
R7	9°	0,408276
R3	10°	0,316701

**Tabela 3:** Ranking de desempenho das Unidades de Negócio da Sabesp

O fato das duas unidades do litoral se posicionarem da fronteira de eficiência indica que possivelmente os investimentos na região estão surtindo um efeito positivo e o efeito da sazonalidade não impactou os resultados.

A DEA, além de ranquear a eficiência produtiva das unidades sob análise, também gera, com base em uma análise de *benchmarking*, que usa as unidades eficientes como referências, indicadores-alvo para cada unidade. A tabela 4 mostra os valores ideais/alvos por variável para cada Unidade de Negócio, e também as necessidades de redução dos *inputs* e/ou incremento dos *outputs*.

DMU	Ideal Values / Targets						Changes Needed				
	Inputs		Outputs			Inputs		Outputs			
	1	2	1	2	3	1	2	1	2	3	
M1	R\$ 194.323	R\$ 72.700	1,36%	10.366	99.604	Efficient DMU					
M2	R\$ 110.663	R\$ 45.886	2,68%	10.777	52.014	-35,46%	-47,25%	5,93%	0,00%	0,00%	
M3	R\$ 155.116	R\$ 65.354	3,14%	12.753	76.951	-11,24%	-45,06%	0,00%	0,00%	0,00%	
M4	R\$ 117.941	R\$ 43.599	3,04%	13.695	49.244	-19,03%	-46,80%	0,33%	0,00%	0,00%	
M5	R\$ 151.117	R\$ 65.491	3,57%	13.538	74.331	Efficient DMU					
R1	R\$ 60.686	R\$ 6.902	7,47%	9.597	18.059	Efficient DMU					
R2	R\$ 93.356	R\$ 13.815	6,57%	11.706	31.361	-29,16%	-29,16%	125,86%	0,00%	0,00%	
R3	R\$ 27.796	R\$ 4.495	4,01%	1.422	5.749	-68,33%	-84,04%	0,00%	94,00%	0,00%	
R4	R\$ 44.626	R\$ 5.076	3,27%	7.057	13.280	-37,49%	-37,49%	47,30%	71,79%	0,00%	
R5	R\$ 82.549	R\$ 12.724	2,71%	16.993	13.707	Efficient DMU					
R6	R\$ 38.347	R\$ 5.309	1,30%	4.276	12.941	-58,53%	-58,53%	76,15%	94,28%	0,00%	
R7	R\$ 32.268	R\$ 5.524	2,60%	4.681	10.758	-59,17%	-59,18%	29,62%	0,00%	0,00%	
R8	R\$ 156.476	R\$ 28.910	6,09%	3.778	64.498	DMU Eficiente					
R9	R\$ 20.321	R\$ 3.676	3,09%	855	3.369	-42,86%	-51,23%	0,00%	75,93%	11,85%	
R10	R\$ 46.363	R\$ 8.387	7,05%	1.951	7.687	DMU Eficiente					

**Tabela 4:** Valores-alvo e Melhorias necessárias em cada Indicador para cada Unidade de Negócio da Sabesp

Pela análise da tabela 4 percebe-se que as unidades com menor grau de eficiência são de maneira geral aquelas que necessitam de maiores alterações em seus níveis de *input* e/ou *output* para se tornarem eficientes. Outro aspecto interessante é que o *input* 2, que representa os investimentos, é aquele que apresenta a maior necessidade média de alteração. A variável *output* 1, que representa o aumento do número de ligações de água e esgoto, apresenta um alto grau de necessidade de mudança na maioria das unidades não eficientes do interior.

O *output 2*, que representa o aumento do volume faturado, também necessita de mudanças significativas em três unidades do interior. Esse resultado pode estar sendo impactado pelo problema apontados por Farrell (1957) no que diz respeito à eficiência de preços. Isto porque no Sistema Tarifário praticado pela Sabesp a cobrança da tarifa se dá por faixas de consumo. Logo, uma Unidade de Negócio que atua predominantemente em áreas cuja população apresenta um nível sócio-econômico de médio a alto, terá um volume médio faturado por cliente muito maior do que uma Unidade de Negócio que atua predominantemente numa área cuja população apresenta um baixo nível sócio-econômico, pois quanto maior o consumo, mais alta é a tarifa.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do trabalho, culminando com a solução do problema através do software SIAD, indica que a resposta para a questão proposta é positiva, e atribui-se esse resultado principalmente ao atendimento das condições para a aplicação da metodologia DEA, as quais foram anteriormente expostas. Principalmente com relação à escolha das variáveis, procurou-se eliminar tudo o que poderia implicar em redução da homogeneidade entre as Unidades de Negócio, e trabalhar apenas com a essência dos insumos utilizados para a execução dos serviços prestados pelas Unidades de Negócio avaliadas.

A metodologia DEA vem sendo amplamente utilizada nos últimos anos para avaliar eficiência produtiva nos mais diversos setores da economia, tais como o de transportes, agrícola, educação, saúde, logístico, esportivo, entre outros, e mais recentemente vem sendo também utilizada para avaliar comparativamente custos regulatórios no setor de saneamento em vários países. Assim, conforme mencionado inicialmente, nossa proposta foi apresentar o potencial gerencial da ferramenta, que pode ser muito útil no novo ambiente regulado.

Os resultados mostram que seis unidades, no momento da avaliação, estão posicionadas na fronteira de eficiência. No entanto, vale ressaltar que se trata de um estudo exploratório, cuja implementação demandaria um refinamento do modelo, a fim de incorporar as especificidades da operação de cada unidade, bem como de sua área de atuação.

Quando aos indicadores do BSC, optou-se pelos que representam, em última análise, a essência dos objetivos das Unidades de Negócio, e que por sua vez conduzem à melhoria dos resultados econômico-financeiros da empresa, que são aumentar o volume faturado e a base de clientes representada pelo aumento de ligações de água e esgoto. Todos os outros indicadores convergem em menor ou maior grau para esses objetivos. Ressalta-se a escolha dos indicadores e de como eles serão medidos é fundamental, portanto é necessário possuir domínio sobre o seu conceito e também sobre o processo que gera os dados para alimentá-lo.

Vale lembrar que os resultados são válidos apenas para a configuração apresentada, que envolve as unidades sob análise, as variáveis e o período de análise de um só ano. Sendo assim, ressalta-se a importância de uma avaliação cuidadosa dos mesmos à luz dos conceitos e limitações da metodologia DEA apresentadas nesse trabalho. No entanto, acredita-se que esse trabalho representa um ponto de partida para outras análises, na medida em que indica que a metodologia DEA poderia ser uma opção para avaliar a eficiência e auxiliar no direcionamento de esforços de gestão na Sabesp no novo ambiente regulatório.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. .Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. v. 30, n. 9, 1078-1092. 1984.
2. CHARNES, A.; COOPER, W.W. Programming with linear fractional functionals, *Naval Research Logistics Quarterly*, v. 9, p. 181-185, 1962.
3. CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*. v. 2, n. 6, 429-444. 1978.
4. CHEN, T.; CHEN, L. DEA performance evaluation based on BSC indicators incorporated: The case of semiconductor industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*. v. 56, n. 4, p. 335-357, 2007.
5. CORRAR, L. J. *Indicadores de Desempenho de Empresas de Saneamento Básico*. 1981. Dissertação de Mestrado em Controladoria e Contabilidade, FEA-USP, São Paulo.
6. EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. R&D project evaluation: An integrated DEA and *Balanced Scorecard* approach. *Omega*, v. 36, n. 5, p. 895-912, 2006.
7. ESPOSTO; K. F.; GEROLAMO, M. C.; RENTES, A. F. Sistema de Medição de Desempenho - Uma Proposta Conceitual. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22, 2002, Curitiba. *Anais do XXII ENEGEP*. Curitiba: ABEPRO, 2002. 1 CD.

8. FARRELL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*. v. 120, series A, n. 3, p.253-290, 1957.
9. FERRAZ, C. A.; MARTINS, R. A. Um Método Abrangente para o Diagnóstico da Medição de Desempenho. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22, 2002, Curitiba. *Anais do XXII ENEGEP*. Curitiba: ABEPRO, 2002. 1 CD.
10. FREZATTI, F.; ROCHA, W.; NASCIMENTO, A. R.; JUNQUEIRA, E. *Controle Gerencial*. São Paulo: Atlas, 2009.
11. GOLDBERG, Victor. P. Regulation and Administered Contracts. *The Bell Journal of Economics*, Vol. 7 N. 2, Autumn, 1976).
12. GOMES, L. F. A. M.; GONZALEZ-ARAYA, M. C.; CARIGNANO, C. *Tomada de decisões em cenários complexos*. Rio de Janeiro: Pioneira Thompson Learning. 2004.
13. GOMEZ-LOBO, A. Determinación de la eficiencia operativa em la regulación de monopolios naturales: El uso de información de consultores versus competencia por comparaciones. Documento de Trabajo N. 204, Departamento de Economía, Universidad de Chile, diciembre 2003.
14. JOHNSON, H. T.; KAPLAN, R. S. *Relevance Lost: The Raise and Fall of Management Accounting*. Boston: Harvard Business School Press, 1991.
15. KASSAI, S., *Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis*. 2002. Tese de Doutorado em Controladoria e Contabilidade, FEA-USP, São Paulo.
16. LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. *Análise Envoltória de Dados e perspectiva de integração no ambiente de apoio à decisão*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.
17. MACEDO, M. A. S.; BARBOSA, A. C. T. A. M.; CAVALCANTE, G. T. Desempenho de Agências Bancárias no Brasil: aplicando Análise Envoltória de Dados (DEA) a indicadores relacionados às perspectivas do BSC. *Revista Economia & Gestão (E&G)*. v. 19, n. 19, p. 19-29, 2009.
18. MACEDO, M. A. S.; CAVALCANTE, G. T. Performance de Agências Bancárias: aplicando DEA a múltiplas perspectivas do desempenho. *Revista Contemporânea de Contabilidade (RCC)*. v. 12, n. 1, p. 87-108, 2009.
19. MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G., ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistem Integrado de Apoio à Decisão): A Software Package for a Envelopment Analysis Model. *Pesquisa Operacional*, v.25, n. 3, p.493-503, 2005.
20. NIEDERAUER, C. A. P. *Avaliação dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia da Produção utilizando Data Envelopment Analysis*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
21. NIEDERAUER, C. A. P., *Ethos: Um Modelo para Medir Produtividade Relativa de Pesquisadores Baseado na Análise por Envoltória de Dados*. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
22. RICKARDS, R. Setting benchmarks and evaluating *Balanced Scorecards* with Data Envelopment Analysis. *Benchmarking: An International Journal*. v. 10, n.3, p. 226-245, 2003.
23. ROCHA, A. M. C.; CARNEIRO, J.; SILVA, J. F.; HEMAIS, C. A. *Mensuração do desempenho organizacional: questões conceituais e metodológicas*. In: GUTIERREZ, M.; BERTRAND, H. (Orgs.). *Estudos em Negócios IV*. 1 ed. Rio de Janeiro: Mauad, 2005, v. 1, p. 58-79.
24. SANTOS, A.; CASA NOVA, S. P. C. Proposta de um Modelo Estruturado de Análise de Demonstrações Contábeis. *RAE-eletrônica*. v. 4, n. 1, art. 8, 2005. Disponível em: <<http://www.rae.com.br/electronica>>. Acesso em: 13 jan. 2008.
25. SOARES DE MELLO, J. C. C. B., MEZA, L. A., GOMES, E.G., BIONDI NETO, L. Curso de Análise Envoltória de Dados. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 37, 2005, Gramado. *Anais do XXXVII Simpósio de Pesquisa Operacional*. Rio Grande do Sul: SBPO, 2005.
26. VERGARA, S. C. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
27. WANG, J.; COLLEGE, H. Corporate Performance Efficiency Investigated by Data Envelopment Analysis and Balanced Scorecard. *Journal of American Academy of Business*, v. 9, n. 2, p. 312-318, 2006.