

# **EFICIÊNCIA ECONÔMICA: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA EM EMPRESAS DE SANEAMENTO**

Thelma Harumi Ohira  
Mestre em Economia Aplicada  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP  
Prof. FATEC Rio Preto – Centro Paula Souza/SP

Ricardo Shirota  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação Depto. de Economia, Administração e  
Sociologia da ESALQ/USP - LES - ESALQ/USP  
Prof. Dr.do Depto. de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP

---

## **Resumo**

O presente trabalho estima a eficiência das empresas do setor de saneamento básico no Estado de São Paulo, utilizando o método da fronteira estocástica. Entre os modelos alternativos aplicados, são considerados: diferentes definições de produtos; dois tipos de distribuições do erro sistêmico (meio-normal e normal-truncada); e, duas esferas de abrangência deste setor, uma englobando as empresas com atuação local e outra regional. A base de dados é do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) referente ao ano de 2002. Os modelos de fronteiras estocásticas foram aplicados na função custo indireto, para cada tipo de produto utilizado como variável dependente.

Quatro modelos apresentaram resultados significativos. Os resultados obtidos indicam que existe uma grande variação nos níveis de eficiência entre as empresas analisadas. Isso permite inferir que é possível reduzir os custos médios dessas empresas, mantendo os níveis atuais de serviços. Ou, alternativamente, seria possível melhorar os serviços mantendo os custos atuais.

**PALAVRAS-CHAVE: eficiência econômica, fronteira estocástica, custo, saneamento.**

**KEY-WORDS: efficiency economics, stochastic frontier, cost, sanitation.**

---

## Classificação

**Área 10: Economia Agrícola e do Meio Ambiente**  
**Código JEL: Q20, Q53, Q58**

# **Eficiência econômica: uma aplicação do modelo de fronteira estocástica em empresas de saneamento**

## **Introdução**

A água é um dos recursos mais importantes da natureza. Sua qualidade é determinada de acordo com a cor, turbidez, sabor, cheiro e composição química. Abastecimento para consumo humano, insumo em diversos processos produtivos, produção de energia, navegação, irrigação, recreação e pesca são alguns exemplos das inúmeras finalidades em que ela é utilizada. Trata-se de recurso renovável e, após determinados usos, ela pode ser ainda reutilizada para outros fins, como jardinagem e manejo florestal.

Como uma substância fundamental à vida e um fator determinante para a formação das aglomerações populacionais, a sua gestão deveria ser feita de forma racional. Em razão das inter-relações existentes entre os sistemas de saúde, saneamento, conservação do recurso e o crescimento econômico, a literatura tem enfatizado a necessidade de melhorar a eficiência deste setor.

No tocante da análise de eficiência, esta se faz necessária para que seja possível a identificação de pontos deficientes do sistema de saneamento básico de acordo com a função custo de cada empresa, assumindo o conjunto de produtos a ser analisado. Sugerindo onde os recursos estão sendo desperdiçados, o que poderia induzir a uma revisão de políticas públicas e maior clareza quanto a regulação deste setor.

## **1. Características técnicas do sistema de saneamento**

O ciclo das operações na atividade de saneamento básico é composto pelas seguintes etapas: inicia-se com a coleta de água bruta em reservatórios naturais ou construídos; passa pelas atividades de tratamento da água e distribuição aos pontos de consumo residenciais, industriais e outros; a água utilizada é descartada em uma rede de esgotamento; passa pelo tratamento; e, termina com a devolução da água tratada ao ciclo natural. Evidentemente, parte significativa dos sistemas de saneamento em operação não desempenha essas funções na sua totalidade, especialmente no tocante às fases posteriores à entrega da água tratada ao consumidor. Esse sistema pode ser, resumidamente, apresentado da seguinte forma (Turolla, 1999):

1. Coleta e armazenamento bruto: “água bruta” é aquela coletada de rios e lagos ou de aquíferos, através de poços artesianos. O armazenamento em reservatórios auxilia na própria limpeza da água, devido ao processo natural de assentamento dos sólidos em suspensão. Vários fatores determinam a pureza dessa água armazenada, assim como o transporte da água até a estação de tratamento.
2. Tratamento da Água: existem diversas etapas nesse processo. Entre elas, estão o peneiramento, a adição de produtos químicos (para controle da acidez, remoção de pesticidas, pigmentos), a remoção de sólidos por flotação ou sedimentação, a filtração (através de areia fina, membranas, carbono ativado e outros processos), a desinfecção (para exterminar bactérias) e a redução do carbonato de cálcio contido na água. Se for o caso de água marinha, existe a necessidade de dessalinização.
3. Distribuição: a água tratada é conduzida até reservatórios fechados, cuja função principal é suprir as variações na demanda ao longo do dia, além de garantir continuidade do fornecimento. Dos reservatórios, a água tratada alcança os pontos de consumo através

da rede capilarizada de distribuição. O descarte da água após o consumo acontece através de uma rede de esgoto.

4. Tratamento do Esgoto: em geral, inicia-se pela separação dos sólidos, usando peneiras e pela remoção da areia. Após a remoção dos sólidos, inicia-se o tratamento secundário, no qual são empregados microorganismos (bactérias) para decompor os materiais orgânicos contidos no esgoto. Um estágio adicional, o tratamento terciário, pode ser necessário para atender a certos padrões de qualidade, dependendo do conteúdo do esgoto em tratamento. Após o processo de tratamento, a água não estará livre de uma carga poluidora, mas estará em condições mínimas para ser devolvida ao ciclo natural, em rios ou no oceano, com menor impacto ambiental.

## **2. Eficiência no setor público**

A análise da eficiência do setor de saneamento básico deve considerar as suas características peculiares e tecnologia de produção que englobam o oferecimento conjunto dos serviços relacionados com água e esgoto. Além disso, deve-se considerar que o setor é, por natureza, monopolista, apresentando custos fixos elevados em capital específico (Turolla, 2002).

A legislação brasileira não é clara quanto à competência de atuação em saneamento básico, dificultando a coordenação dos esforços na sua melhoria. Ora menciona existir uma distinção entre os três níveis de poderes, União, Estado e Município, ora não faz essa diferenciação (Turolla, 1999). Outra brecha jurídica prejudicial está relacionada ao tipo de integração das competências: vertical, entre as três esferas governamentais; ou horizontal, que descreve a interface entre saneamento, saúde pública, meio ambiente e gerenciamento de recursos hídricos.

No Brasil, a crise nos anos 80 no PLANASA, contribuiu para o agravamento dos problemas de ineficiência operacional, precário atendimento às populações mais pobres, elevados valores tarifários, alta dependência dos recursos da União, monopólio de Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB), limitação de financiamentos e investimentos e rigidez tecnológica.

A atenção ao setor só foi retomada em 1990, quando recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) foram liberados para investimentos na área, colocando um fim aos monopólios das CESBs.

A reestruturação e modernização do setor, a partir de 1990, permitiram a implementação da Política Nacional de Saneamento (PNS). A sua principal característica foi a descentralização das ações, de forma a conduzir a resolução dos problemas conforme a capacidade e as limitações de cada local ou região, tanto do ponto de vista técnico, quanto econômico e de divisão de recursos. Para melhorar as condições de saneamento brasileiro, o governo federal, estabeleceu seguintes objetivos (Silva e Alves 2002):

- Universalização do atendimento, visando oferecer os serviços básicos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta e destino de resíduos sólidos;
- Criar ambiente de modernidade e de eficiência na prestação de serviços;
- Fomentar a participação de diversos agentes envolvidos na gestão dos serviços; e,
- Descentralizar ações.

Estima-se que a meta de universalização dos serviços de saneamento à população urbana, em 2010, demande investimentos anuais de US\$ 2,7 bilhões, ou praticamente 0,38% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (Carmo & Távora, 2003).

Neste novo modelo, o poder público torna-se responsável pela formulação de política do setor com objetivos de longo prazo. A regulação e controle dos serviços seriam executados por uma agência independente, com representantes do governo, prestadores de serviços

públicos ou privados e consumidores, de forma mais eficiente e não visando cobrir somente custos operacionais, como acontecia anteriormente no PLANASA.

O desenvolvimento dessas ações permitiria reformas e eficiência dos prestadores públicos de serviços, bem como a indução e viabilização da reforma institucional do setor. Foram estabelecidas novas estruturas de regulação, fiscalização, controle de qualidade e a capacidade de financiamento do setor, que culminaram na Política de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS):

A nova estruturação do PMSS, engloba três níveis de governos e determina as responsabilidades de cada um:

- União: formulação da Política Nacional de Saneamento (diretrizes e objetivos do setor, mobilização e gerenciamento de recursos para investimentos);
- Estados: formulação de Lei Estadual de Prestação de Serviços, Política Estadual de Saneamento e criação de Agência reguladora; e,
- Municípios: execução dos serviços, definição de formato do serviço a ser prestado e a criação de Agência reguladora municipal, quando necessário.

O novo modelo, bastante diferente dos planos anteriores, gerou preocupação com a eficiência do setor quanto às esferas de abrangência dos serviços, regional, local ou microrregional.

Entre 1991 e 2000, a cobertura das redes gerais de abastecimento de água evoluiu de dois terços para três quartos da população brasileira (Tabela 1). A evolução mais significativa ocorreu entre os moradores das áreas rurais. Apesar de ainda bastante limitado, o índice de cobertura das redes coletoras de esgoto, apresenta uma evolução ainda mais significativo na cobertura, aumentando de 32 para 44% no mesmo período.

	1991		2000	
	% dos domicílios	% da população	% dos domicílios	% da população
ÁGUA	70,3	67,5	77,8	75,2
Urbana	87,4	86,3	89,8	88,5
Rural	9,4	9,2	18,1	17,5
ESGOTO	35,1	31,9	47,2	44,0
Urbana	44,4	41,6	56,0	53,5
Rural	1,9	1,8	3,3	3,0

Tabela 1. População Conectada a Rede Geral de Água e Esgoto  
Fonte: IBGE (1991, 2000)

Em 2003, a cobertura das redes de água e de esgoto atingiram, respectivamente, 89,6% e 55,3% dos domicílios urbanos. Essa expansão mostra o relativo sucesso das políticas públicas dos anos noventa até hoje.

A ainda limitada universalização dos serviços de saneamento, pode ser melhor observada quanto a posição do Brasil é comparada com outros países (Figura 1). Relativamente a outros países de renda média, a população brasileira tem menor acesso aos serviços de saneamento básico do que muitos dos países relacionados.

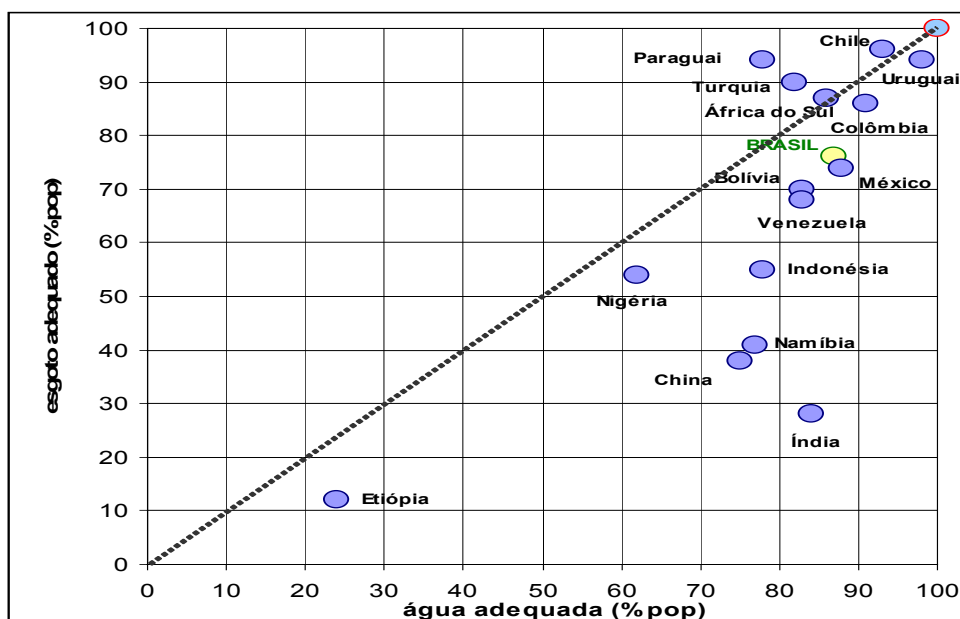


Figura 1. Porcentagem da população com a cesso à água e esgoto, países selecionados, 2000.

Fonte: Extraído de Turolla (2005)

De acordo com as informações do SNIS (2003) é possível traçar o perfil do Brasil no setor de saneamento, conforme o quadro 1, a seguir.

Grupo de Operadores	População urbana atendida (milhões de hab.)		Número de Empresas	Natureza da Adm.	Número de Municípios atendidos		Quantidade de ligações ativas (milhões de ligações)	
	Água	Esgoto			Água	Esgoto	Água	Esgoto
Regional (CESB's)	100,7	42,9	25	22 (Econ. Mista e Adm Pública) 2 (Econ. Mista e Adm. Privada) 1 (Autarquia)	3.879	855	23,4	8,9
Local de Direto Público (Municipais)	18,9	12,8	262	182 (Autarquia) 80 (Adm. Direta)	262	140	4,8	3,3
Local de Direto Privado (Municipais)	3,1	2,5	24	13 (Empresa Privada) 7 (Econ. Mista e Adm. Pública) 4 (Empresa Pública)	24	23	1,3	0,849
Microrregional (Consórcios)	0,586	0,045	8	5 (Autarquias) 3 (Empresa Privada)	22	8	0,164	0,014

Quadro 1. Perfil do saneamento básico do Brasil, 2003.

Fonte: SNIS (2003)

### **3. Empresas de saneamento e eficiência econômica**

Sob o ponto de vista da análise microeconômica e de eficiência, uma produção é eficiente tecnologicamente se não existir uma outra forma variável de produzir mais com a mesma quantidade de fatores ou produzir a mesma quantidade de produtos, utilizando menor quantidade de fatores (Farrell 1957; Varian, 1990; Shirota 1995).

Teoricamente, a eficiência econômica pode ser dividida em dois componentes: técnico e alocativo. A eficiência técnica é a capacidade da firma em obter o máximo de produto, dada a quantidade de fatores disponível. A eficiência alocativa é a capacidade da firma utilizar os fatores de produção em proporção ótima, minimizando os custos de produção (Farrell 1957; Shirota 1995). Esses dois tipos de ineficiências, em geral, co-existem em uma determinada firma.

A estimativa de eficiência é geralmente feita através do método econométrico (baseada em funções de fronteiras) ou matemáticos (Data Envelopment Analysis – DEA).

Na Ásia, Estache & Martin (2002), utilizaram a metodologia paramétrica de fronteiras estocásticas aplicadas através da função custo para determinar a eficiência regional de companhias de água, de acordo com a natureza de atuação da empresa (pública ou privada). O estudo concluiu que a eficiência não é significativamente diferente entre as companhias com participação privada ou pública.

A eficiência pode ser medida através da função de produção, calculando a proporção entre fatores e produto. Analisando o setor no Brasil, Carmo & Távora (2003) estimam o grau de eficiência técnica de vinte e seis empresas estaduais de saneamento, através da metodologia não-paramétrica, DEA (*Data Envelopment Analysis*), para obter a fronteira de eficiência. Os autores levam em consideração dois modelos, o primeiro tem como produto volume faturado de esgoto e como fator de produção o volume de esgoto coletado; o segundo modelo considera a quantidade de economias ativas como produto e volume faturado de esgoto como fator de produção. As empresas são analisadas como produtoras de um único produto e constata-se que estas apresentam retornos crescentes à escala, justificada pelo grau de diferença na produção de cada companhia. A conclusão deste trabalho é que de acordo com a localização, observou-se que a região mais eficiente foi a Sudeste.

Motta & Moreira (2004), estimam eficiência na produção para as empresas de saneamento do Brasil através da DEA. O trabalho utilizou a base de dados do SNIS, para os anos de 1998 a 2002, considerando todas as do território nacional. As conclusões apontadas pelos autores indicam que a falta de regulação no setor de saneamento não estimula avanços em direção à fronteira tecnológica, tendo em vista que não há regulação voltada para o incentivo aos ganhos de produtividade. Os aspectos envolvidos na regulação técnica têm abrangência territorial geralmente superior aos limites geográficos da atuação de cada poder concedente.

Racionalmente a análise econômica considera que a mensuração da eficiência do setor público se torna fundamental para análise de reformas, como projetos de privatização e introdução de novos mecanismos de regulação.

O presente trabalho corrobora com as preocupações do novo modelo apresentado pela PMSS, no tocante à preocupação com a eficiência do setor quanto às esferas de abrangência dos serviços, regional e local, no Estado de São Paulo.

A apresentação de uma análise de eficiência para o setor poderá contribuir, tanto em aspectos legais, para a regulação do setor, titularidade e definições de políticas tarifárias, de preços e de subsídios, identificação dos pontos de falhas do sistema, quanto aos aspectos sociais, como a abrangência geográfica e determinação das prioridades de uma sociedade, saúde e/ou saneamento.

#### 4. Base de dados e metodologia

O programa PMSS gerou o SNIS que dispõe de um conjunto de informações sobre as empresas prestadoras de serviço e os respectivos municípios, desde o ano de 1995. Os dados permitem definir parâmetros de acompanhamento dessas empresas. Infelizmente, o banco de dados é auto-declarativo e tende a apresentar imperfeições decorrentes de erros de preenchimento. O SNIS é também limitado na medida em que não cobre o Universo de prestadores de serviços e municípios. A amostra se altera ao longo do tempo, tanto pela incorporação de novos prestadores e municípios, quanto pelos que deixam de respondê-lo.

A base de dados utilizada contém informações referentes ao Estado de São Paulo, no ano de 2002. De acordo com a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE, 2004), existem atualmente 645 municípios no Estado. No ano de 2002, somente 197 responderam ao questionário do SNIS. Desses, 149 municípios possuem empresas com abrangência regional e 48 possuem empresas de abrangência local. Não existem empresas de abrangência microrregional no Estado.

Da amostra, foram eliminados 18 municípios em razão de falhas nos dados do SNIS, falta de preenchimento e/ou ainda presença de erros.

O modelo de estimativa escolhido foi o de fronteira estocástica multi-produto aplicado sobre a função custo. Como a maioria das formas funcionais existentes na literatura viola uma ou mais propriedades desejáveis para a função custo e ainda podem gerar problemas como viés em estimativas de parâmetros do modelo (Shirota, 1996), no presente trabalho optou-se função tipo Cobb-Douglas. Trata-se de uma das formas funcionais mais simples e largamente utilizadas em estudos empíricos.

A especificação do modelo empírico de fronteira estocástica paramétrica, segue a seguinte equação (Shirota, 1996):

$$C_i = C(y_i, w_i | \theta) + \varepsilon_i$$

Em que:  $C_i$  é o custo observado da  $i$ -ésima empresa;  
 $C(.)$  é uma versão paramétrica da função custo;  
 $y_i \in \mathbb{R}^m_+$  é o vetor de quantidade de produto para a  $i$ -ésima observação;  
 $w_i \in \mathbb{R}^n_{++}$  é o vetor de preços de fatores de produção para a  $i$ -ésima observação;  
 $\theta \in \mathbb{R}^k$  é o vetor de  $k$  parâmetros implícitos definidos em  $C(.)$ ; e,  
 $\varepsilon$  é o termo de erro, dividido em duas partes e representado por  $\varepsilon = u + v$ , com  
 $v \sim \text{iid } N(0, \sigma_v^2)$ , e  
 $u \sim N^+(0, \sigma_u^2)$ ,

Nesse modelo, assume-se que o erro sistêmico tem distribuição meio-normal. Alternativamente, esse componente aleatório poderia assumir distribuição normal-truncada com distribuição:

$$u \sim N^+(\mu, \sigma_u^2).$$

Assume-se que  $v$ , termo de erros aleatórios, tem distribuição normal independente e identicamente distribuída com média 0 e variância  $\sigma_v^2$ . O erro  $u$  pode ser interpretado como os desvios da fronteira que refletem a ineficiência e a incapacidade de algumas firmas alcançarem uma dada tecnologia ou fronteira econômica.

Os modelos Cobb-Douglas estimados, na forma log-linear, podem ser descritos como (Coelli et al., 1998 e Kumbhakar & Lovell, 2000):

$$\text{Index}_1 = \alpha + \sum \beta_n \ln x_{ni} + \sum \gamma_n \ln w_{ni} + \delta \text{ dummy} + (u + v)$$

Em que:

- Index\_1 = logaritmo do custo anual das empresas de saneamento básico do Estado de São Paulo; e,
- $\alpha$ ,  $\beta_i$ , (parâmetros dos produtos: quantidade de ligações ativas de água à rede pública - qlaa; , quantidade de ligações ativas de esgoto à rede pública - qlae; e, a extensão da rede de água e esgoto);  $\gamma_i$  (parâmetros dos preços de fatores utilizados: salário de pessoal próprio - dmpp; classes de preço de serviços de terceiros - dst);  $\delta$  (coeficiente da variáveis *dummy*, variável controle do nível de abrangência das empresas: valor 1 quando a empresa for de abrangência regional e 0 caso contrário).

O diferencial desse tipo de modelo é a introdução do termo de erro composto de duas partes, em que o termo de erro  $u$  captura os desvios da função fronteira. O modelo de fronteira estocástica permite a estimação de erros padronizados e testes de hipótese usando método de máxima verossimilhança, não permitidos em modelos determinísticos.

#### 4.1 Modelos estatísticos e resultados<sup>1</sup>

Abaixo, são apresentados quatro modelos estimados e seus resultados.

$$\begin{aligned}
 \text{i)} \quad \text{Index\_1} &= 4,626194 + 0,210989 \lnqlaa + 0,3119676 \lnqlae + \\
 &\quad (6,13) \quad (11,08) \quad (5,48) \\
 &\quad 0,11847141 \ln dmpp - 0,452748 \text{ classe1} - 0,0751219 \text{ classe2} + \\
 &\quad (1,73)^{\text{ns}} \quad (-2,45) \quad (-0,42)^{\text{ns}} \\
 &\quad 0,2252451 \text{ classe3} + 0,0283527 \text{ dummy} + (-1,516236 - 2,652628) \\
 &\quad (1,29)^{\text{ns}} \quad (0,22)^{\text{ns}} \quad (-5,36)^{\text{a}} \quad (-10,17) \\
 \text{Wald } [\chi^2_{(7)}] &= 2929,92 \quad \text{Prob}[\chi^2_{(7)}] = 0,000 \\
 \text{RV } (\sigma_u=0) &= 9,97 \quad \text{Prob}[\chi^2_{(1)}] = 0,001
 \end{aligned}$$

Os testes Wald (W) e Razão de Verossimilhança (RV) são significativos, indicando existência de ineficiência. Os coeficientes das variáveis quantidade de ligações de água e esgoto são significativos e com sinais esperado. Isso mostra que a expansão nos serviços implicaria no aumento de custos. A variável *dummy* não apresentou o resultado significativo apesar de mostrar uma relação positiva com a variável dependente.

$$\begin{aligned}
 \text{ii)} \quad \text{Index\_1} &= 3,878709 + 0,7408997 \lnqlaa + 0,2118759 \lnqlae + \\
 &\quad (5,75) \quad (14,42) \quad (4,26) \\
 &\quad 0,1794864 \ln dmpp - 0,3644325 \text{ classe1} - 0,155149 \text{ classe2} + \\
 &\quad (2,87) \quad (-2,02)^{\text{ns}} \quad (-0,09)^{\text{ns}}
 \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Na análise da regressão, os valores entre parênteses, abaixo de cada coeficiente estimado, é a estatística “Z”, sendo que os coeficientes são estatisticamente significativo a 5%, “ns” indica que o coeficiente é não significativo, “a” quando o modelo o erro sistemático (u) assume distribuição meio-normal e “b” quando o modelo o erro sistemático (u) assume distribuição normal-truncada.



$$0,2261338 \text{ classe3} - 0,0313522 \text{ dummy} + (4,438228 + 7,046538)$$

$$(1,32)^{\text{ns}} \quad (-0,26)^{\text{ns}} \quad (6,50)^{\text{b}} \quad (10,02)$$

$$\text{Wald } [\chi^2_{(7)}] = 3434,84 \quad \text{Prob}[\chi^2_{(7)}] = 0,000$$

$$\text{Z } (\sigma_u = 0) = 5,005 \quad \text{Prob} > |z| = 0,000$$

O teste W não rejeita H0, indicando que nesse modelo as empresas não são plenamente eficientes. O teste Log-Verossimilhança Generalizado (Z) mostra o mesmo resultado, corroborando o teste global W. Os coeficientes estimados neste modelo apresentaram significância estatística semelhante ao modelo anterior.

Nos modelos (iii) e (iv) abaixo, as variáveis extensão da rede de água e extensão da rede de esgoto foram somadas para compor uma única variável. Os resultados obtidos são os seguintes:

iii)

$$\text{Index}_1 = 5,548147 + 1,052888 \text{ lnextensao} +$$

$$(8,61) \quad (38,25)$$

$$0,302533 \text{ lndmpp} - 0,5118053 \text{ classe1} - 0,1620087 \text{ classe2} +$$

$$(5,03) \quad (-3,03) \quad (-0,99)^{\text{ns}}$$

$$0,1781305 \text{ classe3} + 0,0086002 \text{ dummy} + (-2,784574 - 1,598299)$$

$$(1,10)^{\text{ns}} \quad (0,07)^{\text{ns}} \quad (-9,24)^{\text{a}} \quad (-5,17)$$

$$\text{Wald } [\chi^2_{(6)}] = 3366,56 \quad \text{Prob}[\chi^2_{(6)}] = 0,000$$

$$\text{RV } (\sigma_u = 0) = 4,78 \quad \text{Prob}[\chi^2_{(1)}] = 0,014$$

Os testes W e RV são significativos, mostrando que existe ineficiência com relação ao custo. Os parâmetro das variáveis extensão e salários com pessoal próprio foram significativos. Da mesma forma que os modelos anteriores, a variável dummy não apresentou o resultado significativo apesar de mostrar uma relação positiva com a variável dependente.

iv)

$$\text{Index}_1 = 5,523594 + 1,053669 \text{ lnextensao} +$$

$$(8,62) \quad (38,24)$$

$$0,3081595 \text{ lndmpp} - 0,4931273 \text{ classe1} - 0,1496918 \text{ classe2} +$$

$$(5,15) \quad (-2,80) \quad (-0,88)^{\text{ns}}$$

$$0,1875908 \text{ classe3} + 0,0004461 \text{ dummy} + (-0,8628902 - 1,684945)$$

$$(1,12)^{\text{ns}} \quad (0,07)^{\text{ns}} \quad (-0,85)^{\text{b ns}} \quad (-1,45)^{\text{ns}}$$

$$\text{Wald } [\chi^2_{(6)}] = 3394,96 \quad \text{Prob}[\chi^2_{(6)}] = 0,000$$

$$\text{Z } (\sigma_u = 0) = 1,8594 \quad \text{Prob} > |z| = 0,031$$

Os testes W e Z demonstram que existem empresas ineficientes, considerando o custo das empresas e o produto analisado. Os coeficientes significativos, e com o sinal esperado, foram as variáveis extensão e salários, indicando que a expansão nos serviços e maior

contratação de pessoal próprio para mão-de-obra implicariam no aumento de custos. O sinal do parâmetro estimado para a variável dummy foi negativa, mas não significativo, mostrando que a abrangência da empresa não é um fator determinante para a eficiência.

## **5. Conclusões**

Apesar da existência de uma política governamental, em âmbito federal, voltada para o atendimento universal desse tipo de serviço, é frustrante observar que – até o momento – ocorre uma profunda falta de coordenação, tanto no tocante à regulação quanto no que se refere à uniformização dos serviços desse setor.

Em razão disso, tem havido um interesse crescente e uma discussão acalorada sobre eficiência das empresas que atuam no setor. O presente trabalho procura contribuir ao debate, medindo e quantificando o nível de a eficiência das empresas de saneamento do Estado de São Paulo, através da estimação de fronteira estocástica.

Os resultados obtidos permitem concluir que essas empresas apresentam um grande intervalo quanto ao nível de eficiência em relação às fronteiras de custo estimadas. Assim, teoricamente, isso indica que existe um significativo potencial para o aprimoramento gerencial das empresas, buscando uma redução de custo (para os mesmos níveis de prestação de serviços) ou, alternativamente, elas poderiam - com o mesmo custo – expandir os serviços prestados.

As ineficiências observadas podem ter origem em causas diversas. De um lado, podem refletir razões fora do controle humano. Altos custos na obtenção de água para abastecimento e/ou dificuldades na implantação das redes de água e esgoto (causada por variáveis topográficas e/ou geológicas) são exemplos dessa natureza. Por outro lado, as ineficiências podem estar relacionadas com fatores humanos. Deficiências gerenciais na administração das empresas de saneamento, a inexistência de competição no setor e a falta de fiscalização do uso correto dos recursos orçamentários dessas empresas, podem resultar em aumento dos custos e aparecimento de ineficiências.

Considerando a escassez de recursos financeiros para investimento e manutenção dos serviços públicos no Brasil, o aumento do nível de eficiência dessas empresas seria extremamente benéfico para a sociedade como um todo. Poder-se-ia conseguir a redução de tarifas, mantendo os níveis atuais de serviços ou a melhoria no sistema, com níveis atuais de tarifa.

É interessante observar ainda que parece não haver diferenças significativas de eficiência entre as empresas de saneamento básico com a atuação regional em relação a local. Os resultados obtidos não são conclusivos. Isso significa que os dois tipos de empresas tem desempenho semelhantes com relação ao custos operacionais. Alternativamente, pode-se inferir que não existiriam vantagens em ser uma grande empresa, atuando em vários municípios simultaneamente, pois isso não implicaria em maior eficiência.

Certamente, esse ultimo ponto deve ser melhor analisado em estudos futuros, utilizando dados mais precisos e detalhados do que os disponíveis para o presente estudo.

Finalmente, como sugestão para futuros estudos, seria recomendável testar outras formas funcionais além da Cobb-Douglas, utilizada no presente trabalho. Entre outras, a translog seria uma forma alternativa interessante que apresenta algumas vantagens como flexibilidade e comportamento consistente com vários aspectos teóricos importantes.

## Referências Bibliográficas

- CARMO, C.M.; TÁVORA JÚNIOR, J.L. Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 31., Porto Seguro, 2003. **Anais**. Belo Horizonte: ANPEC, 2003. <http://www.anpec.org.br> (4 mar. 2004)
- COELLI, T.; RAO, D.S.; BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. New York: Kluwer Academic Publishers, 1998. 275p.
- ESTACHE, A.; MARTÍN, A.R. How different is the efficiency of public and private water companies in Asia? **The World Bank Economic Review**, v.16, n.1, p.139-148, 2002.
- FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v.120, series A, p.253-290, 1957.
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). **Anuário estatístico 2002**: caracterização do território: divisão, posição e extensão. <http://www.seade.gov.br>
- HELLER, L. **Saúde e saneamento**. Brasília: ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS), Escritório Regional da Organização Mundial da Saúde, 1997. 97p.
- KUMBHAKAR, S.C.; LOVELL, C.A.K. **Stochastic frontier analysis**. Cambridge: University Press, 2000. 333p.
- MOITA, R.M.S. Regulação por incentivos: a universalização dos serviços de saneamento básico. São Paulo, 2000. 86p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.
- MOTTA, S.R.; MOREIRA, A.R.B. **Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil**. Rio de Janeiro: IPEA, 28 out.2004. 29p. (Apresentado na Jornada de estudos de regulação)
- OHIRA, T.H. Fronteira de eficiência em serviços de saneamento no Estado de São Paulo. Piracicaba, 2005. 124p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- SHIROTA, R. Efficiency in financial intermediation: a study of the Chilean banking industry. Ohio, 1995. 138p. Dissertation (Ph.D.) – The Ohio State University.
- SILVA, H.K.S.; ALVES, R.F.F. **O saneamento das águas no Brasil**. Brasília: Secretaria de Política Urbana (SEPURB), 2002. <http://www.cf.org.br/cf2004/saneamento.doc> (4 maio 2004)
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto 2002 e 2003**. Ministério das Cidades. Brasília, 2002. <http://www.snis.gov.br>
- TUROLLA, F.A. **Indefinições no saneamento**. São Paulo: Conjuntura da Construção, ano 3, n.1, mar. 2005. 9-12p. (Separata da Conjuntura Econômica – SindusCon-SP/FGV-EESP)
- TUROLLA, F.A. **Política de saneamento básico**: avanços recentes e opções futuras de política s públicas. Brasília: IPEA, dez. 2002. 26p. (Texto para discussão, 922)
- TUROLLA, F.A. Provisão e operação de infra-estrutura no Brasil: setor de saneamento. São Paulo, 1999. 94p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas.
- VARIAN, H.R. **Microeconomic analysis**. 2.ed. New York: W.W. Norton & Company, 1990. 559p.